



Universidad de Buenos Aires



Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética

Posgrado

Maestría Interdisciplinaria en Energía

Tesis

ENERGÍA EN ESCUELAS: CONSUMOS Y POTENCIALES AHORROS.

Autora: Arq. María Eugenia Kralj

Director: Dr. Arq. John Martin Evans

Buenos Aires, diciembre de 2018

Tabla de contenidos

Resumen	I
Agradecimientos.....	II
Abreviaturas	III
Glosario.....	IV
1 Introducción	1
1.1 Definición del tema	1
1.2 Planteo del problema.....	1
1.3 Actores interesados	3
1.4 Hipótesis.....	3
1.5 Objetivo.....	3
1.6 Metodología.....	4
1.7 Estructura	4
2 Contexto energético	6
2.1 Introducción	6
2.2 Contexto Mundial.....	6
2.3 Contexto Nacional.....	12
2.4 Segmento edificios escolares en Argentina	21
2.5 Conclusiones	23
3 Estado de la cuestión.....	24
3.1 Introducción	24
3.2 Comfort	24
3.3 Ventilación natural.....	26
3.4 Iluminación natural	29
3.5 Valores de referencia para consumos energéticos en escuelas de Europa y USA.....	31
3.6 Conclusiones	33
4 Metodología para el análisis de casos de estudio.....	35
4.1 Introducción	35
4.2 Selección de la muestra de edificios escolares a evaluar	35
4.3 Obtención de facturas de electricidad y gas y procesamiento de datos de consumo ..	36
4.4 Relevamiento del equipamiento energético y del modo de uso del edificio	36
4.5 Estimación de la participación por usos finales en el consumo de energía.....	37
4.6 Análisis particular de cada caso de estudio	38
4.7 Diagnóstico general del desempeño energético de los edificios relevados	38
4.8 Potenciales ahorros y estrategias de eficiencia energética	39
4.9 Síntesis del procedimiento para aplicar en una escuela.....	39
4.10 Conclusiones	41
5 Casos de estudio en la Ciudad de Buenos Aires y zona norte GBA.....	42
5.1 Introducción	42
5.2 Consideraciones a tener en cuenta para los casos de estudio	42
5.3 Caso de Estudio 1	44
5.3.1 Datos generales	44
5.3.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético.....	45
5.3.3 Consumos históricos de electricidad y gas.	46
5.3.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	48
5.3.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas	49
5.3.6 Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio.....	49

5.3.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final	49
5.3.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	51
5.4	Caso de estudio 2	52
5.4.1	Datos generales	52
5.4.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético.....	52
5.4.3	Consumos históricos de electricidad y gas	54
5.4.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	56
5.4.5	Participación porcentual por uso final en el consumo de gas	57
5.4.6	Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio.....	58
5.4.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final	58
5.4.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	59
5.5	Caso de estudio 3	61
5.5.1	Datos generales	61
5.5.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético.....	62
5.5.3	Consumos históricos de electricidad y gas	63
5.5.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	65
5.5.5	Participación porcentual por uso final en el consumo de gas	66
5.5.6	Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio.....	66
5.5.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final	67
5.5.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	68
5.6	Caso de estudio 4	70
5.6.1	Datos generales	70
5.6.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético.....	71
5.6.3	Consumos históricos de electricidad y gas	72
5.6.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	74
5.6.5	Participación porcentual por uso final en el consumo de gas	75
5.6.6	Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio.....	75
5.6.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético por usos finales.....	75
5.6.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	76
5.7	Caso de estudio 5	77
5.7.1	Datos generales	77
5.7.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético.....	78
5.7.3	Consumos históricos de electricidad y gas	79
5.7.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	81
5.7.5	Participación porcentual por uso final en el consumo de gas	82
5.7.6	Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio	83
5.7.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final	84
5.7.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	85
5.7.9	Elementos positivos de la arquitectura existente rescatar	86
5.8	Caso de estudio 6	87
5.8.1	Datos generales	87
5.8.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético.....	88
5.8.3	Consumos históricos de electricidad y gas	89
5.8.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	91
5.8.5	Participación porcentual por uso final en el consumo de gas	92
5.8.6	Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio	92
5.8.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final	93
5.8.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	94
5.8.9	Elementos positivos de la arquitectura existente para rescatar	95
5.9	Caso de estudio 7	96
5.9.1	Datos generales	96
5.9.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético.....	97

5.9.3	Consumos históricos de electricidad y gas	98
5.9.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	100
5.9.5	Participación porcentual por uso final en el consumo de gas	101
5.9.6	Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio	101
5.9.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final	102
5.9.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	103
5.10	Caso de estudio 8.....	104
5.10.1	Datos generales	104
5.10.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético	105
5.10.3	Consumos históricos de electricidad y gas.....	106
5.10.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	108
5.10.5	Participación porcentual por uso final en el consumo de gas.....	109
5.10.6	Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio....	109
5.10.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final.....	110
5.10.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	110
5.10.9	Elementos positivos de la arquitectura existente para rescatar.....	111
5.11	Caso de estudio 9.....	112
5.11.1	Datos generales	112
5.11.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético	113
5.11.3	Consumos históricos de electricidad.....	114
5.11.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	115
5.11.5	Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio....	116
5.11.6	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final.....	116
5.11.7	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	117
5.12	Caso de estudio 10.....	119
5.12.1	Datos generales	119
5.12.2	Características del edificio relacionadas al desempeño energético	120
5.12.3	Consumos históricos de electricidad y gas.....	121
5.12.4	Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico	122
5.12.5	Participación porcentual por uso final en el consumo de gas.....	123
5.12.6	Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio	123
5.12.7	Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final.....	124
5.12.8	Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio	124
5.13	Conclusiones	126
6	Diagnóstico general sobre los casos de estudio.....	127
6.1	Introducción	127
6.2	Análisis comparativo de los 10 casos de estudio	127
6.2.1	Consideraciones para el análisis	127
6.2.2	Consumo de energía total.....	128
6.2.3	Consumo de electricidad	130
6.2.4	Consumo de gas natural de red	133
6.2.5	Emisiones de CO ₂	135
6.3	Potenciales ahorros de energía y estrategias de eficiencia energética	136
6.4	Valores de referencia posibles de alcanzar.....	140
6.5	Conclusiones	143
7	Conclusiones.....	145
7.1	Introducción	145
7.2	Respuesta a la hipótesis y objetivos de la investigación.....	145
7.3	Conclusiones más relevantes del análisis de los casos de estudio	145
7.4	Importancia de identificar el potencial de ahorro en edificios existentes	147
7.5	Propuesta para aplicar el estudio a escuelas públicas.....	147

7.6	Las escuelas emprenden su propia auditoría.....	148
7.6.1	Pasos a seguir para realizar la auditoría	148
7.6.2	Actividades de monitoreo para realizar por el encargado del edificio.....	148
7.6.3	Actividades prácticas para alumnos y la comunidad escolar	148
7.7	Reflexiones finales.....	149
	Referencias	151
	Lista de Tablas	153
	Anexos	157

Resumen

El objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento del comportamiento energético del parque edilicio existente y mostrar que a partir del estudio de los consumos históricos y del relevamiento del equipamiento, es posible identificar el potencial de ahorro y diseñar estrategias para lograr reducciones de consumo. El tratamiento y la adaptación de edificios existentes para alcanzar mejoras en eficiencia energética es una tarea necesaria en nuestro país para lograr un uso más racional de la energía y un desarrollo sustentable en armonía con el ambiente.

Dentro del abanico de tipologías edilicias se analizan los edificios escolares, dado que las escuelas son espacios de aprendizaje y de estrecho vínculo con la comunidad y, de esta forma, constituyen un canal ideal para expandir conocimiento y modificar conductas, tanto en alumnos -los decisores del futuro- como en la comunidad ampliada. Al mismo tiempo, los edificios escolares y la forma de uso de los mismos pueden ser utilizados como herramientas de aprendizaje, formando parte del plan de estudios escolar y estimulando la curiosidad y el entusiasmo de los educandos por los temas relacionados al uso racional de la energía y al cuidado ambiental.

La metodología de análisis aplicada permite a las escuelas comprender el desempeño energético de sus edificios y, a la vez, guiarlas en la toma de decisiones para lograr una mejora en su eficiencia energética de manera autónoma. Asimismo, el procesamiento de los datos de los consumos históricos y del equipamiento existente resulta en una información muy valiosa que permite identificar los potenciales ahorros de energía.

El estudio se enfoca en diez edificios escolares existentes. La metodología aplicada incluye el análisis de los consumos históricos de electricidad y gas de los últimos dos a tres años, observaciones del modo de uso del edificio, relevamiento del equipamiento energético e identificación de elementos arquitectónicos (existentes o faltantes) con potencial de aporte para una mejora de la eficiencia energética. Se relacionan los consumos con los diferentes usos finales y su participación estimada en el consumo total anual de electricidad y gas. A partir de este análisis se realiza un diagnóstico general señalando los conflictos más importantes observados, los cuales dan lugar a los potenciales ahorros en consumos. Los mismos son clasificados según usos finales, junto a las estrategias de ahorro propuestas para alcanzar estos ahorros y la valoración de la inversión requerida a la escuela, si fuera el caso.

Es por todos conocido que existe una estrecha vinculación entre la calidad del aprendizaje y el confort en el ámbito escolar, por lo que este último debe ser considerado en el diseño de espacios escolares y en toda estrategia de eficiencia energética. Las escuelas deben ser edificios sanos con condiciones adecuadas de iluminación y ventilación natural, así como de calidad del aire.

Del análisis realizado, sobresalen tres líneas de acción de alto impacto para mejorar la eficiencia energética de los edificios escolares: 1) el comportamiento del usuario, 2) el diseño pasivo arquitectónico, y 3) la actualización de instalaciones existentes. Esta tesis presenta una metodología que permite generar ahorros energéticos significativos. Al mismo tiempo, propone líneas de implementación en el sector privado y público, y un enfoque de participación con los alumnos para desarrollar su conciencia ambiental.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a aquéllos que colaboraron y me acompañaron en la realización de este trabajo.

A mi tutor, Dr. Arq. John Martin Evans, por su generosidad y estímulo constante. Por la libertad y confianza con las que me permitió trabajar con él, por su búsqueda permanente de conocimiento que constituya un aporte concreto a la arquitectura.

A la Dra. Arq. Silvia de Schiller, por su inagotable energía y empuje, por estar siempre presente desde los años de mi carrera de grado y por el tiempo dedicado a esta tesis.

Al CEARE, que amplió mi conocimiento sobre la energía, incluyendo áreas desconocidas para mí como arquitecta y esenciales para tener una visión integral del tema.

Al CIHE, origen de mi formación en arquitectura bioambiental, que siempre mantuvo sus puertas abiertas para compartir el conocimiento.

Al Dr. Arq. Gustavo San Juan, por haberme ayudado a aclarar mis ideas en el comienzo de la tesis.

A las escuelas que participaron como casos de estudio y que posibilitaron la obtención de los datos necesarios para el trabajo, información que muestra el potencial existente en los edificios escolares para el logro de una mayor eficiencia energética y reducción de consumos de energía.

Por último, quiero agradecer a mi familia y a mis amigas de la vida por su constante apoyo y colaboración a lo largo de este tiempo, sin los cuales hubiera sido imposible completar este trabajo. En especial a Juanjo, por su apoyo, compañía y observaciones que enriquecieron el proceso de aprendizaje, a mi hijo Joaquín por hacerme sentir que todo es posible y a mi madre Cristina por su apoyo incondicional.

Abreviaturas

BEN	Balance Energético Nacional
CAMMESA	Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico
COP	Conferencia de las Partes
ENARGAS	Ente Nacional Regulador del Gas
ENARSA	Energía Argentina S.A.
ENRE	Ente Nacional de Regulación Eléctrica
GBA	Gran Buenos Aires
GEI	Gases de efecto invernadero
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INDEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo
INVGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IRAM	Instituto Argentino de Normalización y Certificación
Kg CO _{2e} /m ²	Kilogramo de dióxido de carbono equivalente por metro cuadrado
kg CO ₂ /m ²	Kilogramo de dióxido de carbono por metro cuadrado
kWh/m ²	Kilovatio hora por metro cuadrado
LED	Diodo emisor de luz
m ²	Metro cuadrado
m ³ /m ²	Metro cúbico de gas por metro cuadrado de superficie
MINEM	Ministerio de Energía y Minería
MMBTU	Miles de Unidades Termales Británicas
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
ONG	Organización No Gubernamental
SUM	Sala de Usos Múltiples
TEP	Toneladas equivalentes de Petróleo
YPFB	Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos

Glosario

Diseño pasivo en arquitectura: maximiza el uso de los recursos naturales como el sol y el viento para crear condiciones adecuadas de confort interior, minimizando la dependencia energética. El diseño pasivo contempla la morfología, la orientación y los materiales utilizados en el edificio para aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles y disminuir los consumos energéticos en refrigeración, calefacción e iluminación.

Instalaciones técnicas: para el análisis de los casos de estudio del presente trabajo, incluye instalaciones de iluminación, refrigeración, calefacción, sala de máquinas, instalaciones y equipamiento de cocina, equipamiento electrónico escolar y administrativo y electrodomésticos de uso diario.

Comportamiento del usuario: se refiere al modo de uso del edificio por parte del usuario, al accionar sobre los diferentes elementos y a su impacto en el desempeño energético del edificio. En el presente trabajo, se entiende como usuario, a la comunidad escolar que incluye alumnos, autoridades, personal docente, administrativo y de mantenimiento.

Desempeño energético: en el análisis de casos de estudio, se refiere a la eficiencia energética y al consumo de energía para los diferentes usos finales.

Usos finales: en el presente trabajo, los usos finales permiten clasificar los consumos de electricidad y de gas. Los usos finales utilizados para el consumo eléctrico son: iluminación, refrigeración, calefacción, sala de máquinas, equipamiento de cocina y equipamiento escolar y administrativo. Los usos finales utilizados para el consumo de gas son: calefacción, agua caliente, equipamiento de cocina y portería de la escuela.

1 Introducción

1.1 Definición del tema

Según el Escenario de Nuevas Políticas del *Energy Outlook 2017*, de la *International Energy Agency* (IEA, 2017d), la demanda energética a nivel mundial aumentará 30% para el 2040.

De acuerdo al *Global Status Report 2017*, de la Agencia Ambiental de las Naciones Unidas (IEA, 2017e), los edificios representan un 30% del consumo total de energía y el 28% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, el sector edilicio debe lograr importantes avances con el fin de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y alcanzar la meta fijada en el Acuerdo de París, esto es contener el incremento de la temperatura ambiental por debajo de 2 °C. En la actualidad, aproximadamente dos tercios del consumo de energía del sector de edificios a nivel mundial es suministrado por combustibles fósiles. El progreso hacia la sustentabilidad en el sector edilicio avanza, pero las mejoras no logran ponerse al día con el crecimiento del sector y el aumento de la demanda de servicios energéticos. La intensidad energética, definida como la energía consumida por metro cuadrado (m²) necesita mejorar en promedio 30% para 2030 (en comparación con 2015) para estar en camino de cumplir las metas establecidas en el Acuerdo de París.

La evolución hacia edificios de alta eficiencia energética y bajas emisiones de carbono es clave para poner al planeta en una trayectoria sustentable. **Identificar el potencial de ahorro energético es esencial para mejorar la eficiencia energética** en los edificios existentes, para lo cual es necesario, primero, conocer el comportamiento energético de éstos.

1.2 Planteo del problema

Argentina es signataria del Acuerdo de París, por lo tanto el país debe contribuir con la reducción del consumo de combustibles fósiles, pero previamente debe asegurarse de que hace un uso eficiente de la energía que consume, ya que ésta es la forma más barata de lograr alcanzar el objetivo de reducir la temperatura ambiental.

En ese contexto y yendo al núcleo de este análisis, el stock edilicio se caracteriza por la ignorancia en materia de eficiencia energética, particularmente en lo vinculado a los comportamientos humanos, a la necesidad de renovaciones en instalaciones energéticas relegadas en los últimos años, y a los descuidos en el diseño pasivo del edificio. Descubrir el potencial de eficiencia energética de los edificios es esencial en la tarea de renovar el stock. Es necesario para ello estudiar los edificios, su comportamiento energético, su historial de consumos, realizar mediciones y rescatar elementos positivos de su arquitectura.

Los argentinos no estamos acostumbrados, como en otros países del mundo (Chile o Uruguay sin ir más lejos), a cuidar la energía y hacer un uso racional de ésta. El presente trabajo se enfoca en edificios escolares, que constituyen espacios de aprendizaje y de estrecho vínculo con la comunidad. Por este motivo, poseen un alto potencial para expandir conocimiento y modificar conductas tanto en alumnos como en la comunidad ampliada. Al mismo tiempo, estos edificios son ideales para ser utilizados como herramientas de aprendizaje, formando parte del plan de estudios y estimulando la curiosidad y entusiasmo de los niños por los temas relacionados al uso racional de la energía y al cuidado ambiental, lo cual será crítico al momento en el que ellos ocupen nuestro lugar en la sociedad.

Los edificios escolares sufren de una situación deficitaria en cuanto a eficiencia energética. Desde la crisis económica del 2001 hasta el año 2015, las tarifas pagadas por los usuarios no reflejaron los costos reales de producir la energía que consumían, lo cual generó descuido o falta de atención en cuestiones relacionadas a la eficiencia energética del edificio. El proceso de actualización del precio de las tarifas iniciado en los últimos tres años dio la señal para poner la atención en la energía y buscar estrategias para bajar el consumo, y así, disminuir gastos, contribuyendo además a la mitigación del impacto del efecto invernadero que los hidrocarburos fósiles producen, aumentando la temperatura ambiental.

La acelerada incorporación de equipos de aire acondicionado, las grandes superficies vidriadas en la fachada, la falta de protección de la radiación solar directa, la falta de ventilación natural, el bloqueo de la iluminación natural por molestias visuales, son algunas de las causas del aumento de consumo de energía y de la transformación del hábitat escolar en espacios poco saludables en los últimos años. Paradójicamente, en búsqueda del confort térmico, se descuidaron elementos esenciales como la renovación de aire, la ventilación natural y la iluminación natural.

Los edificios escolares en zonas urbanas compactas, con varios pisos en altura en algunos casos, tienen limitados recursos para lograr una suficiente iluminación natural en las aulas. Por lo general, la iluminación natural solo alcanza las áreas cercanas a las ventanas. Y las aulas orientadas al oeste, constituyen un verdadero desafío para el diseñador, intentando mantener vistas al exterior, iluminación natural y evitando molestias visuales. El reemplazo paulatino por lámparas LED, impacta fuertemente en la disminución del consumo de energía y disminuye el porcentaje de participación de la iluminación artificial, como uso final, en el consumo total de la escuela. Esto es muy positivo, pero a su vez, puede ser un inconveniente en cuanto a la pérdida de incentivo para lograr buenos niveles de iluminación natural en interiores, perdiendo los espacios importantes niveles de confort y salubridad.

Al igual que en otros sectores, el personal de mantenimiento de los edificios escolares recién ahora comienza a preocuparse por bajar los consumos, debido a la solicitud de las autoridades escolares en respuesta a las facturas de consumos con valores en aumento recibidas en el último tiempo. En la mayor parte de escuelas estudiadas, los aspectos más evidentes de la falta de cuidado de la energía hasta el momento son: a) el encendido continuo de luminarias durante toda la jornada escolar y horario de limpieza y, b) el encendido continuo día y noche de la caldera de agua caliente del sistema de calefacción central, a pesar de ser edificios que sólo se utilizan en horario diurno.

Paralelamente al interés por disminuir consumos de energía, las escuelas poseen la limitante de los presupuestos acotados. Las estrategias de altos costos son por lo tanto difíciles de implementar. Es necesario identificar medidas eficaces, y a su vez, de bajo costo y rápida implementación para aplicar en el corto plazo, identificando las medidas más costosas para cuando haya disponibilidad de mayores presupuestos o cuando las tarifas energéticas reflejen totalmente el costo de producción (se eliminen por completo los subsidios económicos).

Es imperioso tener presente en todo momento, que al aplicar estrategias de mejoras en la eficiencia energética en escuelas, es un requisito ofrecer un hábitat saludable y con condiciones de confort adecuadas para el aprendizaje. El confort es una problemática intrínseca de los edificios educacionales, ya que influye directamente en el proceso de aprendizaje de los niños.

1.3 Actores interesados

El ahorro y la eficiencia energética vistos desde el ángulo de los distintos grupos interesados en el tema generan oportunidades y motivaciones variadas.

Las escuelas (aquéllas que conocen sus consumos) ven principalmente detrás de la eficiencia energética una forma de reducción de costos que aliviane la economía de los establecimientos educativos. Adicionalmente, aunque no sea el incentivo principal, significa también la posibilidad de incluir temas relacionados al ambiente y desarrollo sustentable dentro del plan de estudios, ya que aparece disponible material de trabajo e información referente al edificio para enriquecer el aprendizaje de estos temas.

A los educandos y sus familias, les atrae la posibilidad de trasladar prácticas aprendidas en la escuela a sus hogares y grupos de pertenencia.

A las empresas distribuidoras, tanto de gas como de electricidad, además de tener un cliente más satisfecho, les permite optimizar sus inversiones y contribuir con el desarrollo sustentable.

Las Organizaciones No Gubernamentales dedicadas a la preservación del ambiente tienen interés en la reducción de los impactos en el mismo, especialmente la limitación de la emisión de gases de efecto invernadero.

Por último, a los Estados les interesa obviamente la reducción de los picos de consumo y en particular, en el caso de nuestro país, la disminución de los volúmenes de energéticos a importar con la consiguiente mejora en la balanza comercial y reducción del déficit fiscal (por reducción de subsidios). Adicionalmente, el ahorro y la eficiencia energética es un elemento clave para alcanzar los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) comprometidos por nuestro país en la COP21 (21ª Conferencia de las Partes) de París en 2015.

1.4 Hipótesis

La ciudad de Buenos Aires posee un clima templado que posibilita el buen funcionamiento de los edificios sin necesidad de grandes inversiones en tecnología ni grandes demandas de energía, típicas de los climas más extremos. Considerando que la mayor deficiencia en el comportamiento energético de los edificios escolares radica en problemas de diseño pasivo y de comportamiento del usuario, se plantea la siguiente hipótesis:

Sustanciales mejoras en la eficiencia energética de los edificios escolares de la Ciudad de Buenos Aires y alrededores pueden alcanzarse con estrategias de bajo costo y rápida implementación a través del estudio de los consumos energéticos históricos, el relevamiento del equipamiento energético y la observación del modo de uso del edificio, herramientas suficientes para detectar potenciales ahorros de energía y proponer estrategias de eficiencia energética.

1.5 Objetivo

El objetivo general de esta tesis es aportar herramientas para mejorar el desempeño energético de edificios escolares de la Ciudad de Buenos Aires y alrededores, en base al análisis de diez casos de estudio. La metodología utilizada para este análisis conforma la base

para un esquema de auditoría posible de llevar a cabo por cada escuela de manera autónoma y con mínima o nula intervención de profesionales ajenos a ésta.

Los objetivos específicos son: 1) analizar el comportamiento energético de los edificios, 2) localizar potenciales ahorros de energía y, 3) identificar estrategias para lograr reducción de consumos.

1.6 Metodología

El presente trabajo se basa en el análisis de diez edificios escolares tomados como casos de estudio. La metodología aplicada para el desarrollo del estudio, comprende los siguientes pasos:

- Solicitud de facturas de electricidad y gas de los últimos 2 a 3 años a las autoridades de las escuelas y posterior análisis de los consumos históricos.
- Relevamiento del equipamiento energético y de las características arquitectónicas del edificio: visitas a la escuela, recorrido, conversaciones con el personal administrativo y de mantenimiento.
- Estimación de usos finales y su porcentaje de participación en el consumo de energía total: a partir del relevamiento de equipamiento y de la información sobre los modos de uso del edificio, se realiza una planilla con el listado de equipamiento y un estimado de la cantidad de horas por día de funcionamiento de cada elemento. Se obtiene como resultado valores de consumo y porcentaje de participación de cada uso final.
- Diagnóstico general de los casos de estudio, señalando los conflictos predominantes en el comportamiento energético y, a su vez, estableciendo valores de referencia.
- Identificación de potenciales ahorros de energía y propuesta de estrategias para alcanzar esos potenciales ahorros.

1.7 Estructura

Capítulo 1: Introducción

Se exponen el tema de investigación, el planteo del problema, los actores interesados, la hipótesis, los objetivos y la metodología del estudio.

Capítulo 2: Contexto Energético

Se presenta el contexto energético a nivel mundial y nacional, como también un acercamiento al consumo y participación del segmento de edificios escolares de Argentina.

Capítulo 3: Estado de la Cuestión

Se presenta el tema de eficiencia energética en edificios desde una perspectiva enfocada en el diseño bioclimático y los aspectos relacionados al confort. En particular se enfoca en la ventilación natural y en la iluminación natural como elementos del diseño pasivo que colaboran, simultáneamente, con un comportamiento más eficiente del edificio en cuanto al consumo de energía y en la posibilidad de ofrecer espacios más saludables, siendo éstos esenciales para el aprendizaje. Se presentan valores de referencia de consumos de energía de edificios escolares Europa y Estados Unidos (IEA, 2007).

Capítulo 4: Metodología para el análisis de casos de estudio

Se expone la metodología utilizada para el análisis de los diez casos de estudio, incluyendo el consumo histórico, el relevamiento de equipamiento energético, y el diagnóstico particular y general del comportamiento energético de los edificios. A partir de éste, se identifican

potenciales ahorros en consumos de energía y se proponen las estrategias para lograr estos ahorros.

Capítulo 5: Casos de estudio en la Ciudad de Buenos Aires y zona norte GBA

Se expone cada caso de estudio en particular. Se incluyen los datos generales de la escuela y las características del edificio relacionadas al desempeño energético. Se estima la participación por uso final en los consumos de electricidad y de gas, se identifican conflictos en el comportamiento energético, y se detectan potenciales mejoras tanto en las instalaciones técnicas como en el diseño pasivo, considerando el accionar del usuario sobre ambos elementos.

Capítulo 6: Diagnóstico general sobre los casos de estudio

Se realiza un análisis comparativo de los diez casos de estudio en cuanto a consumos de energía total, de electricidad y de gas; y a las emisiones de CO₂. Se presentan los conflictos y las situaciones puntuales de mejora observados. Se identifican los potenciales ahorros de energía y las estrategias correspondientes para alcanzar estos ahorros. Por último, a partir de los valores surgidos del análisis, se estiman valores de referencia de consumo de energía posibles de alcanzar para los edificios analizados.

Capítulo 7: Conclusiones

Se presentan las conclusiones más relevantes a partir del estudio de casos. Adicionalmente, se propone expandir el presente estudio a escuelas del sector público y, se propone utilizar la metodología del presente estudio para que cualquier escuela pueda realizar su propia auditoría energética para lograr mejoras sustanciales y rápidas en el desempeño energético de su edificio y lograr de esta manera reducir consumos.

2 Contexto energético

2.1 Introducción

El presente capítulo propone un acercamiento al sector edilicio y a su participación en el consumo de energía y emisiones de GEI a nivel global, intentando remarcar la importancia del sector y el potencial de la eficiencia energética para generar ahorros en consumos de energía. En relación al contexto nacional, junto con datos del Balance Energético Nacional de 2016, se exponen los elementos principales de los últimos años que contribuyeron a profundizar el déficit en la situación energética nacional. Por último, se presenta la participación del sector educación dentro del sector comercial y público respecto del consumo de electricidad y gas.

2.2 Contexto Mundial

Según el *Key World Energy Statistics 2017* (IEA, 2017c) el consumo de energía y las emisiones de CO₂ a nivel mundial han aumentado vertiginosamente en los últimos tiempos (Figuras 2.1 y 2.2). Sin embargo, avances en el desarrollo de un futuro energético sostenible comienzan a mostrar resultados alentadores que demandan un mayor compromiso mundial para lograr los objetivos propuestos en el acuerdo de París¹.

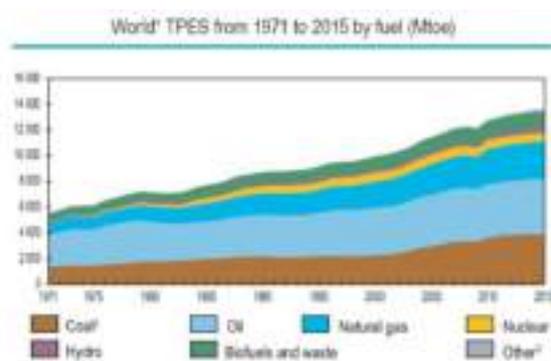


Figura 2.1. Consumo mundial de energía
Fuente: International Energy Agency (IEA, 2017c),
Key World Energy Statistics 2017, OECD/IEA, Paris.

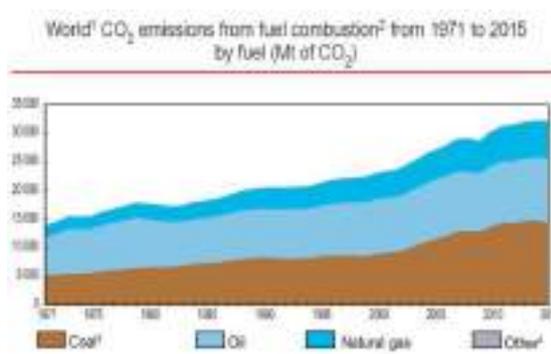


Figura 2.2. Emisiones CO₂
Fuente: International Energy Agency (2017c),
Key World Energy Statistics 2017, OECD/IEA, Paris.
Mt = Millones de toneladas

A partir de 2014, las emisiones de CO₂ relacionadas a la energía (Figura 2.3) se han estabilizado debido, entre varios factores, a la expansión de la energía eólica y solar, a la reducción de la intensidad energética y a la caída del uso del carbón (IEA 2017d). Las mejoras en **intensidad energética** son el factor de mayor relevancia en la estabilización de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (IEA, 2017a).

¹ Como respuesta a la amenaza apremiante del cambio climático, el acuerdo de París presenta un plan de actuación para "mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático".

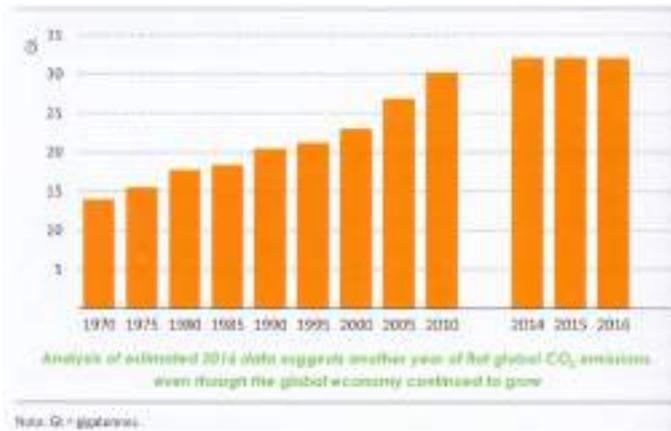


Figura 2.3. Emisiones de CO₂ mundial relacionadas a la energía
 Fuente: International Energy Agency (2017d), World Energy Outlook 2017, OECD/IEA, Paris.

La intensidad energética es una medida del consumo total de energía primaria por unidad del producto interno bruto. Desde el año 2010, la intensidad energética disminuyó un promedio de 2,1% al año, a diferencia del promedio de 1,3 % entre 1970 y 2010. En este caso, muestra el impacto positivo de los avances de la eficiencia energética a nivel mundial. La **eficiencia energética** mejoró un 13% entre los años 2000 y 2016 (IEA, 2017a). Sin esta mejora, el consumo global de energía hubiera sido un 12% mayor (Figura 2.4) y las emisiones de GEI hubieran sido un 12,5% mayor (Figura 2.5).

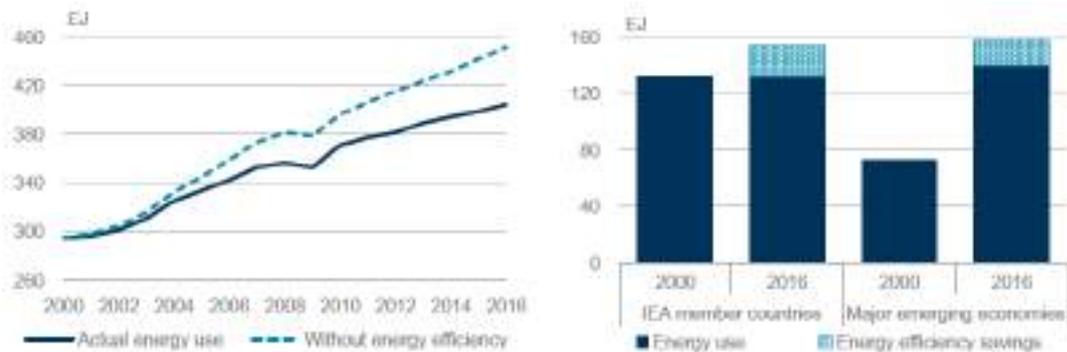


Figura 2.4. Consumo de energía mundial con y sin ahorro de energía debido a mejoras en eficiencia energética.
 Fuente: International Energy Agency (2017a), Energy Efficiency 2017, OECD/IEA, Paris.

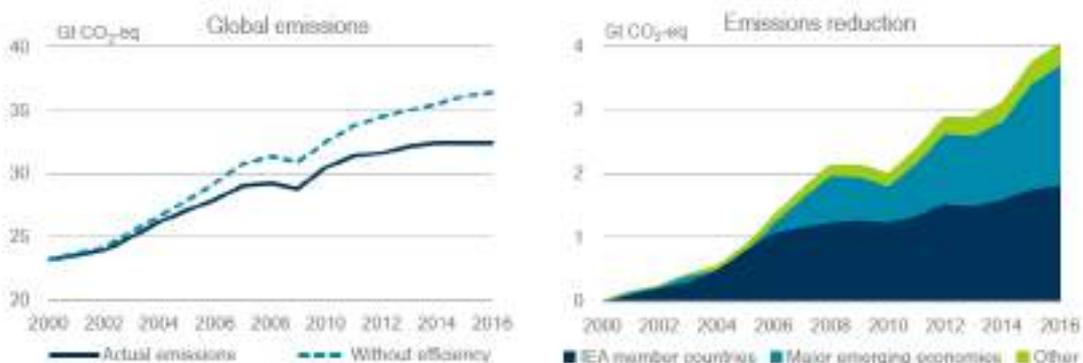


Figura 2.5. Reducción de emisiones GHI mundial debido a mejoras en eficiencia energética.
 Fuente: International Energy Agency (2017a), Energy Efficiency 2017, OECD/IEA, Paris.

En el *Energy Technology Perspectives 2017* (IEA, 2017b) se plantean tres escenarios hacia el 2060 para reducir las emisiones de GEI:

- 1- RTS (*Reference Technology Scenario*) es el escenario base que incluye los compromisos tomados por los diferentes países en el acuerdo de París, mejor que el tradicional “*business as usual*”, aunque no es suficiente para lograr el objetivo de limitar la temperatura a 2°C para el 2100.
- 2- 2DS (*2°C Scenario*) es consistente con un 50% de chance de limitar el aumento de temperatura a 2°C para el 2100 y representa una transformación ambiciosa para el sector energético. La dependencia de combustibles fósiles disminuye de un 82% en 2014 a un 35% en 2060. El sector energético alcanza emisiones de carbono nulas al 2100.
- 3- B2DS (*Beyond 2°C Scenario*) empuja al máximo la expansión de tecnologías y políticas para alcanzar emisiones de carbono nulas al 2060. Representa un 50% de chance de limitar el aumento de temperatura a 1,75°C para el 2100.

Dentro del escenario 2DS, la eficiencia energética contribuye con el 40% de la reducción de emisiones de CO₂, seguida por las energías renovables con el 35% (Figura 2.6). **Es así que el rol de la eficiencia energética es esencial para lograr el progreso necesario y alcanzar los objetivos del Acuerdo de París** (IEA, 2017b).

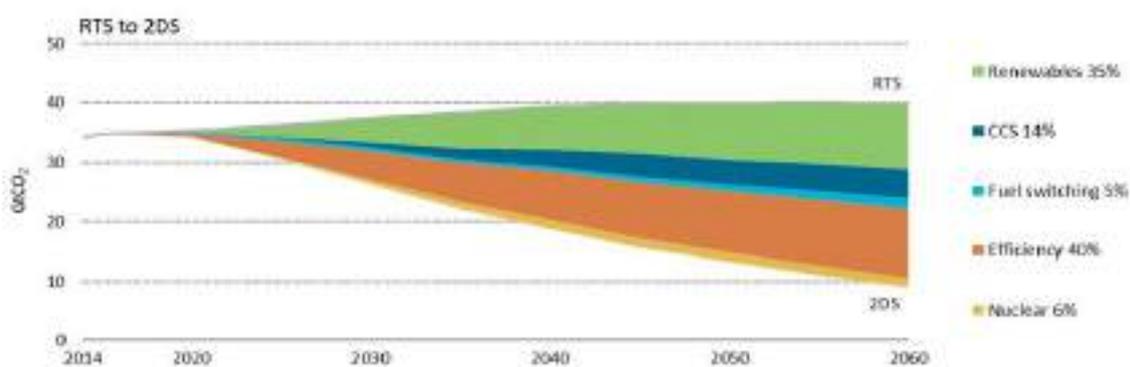


Figura 2.6. Reducción global de emisiones de CO₂ por área tecnológica: RTS a 2DS.

Fuente: International Energy Agency (2017b), *Energy Technology Perspectives 2017*, OECD/IEA, Paris

El sector edilicio, comprendido por edificios y construcción, es responsable de más del 35% del consumo mundial de energía (Figura 2.7) y de casi el 40% de las emisiones de CO₂ relacionadas a la energía (Figura 2.8) (IEA, 2017e).

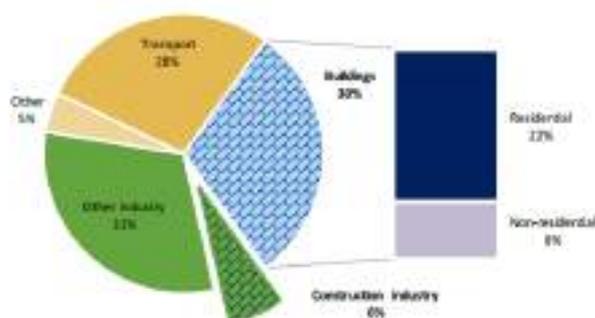


Figura 2.7. Participación del consumo global de energía final por sector, 2015.

Fuente: Derivado de IEA (2017e), *World Energy Statistics and Balances*, IEA/OECD, Paris, www.iea.org/statistics.

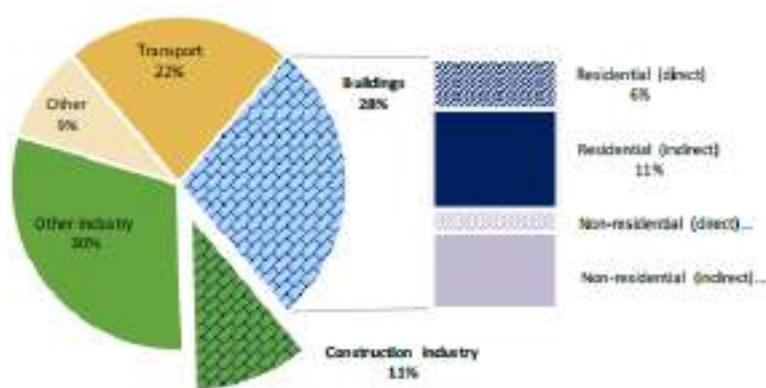


Figura 2.8. Participación de las emisiones globales relacionadas a la energía por sector, 2015.

Fuente: Derivado de IEA (2017e), World Energy Statistics and Balances, IEA/OECD, Paris, www.iea.org/statistics

A pesar del progreso que se está consiguiendo a través de iniciativas, políticas públicas y tecnología, los avances en eficiencia energética no alcanzan el ritmo necesario en relación al crecimiento del sector edilicio (en m²) y la demanda de servicios energéticos (Figura 2.9). Es necesario que el sector acelere el ritmo de estos progresos para lograr los objetivos del Acuerdo de París (IEA, 2017e).

En este contexto, el objetivo principal del sector es lograr edificios de alta eficiencia energética y bajas emisiones de CO₂. Entre las prioridades de acción que plantea el *Global Status Report 2017* (IEA, 2017e) para lograr este objetivo, se destacan:

- Mejorar el comportamiento energético de los edificios existentes: aumentar la tasa de renovación de edificios y aumentar el nivel de eficiencia energética en edificios existentes.
- Mejorar el gerenciamiento energético de los edificios.
- Reducir las emisiones de carbono en edificios: Integrar energías renovables y reducir la huella de carbono de la demanda de energía en edificios.
- Reducir la demanda de energía del equipamiento: electrodomésticos, dispositivos, luminarias y cocción.

El uso tradicional de biomasa sólida en edificios residenciales, particularmente en países en desarrollo, representó un 25% de la energía final consumida del sector en 2014, que aumentó un 15% entre 1990 y 2014 en países que no pertenecen a la OECD.

El sector edilicio es responsable del 55% de la demanda global de electricidad. La electricidad representa casi un 70% del total del crecimiento de la demanda de energía en edificios desde 1990 y representa un tercio del total de la energía utilizada en edificios actualmente. Los edificios continúan ejerciendo una fuerte demanda a la generación de energía, cuyo promedio de eficiencia fue sólo un 43% en 2015. El suministro de energías bajas en carbono y renovables ha colaborado en mejorar la intensidad del CO₂ de la electricidad; sin embargo, cuando se considera el aumento de la demanda de electricidad del sector, el resultado neto es que las emisiones relacionadas a la generación de energía permanecen constantes desde 2010 (IEA, 2017e).

El 82% del consumo final de energía en edificios fue suministrado por combustibles fósiles en 2015 (incluyendo energía primaria de generación y excluyendo uso tradicional de biomasa). Es necesario disminuir la intensidad de CO₂ de los edificios para alcanzar la meta de 2°C del acuerdo de París (IEA, 2017e).

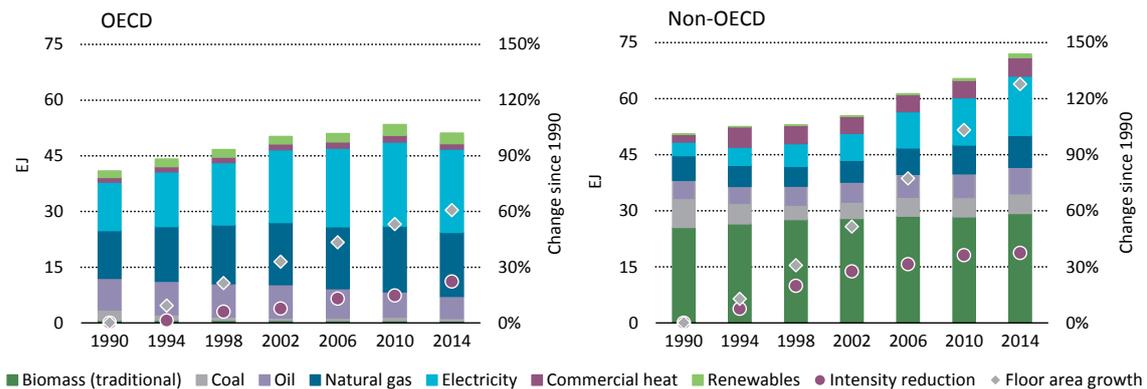


Figura 2.9. Consumo de energía e intensidad por m2 en edificios desde 1990.
Fuente: International Energy Agency (2017b), Energy Technology Perspectives 2017, OECD/IEA, Paris.

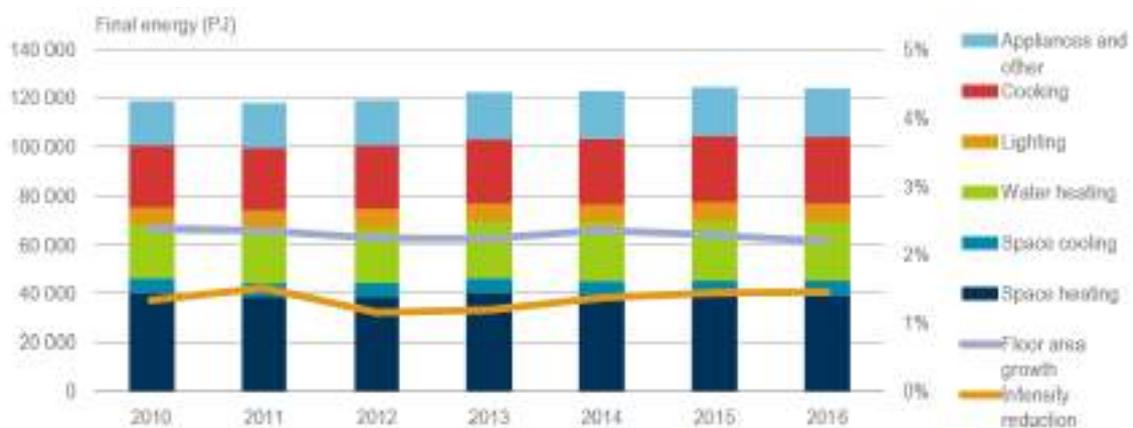


Figura 2.10. Sector edilicio: consumo de energía, intensidad energética y superficie (2010-16)
Fuente: International Energy Agency (2017a), Energy Efficiency 2017, OECD/IEA, Paris.

En cuanto al consumo de energía y usos finales, los sistemas de calefacción y de agua caliente tienen el porcentaje de mayor participación, representando casi el 65% de la energía final en países de la OECD y el 50% en países no pertenecientes a la OECD. Este hecho está cambiando, debido a las mejoras en el estándar de vida y al consecuente aumento de la demanda de luminarias, equipamiento y refrigeración, éste último especialmente en regiones en desarrollo con climas cálidos donde las necesidades de calefacción son menores. La demanda de refrigeración creció un promedio de 7% anual entre 1990 y 2014 en países no pertenecientes a la OECD (Figura 2.11).

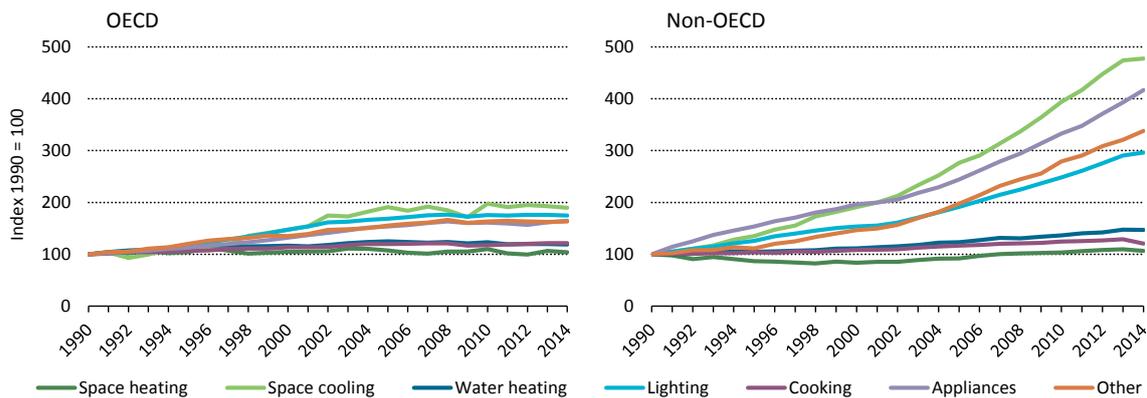


Figura 2.11. Cambios en la demanda de energía.

Fuente: International Energy Agency (2017b), Energy Technology Perspectives 2017, OECD/IEA, Paris

El alejamiento del uso de combustibles fósiles, la utilización de tecnologías eficientes e integradas, y la incorporación de energías renovables, producen una fuerte reducción de las emisiones de CO₂ en edificios en el escenario 2DS y B2DS (Figura 2.12) (IEA, 2017b).

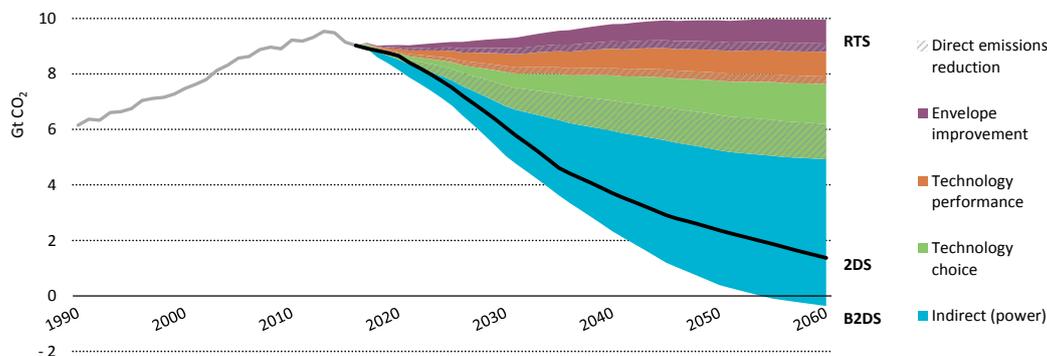


Figura 2.12. Contribuciones claves para la reducción de emisiones de CO₂ en edificios.

Fuente: International Energy Agency (IEA 2017b), Energy Technology Perspectives 2017.

La **eficiencia energética** en edificios continúa mejorando gracias a las políticas y a los avances en tecnología. Las políticas implementadas al momento se focalizaron en la envolvente del edificio, más que en el equipamiento de calefacción y refrigeración. Existe un potencial de lograr mayores ahorros estableciendo y reforzando estándares. Mejoras del 10 al 20% en eficiencia son posibles en la mayoría de los países por electrodomésticos, equipamiento y luminarias que ya están disponibles. Hacia el 2022, se espera que el 90% de las luminarias de interiores sean lámparas fluorescentes compactas o LEDs. El despliegue de dispositivos conectados en red, como medidores inteligentes, está aumentando e impacta positivamente en la eficiencia energética (IEA, 2017b).

El **potencial de ahorro** de energía en edificios es enorme y aún permanece sin explotar en su mayoría. El mayor potencial de ahorro se da en los usos finales de calefacción y refrigeración (Figura 2.13) (IEA, 2017b).

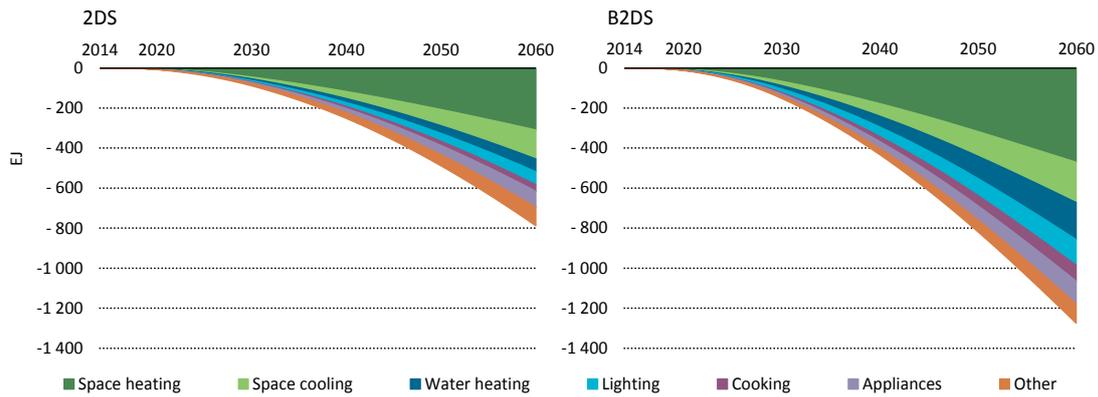


Figura 2.13. Ahorros acumulados por uso final en escenarios 2DS y 2BDS en relación al escenario RTS. Fuente: International Energy Agency (IEA, 2017b), Energy Technology Perspectives 2017

Para lograr estos potenciales ahorros, es necesario trabajar en diversos aspectos, incluyendo políticas, tecnología, relevamiento de datos energéticos de edificios, programas de educación y capacitación.

2.3 Contexto Nacional

Comprender lo sucedido y los datos en materia energética de los últimos años es útil para describir la situación actual y entender, como país, que tenemos mucho por hacer, desde políticas públicas hasta pequeñas acciones como individuos, para garantizar la seguridad energética. En ese contexto, el rol de la eficiencia energética es clave, colaborando en la transición del país hacia el uso de energías limpias, la reducción de emisiones de carbono y la seguridad energética. La eficiencia energética está ligada a los potenciales ahorros de energía, necesarios en un escenario de constante aumento de consumo.

De acuerdo al Balance Energético Nacional de 2016 (MINEM, 2017a), la oferta interna total de energía depende mayoritariamente de hidrocarburos fósiles (87,2%). En la misma, el gas natural representa 55,4% y el petróleo 31,8%. Por su parte, la energía hidroeléctrica alcanzó el 3,8 %, la energía nuclear el 2,6 % y el carbón mineral el 1,2% (Figura 2.14).

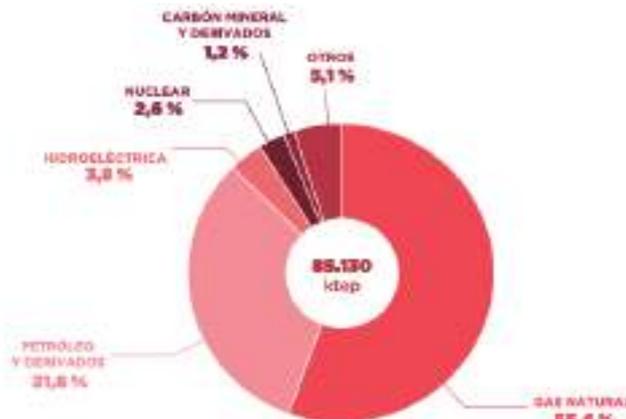


Figura 2.14. Participación de cada fuente en la oferta interna total de energía, 2016. Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, 2018. Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático, donde cita Balance Energético Nacional, Ministerio Energía y Minería

Asimismo, en el caso de la matriz de generación de energía eléctrica, las centrales térmicas, de altas emisiones de carbono, representan un 61,2 % y el restante 38,8 % proviene de energía hidráulica, nuclear, eólica y solar (Figura 2.15). La transición hacia el uso de energías limpias va a llevar un largo tiempo; de acuerdo a los escenarios 2030, la participación de las energías renovables en la generación eléctrica en el 2030 será de 25%. Es por esta razón, que la eficiencia energética es tan importante como las energías renovables para acelerar nuestra transición energética y de esta manera reducir las emisiones de carbono.

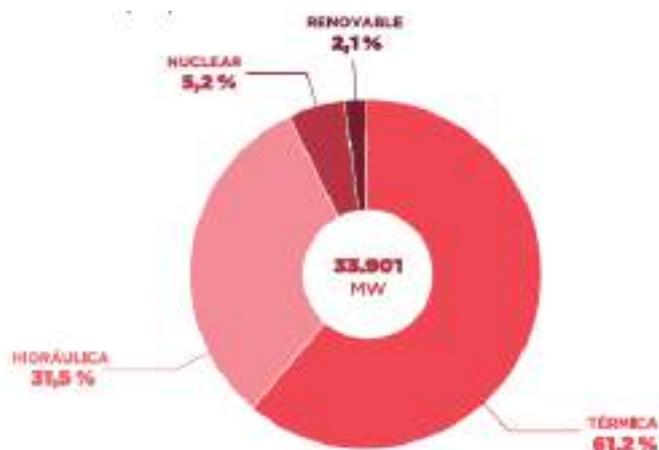


Figura 2.15. Potencia instalada, 2016.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, 2018. Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático, donde cita Informe Estadístico Anual, Ministerio Energía y Minería, sobre la base de datos de CAMMESA.

Por el lado de la demanda, el consumo de energía creció a un ritmo del 1,4 % anual entre 2007 y 2016, aunque en el último año éste se redujo un 0,5 %. Al analizar el consumo por sectores (Figura 2.16), se observa que en 2016 el transporte representó el 31,3 % del consumo final, seguido por el residencial (28,6 %), el industrial (24,1 %), el comercial y público (8,6 %) y el agropecuario (7,4%) (MINEM, 2017a). Durante la última década, el mayor crecimiento observado en el consumo correspondió al sector residencial, que se incrementó a un ritmo del 2,7 % promedio anual.

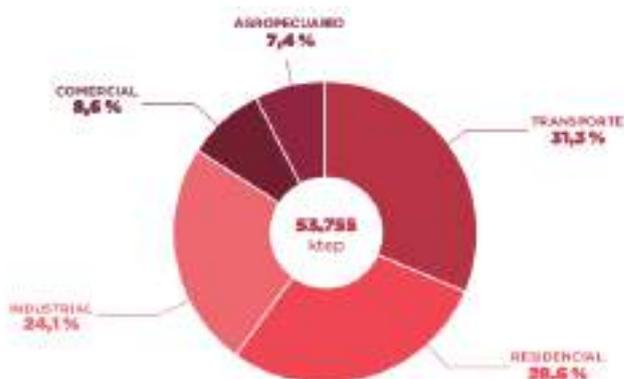


Figura 2.16. Consumo final de energía por sector, 2016.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, 2018. Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático, donde cita Balance Energético Nacional 2016, Ministerio Energía y Minería

De acuerdo al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INVGEI) correspondiente al año 2014, el sector energético emitió 193,5 millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂eq) en 2014, lo que representa el 53% de las emisiones de gases de efecto invernadero totales a nivel nacional (Figura 2.17). El sector energía es el más importante en términos de emisiones de GEI, por lo que la contribución correspondiente de este sector también es la que presenta el mayor potencial de mitigación.



Figura 2.17. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por sector, 2014.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, 2018. Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático, donde cita Segundo Bur, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Para comprender la situación energética del país es útil remitirse a las políticas públicas, precios y tarifas relacionados a la energía de los últimos 15 años.

Luego de la crisis económico-financiera y cambiaria de 2001, en el marco de la Emergencia Pública declarada por la Ley 25.561, el Poder Ejecutivo Nacional dictó diversas medidas que tuvieron por objeto atenuar los efectos de la crisis y su impacto en la prestación de los servicios públicos, entre ellos los servicios de transporte y distribución de energía eléctrica y gas natural por redes. Esta intervención regulatoria se perpetuó por más de diez años y, en términos generales, disoció los precios y las tarifas finales de los costos económicos reales de abastecimiento de energía (virtual congelamiento de precios y tarifas), con consecuencias severas y negativas sobre una gran parte del sector, postergando los incentivos para hacer un uso racional y eficiente de los recursos energéticos (MINEM, 2018).

La Ley de Emergencia Pública estableció derechos a la exportación de petróleo, los cuales disociaron los precios en el mercado doméstico de los vigentes en los mercados internacionales (Figura 2.18). Esto resultó en un importante desincentivo para la producción, la inversión y el uso racional de energéticos caros y contaminantes. Consecuentemente, la producción de petróleo experimentó durante la última década una disminución anual acumulada promedio del 2,4 %. (Figura 2.19).

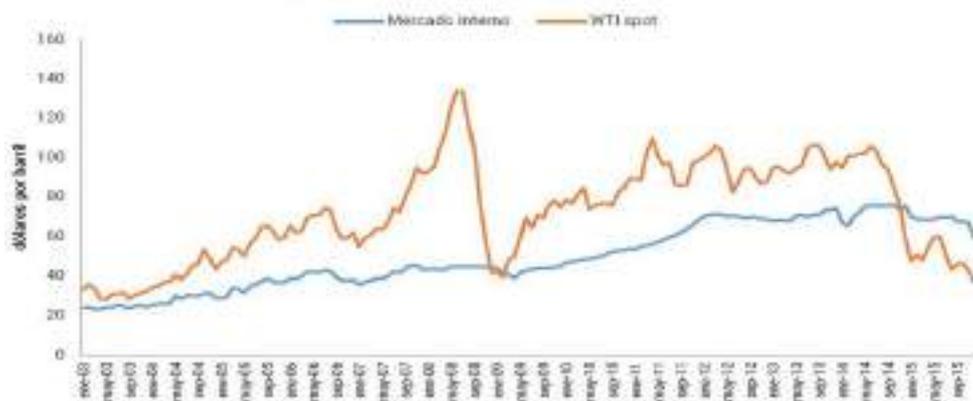


Figura 2.18. Petróleo. Precio en el mercado interno y marcador internacional (2003-2015).

Fuente: Ministerio de Energía y Minería, 2018.

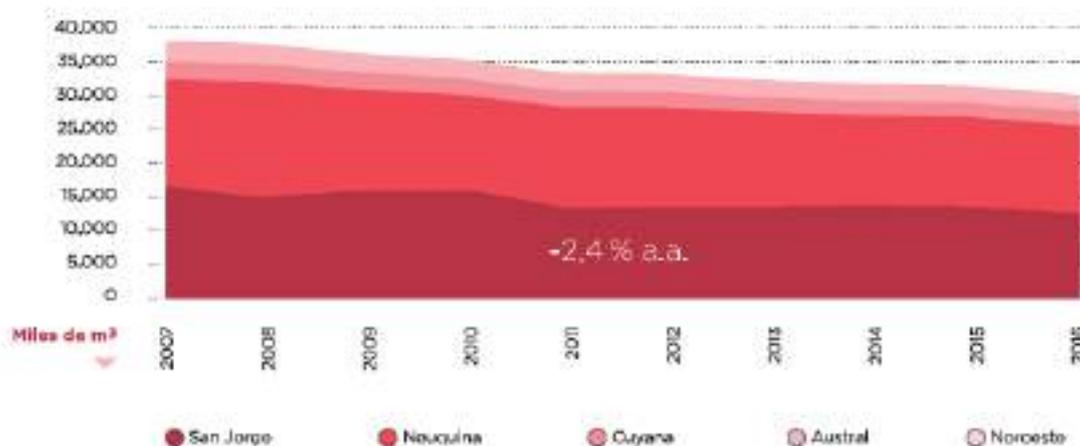


Figura 2.19. Evolución de la producción de petróleo por cuenca (2007-20016).

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, 2018. Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático.

Para el caso del gas natural, también se establecieron derechos de exportación en aumento a partir del otoño de 2004, cuando se comenzó a percibir una amenaza seria de desabastecimiento en el mercado doméstico que llevó a la interrupción de los contratos de exportación a Chile y Brasil en el período invernal. La producción de gas disminuyó en la última década a un ritmo del 1,4 % anual, mostrando, entre 2015 y 2016, un incremento del 4,9 % (Figura 2.20).



Figura 2.20. Evolución de la producción de gas natural por cuenca (2007-2016).

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, 2018. Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático, donde cita Informe Estadístico Anual 2016, Ministerio Energía y Minería

La producción local de gas natural alcanzó su pico en 2004, momento a partir del cual las importaciones procedentes de Bolivia comenzaron a ganar participación en la oferta, y sostuvieron el crecimiento en la inyección al sistema de transporte durante todo el período. Desde el año 2008 se destaca la incorporación a la oferta de las importaciones de gas natural licuado (GNL), que ingresa al país por dos terminales de re-gasificación: Bahía Blanca y Escobar. El deterioro estructural de la producción doméstica hizo que el requerimiento -en un principio transitorio y estacional- de gas importado se transforme en permanente y durante todo el año. Los datos de ENARGAS indican que un 26,4% del total de gas consumido en 2015 provino del exterior (Figuras 2.21 y 2.22).

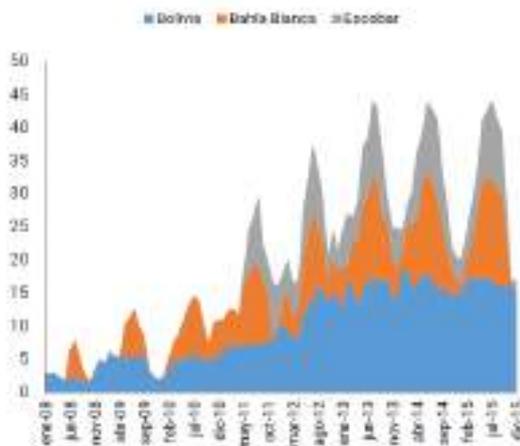


Figura 2.21. Importaciones de gas natural, por origen, en millones de m³/día.

Fuente: ENARGAS

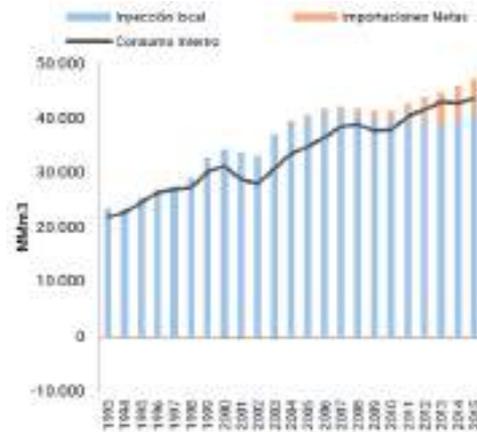


Figura 2.22. Inyección local, comercio exterior y consumo interno.

Fuente: ENARGAS

En ambos casos (Bolivia por ducto o LNG por barcos), los precios fueron marcadamente superiores a los artificialmente deprimidos precios regulados para la producción local (Figura 2.23).

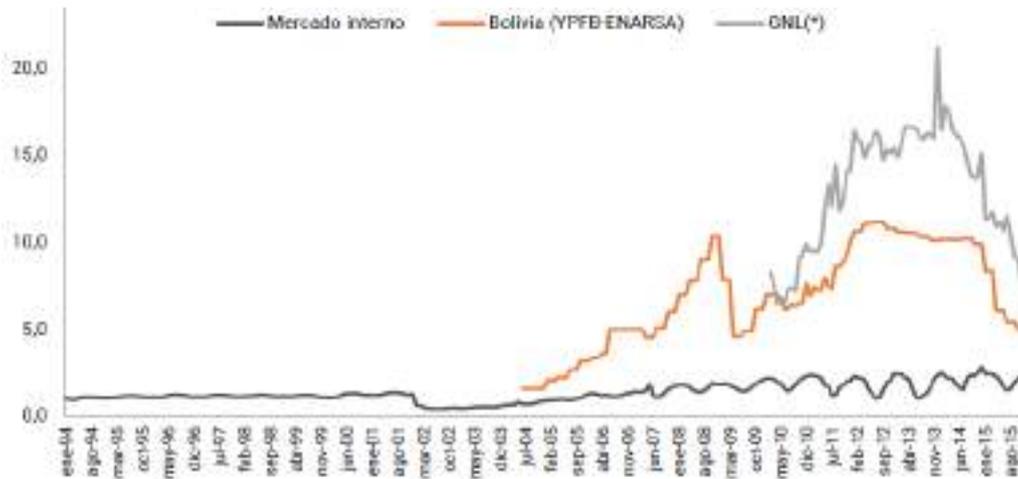


Figura 2.23. Precio interno del gas natural y referencia de importaciones en USD/MMBTU.
Fuente: Ministerio de Energía y Minería y ENARSA

Entre 2003 y 2015, el consumo de gas natural aumentó un 41,6%, equivalente a un crecimiento anual del orden de 2,9%. En 2015 se consumieron, en promedio, unos 119,4 millones de m³/día, con picos de demanda superiores a los 140 millones de m³/día. Se produjo un importante crecimiento del consumo residencial, en gran parte impulsado por la política generalizada de precios subsidiados (MINEM, 2018). Así, durante 2015 los hogares argentinos demandaron un promedio de 28,0 millones de m³/día (promedio mensual), con un máximo de 90 millones de m³/día (Figura 2.24).

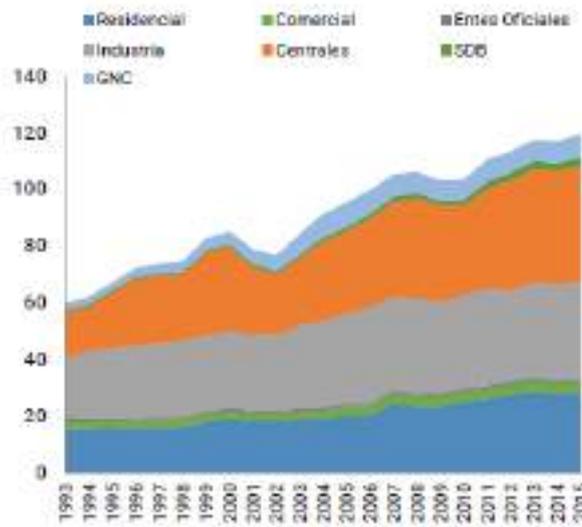


Figura 2.24. Consumo de gas natural por tipo de usuario, en millones de m³/día.
Fuente: ENARGAS

Como consecuencia de estas señales contradictorias para la oferta, se desalentó la producción local tanto de petróleo como de gas natural y pasamos rápidamente de disponer energía barata, abundante y exportable a tener energía cara, escasa e importada; causando un deterioro profundo en la balanza comercial energética y requiriendo de importantes subsidios

para no trasladar el incremento de precios de los energéticos importados a las tarifas locales (Figuras 2.25 y 2.26).

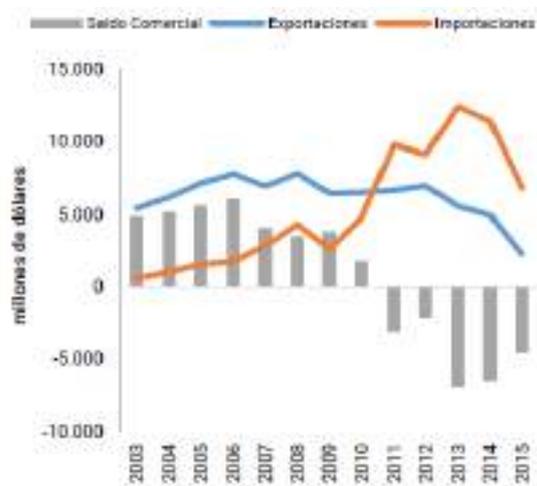


Figura 2.25. Evolución balanza comercial.

Fuente: Ministerio de Energía en base a INDEC y Ministerio de Hacienda

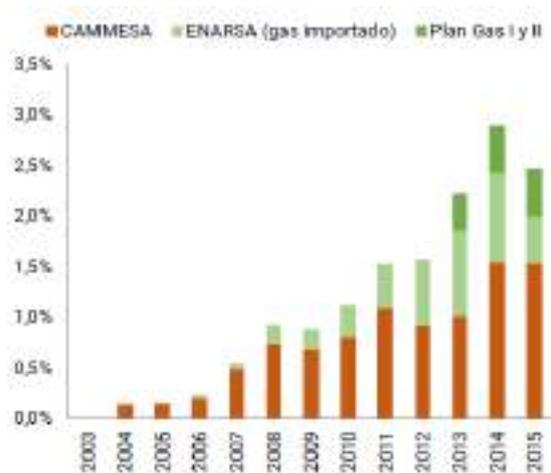


Figura 2.26. Subsidios a la energía eléctrica y al gas natural como porcentaje del PBI.

Fuente: Ministerio de Energía en base a INDEC y Ministerio de Hacienda

Generación eléctrica

En el mercado eléctrico, la intervención estatal que derivó de la emergencia pública declarada en enero de 2002 fijó un tope al precio spot de la energía en el mercado eléctrico mayorista (MEM), en ese momento equivalente al precio de referencia promedio del parque térmico operando con plena disponibilidad de gas natural. En un contexto de escasez estacional de gas y costos de operación crecientes, esta regulación erosionó el margen de los generadores, y como consecuencia aumentó la indisponibilidad del parque y redujo el incentivo del sector privado a la entrada en el mercado. La respuesta del gobierno a esta retracción de la inversión privada consistió en una serie de programas de incentivos a la inversión y la creación de fideicomisos específicos para obras integradas con aportes compulsivos de los generadores y fondos públicos, priorizando la generación térmica de rápida disponibilidad en lugar de otras formas menos contaminantes de generación eléctrica (Figuras 2.27), provocando un aumento continuo en la participación de la generación térmica en la matriz de generación eléctrica nacional (Figura 2.28).

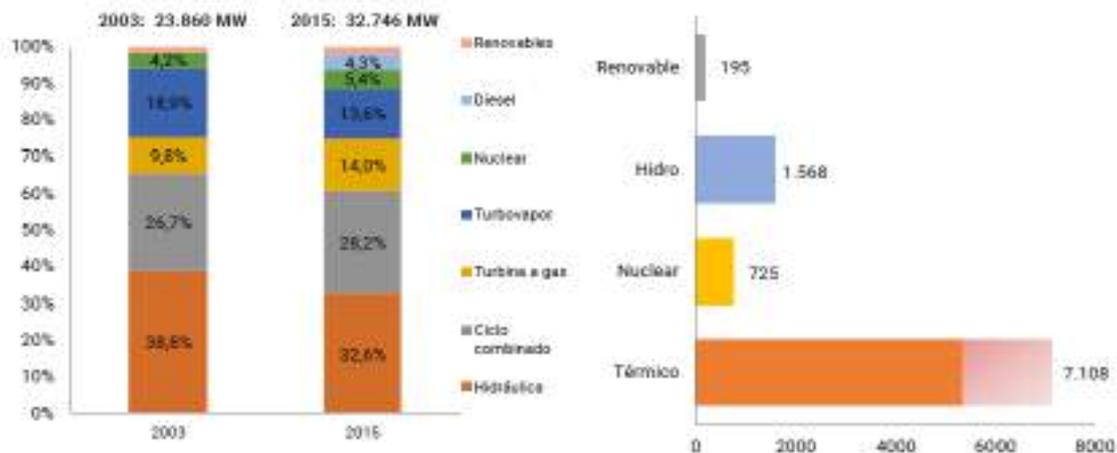


Figura 2.27. Potencia instalada (% del total) y adición de potencia período 2003 a 2015.
Fuente: CAMMESA

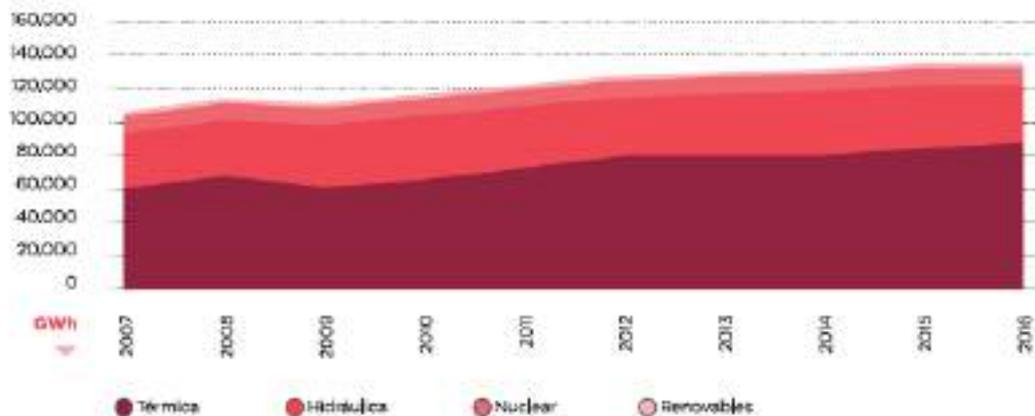


Figura 2.28. Evolución de la generación eléctrica por tecnología (2007-2016).
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, 2018. Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático, donde cita Informe Estadístico Anual, Ministerio Energía y Minería, sobre la base de datos de CAMMESA.

Es importante remarcar que el declino en la producción doméstica de gas natural repercutió negativamente en los costos del sistema eléctrico al propiciar la sustitución de este combustible por otros más caros como los líquidos (*fuel oil* y *gas oil*), en particular durante los meses invernales (MINEM, 2018). Los datos de CAMMESA muestran que, para el año 2015, el precio de referencia del gas natural provisto a las centrales térmicas promedió los 2,7 USD/MMBTU, mientras que el precio promedio de los sustitutos fue de 17 USD/MMBTU para el gasoil importado y 14 USD/MMBTU para el *fuel oil* local (Figura 2.29).

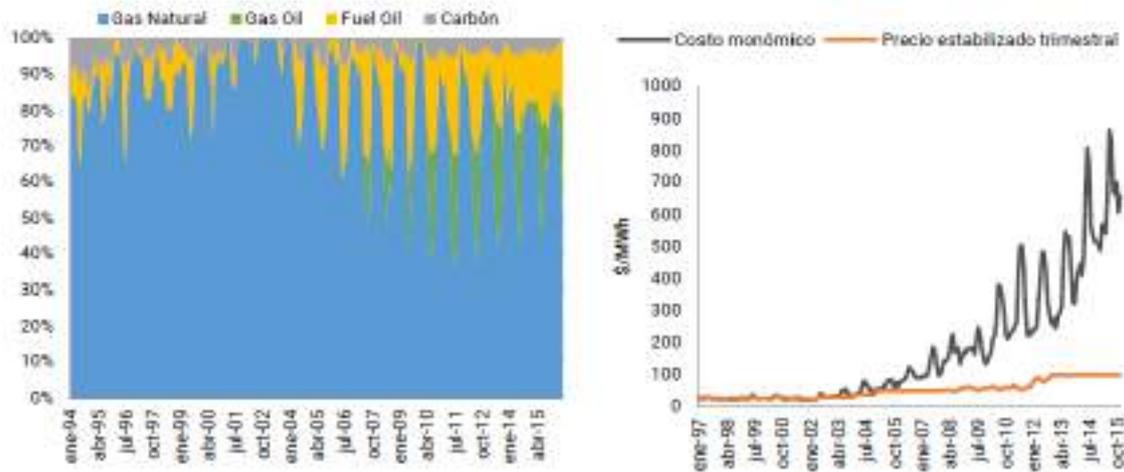


Figura 2.29. Consumo de combustibles en generación térmica (TEP) y evolución del costo monómico y del precio estabilizado trimestral.

Fuente: CAMMESA.

La escasez de gas natural y la intervención de los precios mayoristas para los usuarios del servicio de distribución crearon una cuña significativa que, al igual que en el caso del gas natural, fue cubierta con aportes del Tesoro Nacional. El desfasaje de precios fue tan grande que en 2015 la gran mayoría de los usuarios del servicio residencial pagaban menos de 2 USD/MWh por la generación de energía, mientras que el costo de abastecimiento alcanzó los 71 USD/MWh (MINEM, 2018).

De esta manera, la política energética propendió al consumo irracional de energía y a una disuasión de inversiones en el sector que, con el tiempo, redundó en una caída de la oferta local de energía. Como resultado, la Argentina sufrió un deterioro tendencial en la posición exportadora neta de energía, que entre 2003 y 2006 había registrado un superávit cercano a los 5.000 millones de dólares al año. De acuerdo a los datos de comercio exterior, en el año 2011 el país se convirtió en importador neto de energía. En 2015, las importaciones netas de energía alcanzaron los 4.585 millones de dólares, equivalente a 0,7% del PIB (MINEM, 2018).

Por otra parte, las intervenciones de precios reseñadas dieron origen a una dinámica creciente de los subsidios a la energía, en particular en el caso de la energía eléctrica y del gas natural por redes. De acuerdo a los datos presupuestarios, en el año 2015 se destinó aproximadamente un 3,0% del PIB a subsidiar el consumo energético (MINEM, 2018).

A su vez, al dar pocos incentivos a la inversión en gas natural y en generación eléctrica limpia, se incrementó el uso de combustibles fósiles -principalmente *fueloil* y *gasoil*- con el consecuente perjuicio adicional desde el punto de vista ambiental y se postergó la necesidad de aprovechar la energía más barata que se conoce, aquella que deja de usarse a partir del ahorro y la eficiencia energética (MINEM, 2018).

En síntesis, el sector energético fue uno de los más debilitados y peor gestionados por la política pública durante la década anterior a 2015. Como se detalló más arriba, en el año 2015 el sector energético mostraba un déficit notable en infraestructura, problemas concretos de suministro, subsidios abultados y arbitrarios, ausencia de políticas concretas para propender al ahorro y la eficiencia energética y una crisis notoria en la institucionalidad de los entes reguladores (MINEM, 2018).

A partir de 2015, la nueva administración pública fijó dos objetivos principales para el sector energético: 1) garantizar la seguridad energética, que significa tener energía disponible, variada y a precios accesibles para la población y 2) mitigar el impacto en el cambio climático, un problema global con el que el Gobierno tomó un fuerte compromiso en foros nacionales e internacionales.

Las áreas que se atacaron fueron: la recuperación de los marcos regulatorios, el restablecimiento de la capacidad de los entes reguladores, el aumento de la potencia eléctrica disponible previa declaración de la emergencia eléctrica, la reducción de los subsidios al consumo de gas natural y electricidad, el establecimiento de la tarifa social para subsidiar solo a los que lo necesitan, la reformulación de la matriz energética vía la reglamentación y aplicación de la ley 27191 de fomento a las energías renovables no convencionales, y, la implementación de políticas de ahorro y eficiencia energética, entre otras.

En este último frente, el primer paso que se dio para promover un uso responsable de la energía fue la creación de la Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética. A partir de su conformación se realizaron distintas acciones en línea con el uso racional y eficiente de energía. Se puso en marcha el Fondo Argentino de Eficiencia Energética (FAEE) destinado a facilitar inversiones en proyectos en el sector pyme, a partir de créditos blandos; se realizaron diagnósticos energéticos a fin de incrementar la competitividad del sector industrial; se realizaron diversas acciones de capacitación y comunicación; se avanzó en la normalización y etiquetado eficiente para artefactos del hogar con la firma de un nuevo convenio con el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) para el estudio y desarrollo de cuatro nuevas normas de eficiencia energética; se reactivó el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía para edificios públicos; se puso en marcha el programa de reemplazo a luminarias LED en alumbrado público tanto en municipios como en rutas provinciales; con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) y organismos de estadísticas provinciales, se delineó la primera encuesta de uso energético del sector residencial, con el objetivo de conocer los patrones de consumo de energía. Además, se profundizaron las campañas de concientización y educación sobre el ahorro y el uso responsable de los recursos y se trabajó en la elaboración de un proyecto de ley de Ahorro y Eficiencia Energética. En suma, se le comienza a dar, desde el sector público y recientemente desde el sector privado, al ahorro y a la eficiencia energética un lugar destacado en nuestra propia transición energética (MINEM, 2018).

2.4 Segmento edificios escolares en Argentina

El consumo final de energía en Argentina se distribuye entre los siguientes sectores: residencial (28,6%), comercial y público (8,6%), transporte (31,3%), agropecuario (7,4%) e industrial (24,1%). A continuación se presenta una estimación aproximada realizada por el Ministerio de Energía y Minería (MINEM, 2017b) de los consumos de gas y electricidad, referidos a edificios escolares (comprendidos dentro del sector comercial y público).

De acuerdo a este estudio, los edificios escolares representan un 9% de la energía total (electricidad y gas) consumida por el sector comercial y público. Al analizar los valores obtenidos, se observa que el porcentaje de consumo de gas del sector escolar en relación al total del sector comercial y público es 18%, indicando la relevancia del consumo de gas en edificios escolares. Por otro lado, el porcentaje del consumo eléctrico alcanza un 5%.

En la tabla siguiente, se presentan los resultados del estudio:

Tabla 2.1. Consumo de energía eléctrica y gas del sector educación (2015).

	Energía Eléctrica (MWh)	Gas Natural (miles de m3)	EE + GN en KTEP
Grandes Usuarios (principalmente Universidades)	142,52	8,892	20
Pequeños Usuarios (Escuelas y colegios con potencia <300KW en EE y tramos de consumo R y P en GN)	1,572,914	232,198	330
Total Estimado Sector Educación (en unidades propias)	1,715,434	241,09	349
Total Estimado Sector Educación (en KTEP)	148	202	349
Porcentaje respecto a total Comercial y Público (BEN, 2015)	5%	18%	9%

Para la estimación se utilizaron las siguientes bases de datos para el año 2015:

- Energía eléctrica demandada por grandes usuarios del sector educación (Base de CAMMESA compatibilizada por sector de actividad, contiene principalmente las universidades nacionales y privadas).
- Base de facturación del ENRE para el AMBA (Edesur y Edenor): Se realizó una primera consulta rápida en los servidores de ARSAT para todos aquellos usuarios que contengan las palabras "Colegio" y "Escuela" para contar con microdatos de consumo eléctrico de usuarios menores a 300KW de potencia.
- Base de facturación del ENARGAS: Se realizó una primera consulta rápida en los servidores de ARSAT para todos aquellos usuarios que contengan las palabras "Colegio" y "Escuela" para contar con microdatos de consumo de gas del servicio general (P) y algunas que están categorizadas como Residencial (R).
- Base de grandes usuarios del ENARGAS: Utilizada para capturar algunas universidades encontrando como faltante la mayoría de las universidades privadas en las mismas.
- Informe eléctrico 2015 (MINEM) y consumo total de gas natural (ENARGAS) por tipo de usuario.
- Cantidad de escuelas y alumnos por provincia (información pública del Relevamiento Anual 2015, DiNIEE. Ministerio de Educación y Deportes de la Nación).
- Balance Energético Nacional 2015.

La Figura 2.30 muestra el consumo final de energía del sector comercial y público por fuente para el año 2016. La energía eléctrica representa la mayor fuente con 64%, y la sigue el gas natural con 25%.

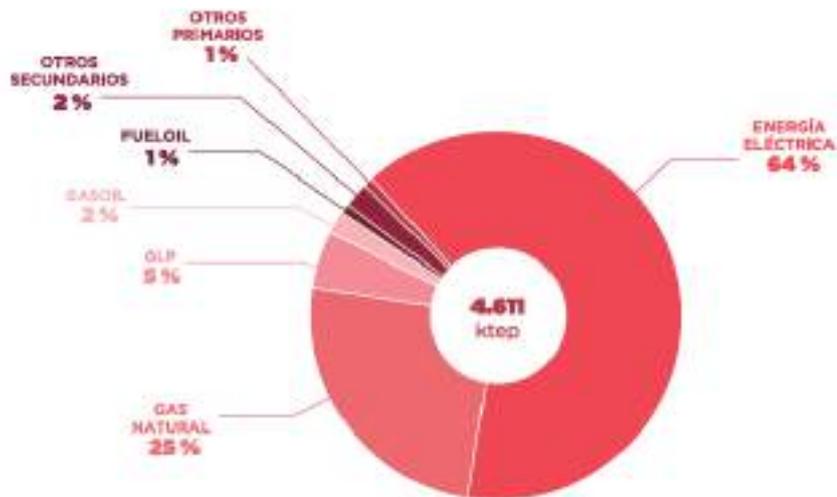


Figura 2.30. Consumo final de energía del sector comercial y público por fuente, 2016.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, 2018. Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático, donde cita Balance Energético Nacional 2016, Ministerio Energía y Minería

2.5 Conclusiones

A partir de los datos presentados en este capítulo, se verifica el rol sustancial del sector edilicio en el consumo de energía a nivel mundial y la necesidad urgente de acelerar mejoras para reducir tanto consumos de energía como emisiones GEI. Asimismo, el potencial de ahorro en el sector edilicio es enorme y todavía sin explotarse en su mayoría.

En relación al contexto nacional, el proceso de actualización del precio de las tarifas iniciado en los últimos tres años dio la señal para poner la atención en la energía y comenzar a hacer un uso más responsable de ésta.

El sector educación está dentro del sector comercial y público, y representa el 9% del consumo de energía de éste (gas y electricidad). El sector comercial y público representa, a su vez, el 8,6% del consumo total de energía. Esto significa que el sector educación representa menos del 1% del consumo total de energía. A pesar de constituir un valor bajo, los resultados obtenidos de este estudio pueden ser aplicados a otros sectores, y como se ha mencionado, las escuelas son espacios con un alto potencial para expandir conocimiento y modificar conductas tanto en alumnos como en la comunidad ampliada.

3 Estado de la cuestión

3.1 Introducción

Dentro del desafío global hacia un desarrollo sustentable, la responsabilidad del sector edilicio es lograr edificios con bajo consumo de energía y con bajas emisiones de CO₂. De acuerdo a estas premisas, la International Energy Agency señala que:

La **eficiencia energética** juega un rol esencial en la disminución del consumo de energía y es clave para asegurar un sistema seguro, confiable, accesible y sustentable para el futuro. Es el recurso energético que todo país posee en abundancia y la manera más rápida y menos costosa de abordar la seguridad energética, y los desafíos ambientales y económicos” (2018).²

El **potencial de eficiencia energética** por descubrir y explotar en edificios es enorme, abarcando estrategias que incluyen tecnologías eficientes y elementos de la arquitectura hasta el comportamiento humano.

Es de especial interés en este trabajo, el enfoque de la eficiencia energética desde el punto de vista del **diseño bioclimático**. Según John Martin Evans el diseño bioclimático se entiende como:

... aquél que identifica medidas de diseño apropiado que permiten promover habitabilidad y confort según regiones climáticas a través de estrategias de acondicionamiento natural, según las características de las variables climatológicas. Frente al fuerte impacto de la globalización, con modelos urbanos, imágenes arquitectónicas e innovaciones tecnológicas que propician hábitats de mayor dependencia energética, se requiere desarrollar enfoques que respondan a la necesidad de identificar soluciones locales y apropiadas para contribuir a un hábitat construido más sustentable (2004).

Avances en eficiencia energética pueden lograrse a través del uso de tecnología eficiente, mejoras en el diseño pasivo y modificaciones en el comportamiento del usuario. Dentro de las **estrategias pasivas** para disminuir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ se destaca el aprovechamiento de la ventilación natural y de la iluminación natural. Con el fin de mejorar la eficiencia energética en edificios, aquellos dos factores son de especial interés en la zona de la Ciudad de Buenos Aires donde el clima templado y el cielo claro crean un entorno favorable para aprovechar las condiciones climatológicas y considerarlas en el diseño de los edificios.

3.2 Confort

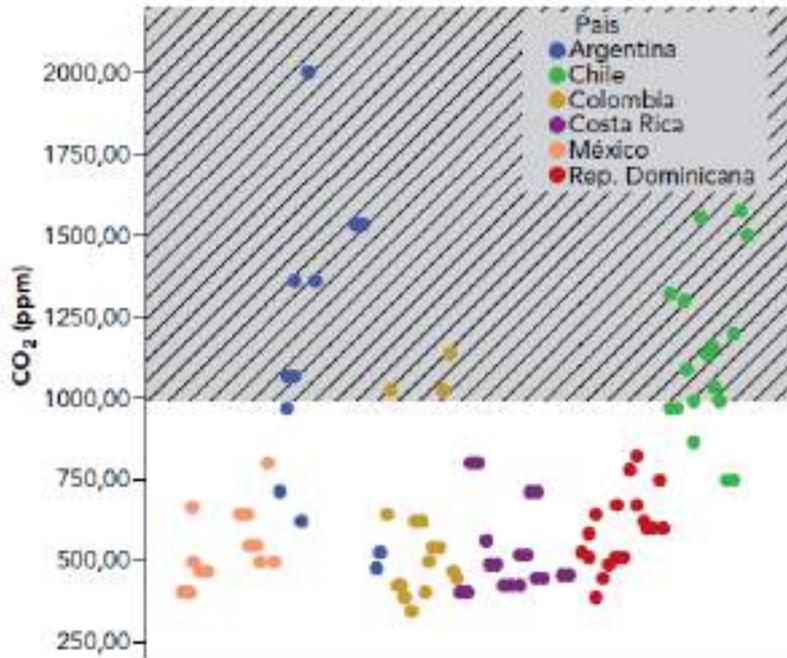
Inherente al foco de interés, que son los edificios escolares, es requisito en ellos proveer espacios con adecuados niveles de **confort**. En este sentido, San Juan, Hoses y Martini (2014) presentan una auditoría ambiental de 39 escuelas de América Latina y señalan la importancia del confort ambiental, el cual abarca confort higrotérmico, lumínico y acústico, y calidad de aire. En cuanto al confort higrotérmico, sólo el 30 % de las aulas analizadas en la auditoría alcanzan niveles adecuados de confort. Por otro lado, los valores de iluminancia registrados en aulas están por lo general fuera de la zona de confort, existiendo mucha diferencia entre las áreas cercanas a las ventanas y las áreas más alejadas. Se plantea que:

² International Energy Agency <https://www.iea.org/topics/energyefficiency/>. Traducción propia.

La disparidad de la relación entre iluminancia exterior e interior pone en evidencia la aleatoriedad del diseño de las fuentes de luz natural en las aulas estudiadas, donde el edificio en general no responde correctamente a mitigar o controlar dichas condicionantes. En México y Argentina, en la mayoría de los casos, se registran valores por debajo del valor mínimo admisible” (San Juan 2014, p. 15).

Luego se refiere a la calidad del aire:

En cuanto a la calidad del aire, la concentración de dióxido de carbono (CO_2) es un factor importante a tener en cuenta, debido al impacto sobre la salud, por acceso desde el exterior o por la propia emisión de sus ocupantes. El CO_2 en altas concentraciones es tóxico para los seres humanos: a partir de 0,1% (1.000 ppm), el CO_2 se convierte en uno de los factores de asma o del síndrome de los edificios enfermos. El estudio expone que el 20% de la muestra registra niveles de concentración máximos por encima del límite admisible permitido, coincidiendo con establecimientos localizados en climas fríos, donde los aventanamientos se mantienen cerrados, lo que impide la infiltración de aire y la renovación de aire necesaria. En el 80% restante, se registra por debajo de la normativa internacional adoptada (ASHRAE. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers), la cual fija como límite máximo 1.000 ppm, aunque según RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios de España, 2007, en función de la Normativa de la Comunidad Económica Europea) debería ser no más de 500 ppm por sobre la concentración exterior....Se entiende que los edificios escolares deben transformarse en edificios eficientes y eficaces, no solo por el tipo de actividad que se produce en ellos, sino porque deben convertirse en modelos para la sociedad donde se localicen (San Juan, 2014, p.17).



Area rayada= Límite no aconsejado según norma.

Figura 3.1. Nivel de CO_2 registrados en las 100 aulas analizadas.

Fuente: G. San Juan, Hoses, S., & Martini, I. (2014). Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI: Nota 5: Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares.

3.3 Ventilación natural

En relación a la ventilación natural y a la calidad del aire, especialmente alentador es el planteo de Alan Short en su libro *The Recovery of Natural Environments in Architecture: Air, Comfort and Climate* (2017) en el cual "... propone la recuperación del arte y la ciencia perdidos para realizar edificios naturalmente acondicionados" (Short, 2017, p.2)³. En él expone los audaces y viables intentos de principios del siglo XIX para incorporar sistemas de ventilación natural en grandes edificios públicos (con el objetivo de lograr espacios más saludables y evitar propagación de virus) y la posterior irrupción de los sistemas mecánicos de aire acondicionado que introducen los "ambientes artificiales". Luego de un análisis histórico, Alan Short intenta promover una vuelta a los ambientes naturales en edificios, disminuyendo al mínimo la dependencia de los sistemas mecánicos de acondicionamiento térmico, con la finalidad de crear espacios sanos, y disminuir el consumo de energía y las emisiones de CO₂. Un capítulo dedicado a los climas templados, resulta de interés dada la semejanza con el clima de la Ciudad de Buenos Aires. Señala que la combinación de temperaturas mínimas de 6°C, picos máximos de temperatura hasta 38°C y, durante las noches, temperaturas menores a 18 °C el 75% del año resulta en regiones propicias para implementar estrategias de ventilación natural, enfriamiento pasivo y consumo casi nulo de energía. Regiones propicias serían el noroeste de Europa, el sur de África y de América de Sur, gran parte de Australia y Nueva Zelanda; y, el sudoeste de China. Los edificios diseñados por Alan Short, la mayoría en Inglaterra, intentan disminuir al máximo la dependencia de los recursos energéticos a través de sistemas pasivos e híbridos de ventilación natural. Respaldados por estudios computacionales de dinámica de fluidos, la volumetría de estos edificios tiene como principal objetivo el manejo de una adecuada ventilación natural, es decir la entrada, circulación y expulsión del aire para generar niveles adecuados de confort. Entre los elementos estratégicos utilizados se destacan grandes plenos de tomas de aire, patios centrales que funcionan como distribuidores del aire que ingresa al edificio y chimeneas de expulsión de aire. *Queens, Lanchester Library* y *SSEES* son algunos ejemplos a mencionar, siendo edificios educacionales que están en funcionamiento y con un alto grado de aprobación por parte de los usuarios. Estos edificios tienen sistemas de ventilación natural constante con adecuados niveles de calidad del aire y, además, enfriamiento pasivo nocturno. Una característica común entre ellos es la alta masa térmica, utilizada por su capacidad para retener calor y frío, lo que contribuye a temperaturas radiantes estables en el interior.

Un párrafo que vale la pena destacar por su aproximación a la situación del stock de edificios existentes en Buenos Aires:

¿Qué hay del stock existente de edificios? En el mundo desarrollado, la tasa anual de sustitución de stock es baja, en partes de Asia sería financiera y ambientalmente inviable reemplazar la gran cantidad de edificios recientes. A pesar de que la resiliencia del stock existente de edificios del Reino Unido a las altas temperaturas es pobre, su capacidad para adaptar su configuración física, no tecnológica, es alta. Esto es particularmente cierto para el stock anterior a 1939 con alta masa térmica y el remanente de lo que alguna vez fue una estrategia ambiental efectiva. Estos edificios son un recurso poco reconocido. Este podría ser nuestro mayor descubrimiento (Short, 2017, p.510-511).

Buenos Aires tiene un stock ávido de reacondicionamiento, en el cual se destacan edificios de gran valor arquitectónico. Siendo necesario agilizar este reacondicionamiento energético de los edificios existentes, es un punto a favor saber que en muchas oportunidades, como sucede en algunos de los edificios escolares analizados en el presente trabajo, los edificios tienen

³ Traducción propia.

incorporados elementos a veces desaprovechados que serían de extrema utilidad a la hora de emprender trabajos de reacondicionamiento con estrategias de ventilación natural. Este proceso de re-descubrir los elementos potenciales para el ahorro en consumo de energía y reducción de emisiones de carbono es invaluable en el proceso de observación y relevamiento del comportamiento energético de los edificios. Algunos ejemplos de estos elementos son los patios centrales, que habilitan diversas estrategias de iluminación natural, ventilación natural y enfriamiento pasivo; y las ventanas bloqueadas que al habilitarlas permitirían ventilación cruzada o activarían la expulsión del aire caliente en el caso de estar ubicadas en zonas altas.

Siguiendo el tema de ventilación natural, y en relación a la expansión de estos sistemas, Martin Liddament (2009), plantea la falta de apoyo por parte de las normativas y regulaciones para introducir sistemas de ventilación natural y enfriamiento pasivo, tendiéndose a privilegiar el uso de sistemas mecánicos de refrigeración, inclusive en climas templados. En este sentido, alerta sobre la falta de atención hacia el impacto más negativo que arrastran estos sistemas, que son las emisiones de CO₂. Por otro lado, señala que “la inseguridad en el suministro de energía, combinado con una preocupación por el calentamiento global reavivó el interés en sistemas de ventilación natural y enfriamiento pasivo” (2009, p.2), generando un clima más positivo para la aceptación de estrategias pasivas de acondicionamiento. Liddament presenta los temas críticos a tener en cuenta en la implementación de los sistemas de ventilación natural, entre ellos, la **tasa mínima de renovación de aire**:

El rol principal de la ventilación es proveer de aire fresco para el metabolismo y para diluir y remover contaminantes generados por los ocupantes y sus actividades... Para lograr una adecuada calidad de aire, los espacios deben tener bajo nivel de contaminantes y el aire de la ventilación suministrada no debe ser contaminado (2006, p.116)⁴.

Luego expone el conflicto entre la ventilación natural y la calidad del aire con respecto a la optimización de la eficiencia energética: a mayor renovación de aire, mayor consumo de energía. Por otro lado, bajos niveles de renovación de aire generan problemas en la salud. Especialmente en escuelas, investigaciones demuestran la influencia positiva de una adecuada calidad del aire (Croome, 2005). Este es uno de los temas críticos en escuelas, la manera de lograr la temperatura de confort manteniendo una adecuada calidad del aire. En climas templados con disponibilidad de aberturas manuales, es sencillo de administrar abriendo y cerrando ventanas durante o entre clases. En climas muy calurosos o muy fríos donde están en funcionamiento sistemas de refrigeración o calefacción, es necesario prever el sistema de renovación de aire para controlar las ganancias o pérdidas de calor. La posibilidad de colocar en aulas dispositivos que midan la concentración de CO₂ en tiempo real, es una herramienta útil para controlar y permitir la renovación de aire cuando sea necesario, teniendo en cuenta la incorporación de medidas para evitar las excesivas pérdidas de calor en invierno o el sobrecalentamiento en verano.

⁴ Traducción propia.

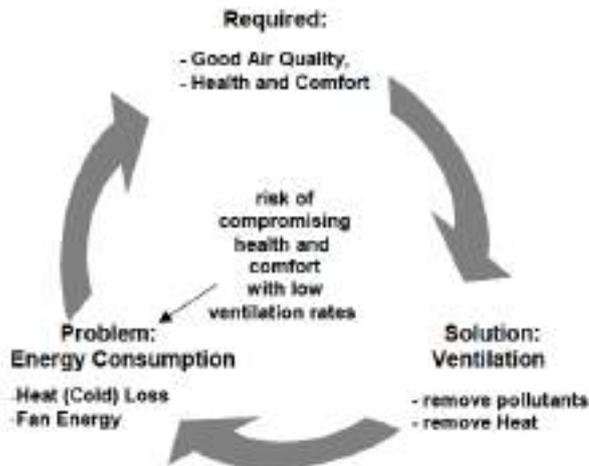


Figura 3.2. La calidad del aire en el ciclo de la energía.

Fuente Liddament, M. W. (2009). The applicability of natural ventilation-technical editorial. *International Journal of Ventilation*, 8(3), 189-199.

De acuerdo al trabajo presentado por Liddament, Axley, Heiselberg, Li, y Stathopoulos (2006), los sistemas de ventilación natural basados en aberturas en las fachadas, son aplicables a una limitada franja de climas, regiones y tipos de edificios. Estrategias de ventilación más avanzadas, como aquellas que incluyen chimeneas para estimular la flotabilidad del flujo de aire, o la integración de la ventilación natural con sistemas mecánicos, tienen el potencial de expandir el uso de la ventilación natural a diferentes regiones y tipos de edificios. Estos sistemas incluyen el acondicionamiento previo del aire utilizando laberintos subterráneos o tuberías enterradas, la inclusión de serpentinas de enfriamiento y precalentamiento, y el uso de masa térmica combinada con enfriamiento nocturno. Estos sistemas difieren de aquéllos totalmente mecánicos en el hecho de que incorporan un sistema mecánico muy simple dentro del sistema principal de ventilación natural. Generalmente los ventiladores son utilizados como soportes y de forma intermitente.

El *Carbon Trust* fue establecido por el gobierno del Reino Unido para colaborar con gobiernos, organizaciones y compañías con el objetivo de reducir las emisiones de carbono. En su reporte sobre ventilación natural (Carbon Trust, 2011), se indica que para 4 de los 6 edificios donde intervinieron para reacondicionamiento de sistemas de ventilación, la reducción de emisiones de carbono resultó entre 24 y 71% con respecto a valores de referencia de edificios con aire acondicionado. Los ahorros están asociados con la reducción del enfriamiento mecánico (*chillers*) y con los ventiladores para circular el aire dentro del edificio.

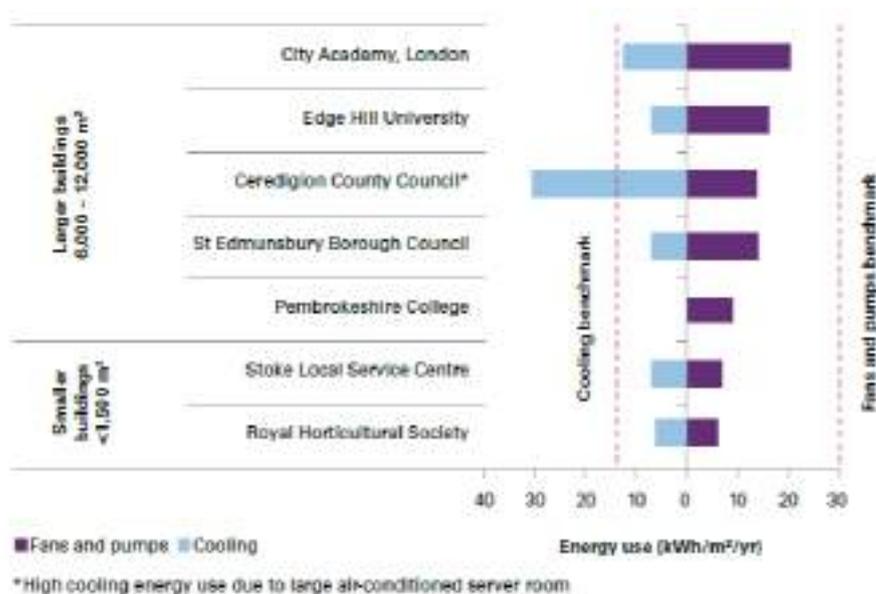


Figura 3.3. Ahorro de energía en ventiladores y refrigeración comparados con valores de referencia de aire acondicionado en edificios.

Fuente: Carbon Trust, A Natural Choice (2011)

Aunque los edificios con sistemas de ventilación natural generalmente tienen menores costos en equipos de ventilación y de refrigeración, es necesario invertir en elementos de la fachada y en los materiales de la envolvente del edificio. Elementos como parasoles colaboran con la protección solar, ventanas automatizadas facilitan la ventilación y el enfriamiento nocturno; y, las superficies expuestas de masa térmica ayudan a regular la temperatura interior. También se deben considerar la incorporación de dispositivos para la ventilación por desplazamiento, como difusores a nivel del suelo que favorecen el desplazamiento del aire caliente hacia arriba, mejorando la ventilación y el confort.

3.4 Iluminación natural

Entre las estrategias pasivas para lograr reducir el consumo de energía y emisiones de CO₂, la **iluminación natural** es fundamental y requiere de atención especial para lograr un adecuado aprovechamiento y control de ésta. Al igual que la ventilación natural, la iluminación natural tiene una fuerte injerencia tanto en el **confort ambiental** como en el **consumo energético** y por ende, en la eficiencia energética.

Un nivel adecuado de iluminación natural es esencial para el **confort** de espacios en edificios escolares. Estudios como el realizado por Monteoliva, Korzeniowski, Ison, Santillán, & Pattini (2016) señalan el impacto positivo de ésta en el desempeño atencional de los niños.

En cuanto al consumo de energía, los resultados del presente trabajo indican que, a pesar de la incorporación de luminarias LED en las escuelas, la iluminación sigue siendo el uso final de mayor consumo eléctrico. Por lo tanto, aún luego de que el consumo en electricidad se reduzca hasta un 50% debido a la transición a tecnología LED, hay un gran potencial de disminuir el consumo de electricidad a través de un uso racional de la iluminación artificial por parte de los usuarios; pero, además (y ahí es donde interviene el profesional) a través del correcto diseño arquitectónico para aprovechar y a la vez controlar el recurso de la iluminación natural.

La inclusión de la iluminación natural en el diseño arquitectónico de escuelas debería ser un tema analizado desde el comienzo, considerando la ubicación geográfica del edificio, el clima,

la disponibilidad de cielo claro y las orientaciones posibles para cada espacio de acuerdo a los requerimientos. Las aulas son los espacios más comprometidos, donde la presencia de malestares visuales debido a deslumbramiento o radiación directa llevan a desplegar las cortinas, lo que provoca el oscurecimiento y, en consecuencia, el encendido inmediato de las luminarias, que significa consumo de energía. Este es uno de los temas más críticos detectado en el relevamiento de las escuelas del presente estudio. Por un lado, construir en la ciudad da pocas oportunidades de manejar las orientaciones y evitar el sol del oeste, y, por el otro, se detecta una ausencia llamativa de elementos de protección solar. Ofrecer la solución perfecta no siempre es viable, pero sí es posible plantear sistemas de protección solar en aberturas para, principalmente, proteger de la radiación directa en aulas y evitar sobrecalentamiento en verano. Y al mismo tiempo, que el sistema ofrezca un control y re-direccionamiento de la iluminación para alcanzar niveles de iluminancia más parejos en aulas, evitando deslumbramiento en las zonas próximas a las ventanas y a la vez, elevando los niveles de iluminancia en las zonas más alejadas. Una adecuada protección solar, que evita situaciones de deslumbramiento y sobrecalentamiento, favorece el uso de ventilación natural para refrescar ambientes y disminuir el uso de aire acondicionado, que es el uso final que mayor aumento mostró en los últimos años. Los edificios escolares tradicionalmente no poseían equipos de aire acondicionado, pero en los últimos años comenzaron a incorporarse en aulas. Por otro lado, en invierno, un aprovechamiento estratégico de la radiación solar puede disminuir la necesidad de calefacción. Poder aprovechar este recurso manteniendo el confort interior es una tarea que requiere un análisis más profundo que el convencional pero que puede resultar muy beneficioso. Discriminar áreas, diferenciar entre las necesidades visuales en aulas o en halls y espacios de circulación, es abrir el espectro de posibilidades para lograr espacios más confortables y disminuir el consumo de energía.

El consumo de electricidad correspondiente a la iluminación artificial descendió en los últimos años debido a la transición a tecnología LED. Los ahorros son evidentes y rondan un 50% en el uso final de iluminación. Por esta razón, podría existir una propensión a la falta de interés en lograr espacios con adecuada iluminación natural. Esto se acentúa en ciudades como Buenos Aires con una trama compacta donde por lo general las plantas son profundas, con aberturas solo en una cara, y, con dificultad para elegir la orientación de las aulas. Es muy difícil lograr buenos niveles de iluminancia en las áreas más alejadas de las ventanas en aulas tradicionales. La iluminación natural puede ayudar y cubrir un porcentaje de las necesidades, pero seguramente será necesario utilizar la iluminación artificial. En este punto es donde la sutileza del diseño, el planteo de los circuitos de las luminarias, los dispositivos de control automatizados, los elementos de control de radiación solar directa y de re-direccionamiento de la iluminación juegan un rol decisivo.

La experiencia en arquitectura y las numerosas investigaciones muestran que el logro de una adecuada iluminación natural en escuelas es difícil de lograr y se requiere para ello un profundo estudio que incluya parámetros relacionados al espacio y a la región bioclimática donde se ubique la escuela. Las aulas son los espacios más comprometidos, donde se requieren valores mínimos de iluminancia de 500 lux (IRAM AADL, 1996a), (IRAM AADL, 1996b) y (Ministerio de Educación, 1998) y a su vez, donde se deben evitar molestias por deslumbramiento. Otros espacios como halls y áreas comunes de circulación o comedor, son más flexibles, la iluminancia requerida es menor, de 200 lux y tienen menos requisitos, lo cual marca la posibilidad de intervenir en espacios no tan conflictivos.

Con el objetivo de brindar una herramienta de diseño, Gabriela Casabianca propone un procedimiento de pre-dimensionado de superficies de aberturas para optimizar la iluminación natural en edificios escolares a partir de variables subjetivas relacionadas al confort visual y a las condiciones de disponibilidad de luz natural (Casabianca, 2013).

Considerando el potencial de mejoras de iluminación natural en edificios existentes, es posible intervenir de diferentes maneras para mejorar uno o varios aspectos: desde el agregado de cortinas interiores, parasoles exteriores, estantes de luz o cambio de colores en superficies interiores o exteriores. Es frecuente encontrar parasoles que no funcionan de manera adecuada a pesar de la importancia volumétrica que tienen en la fachada. Al respecto, Pattini, Villalba, Córca, Ferrón y Del Rosso (2009) presentan como caso de estudio el edificio de docencia de la Facultad de Arte y Diseño de Mendoza que cuenta con elementos de protección solar pero que no funcionan adecuadamente. Como consecuencia de las molestias generadas por el deslumbramiento y la radiación solar directa, las aulas se oscurecen con cortinas y se encienden las luminarias. Paradójicamente, el recurso de luz solar es muy alto y el problema reside en la falta de control. El trabajo propone como solución un sistema de control y redirección de la luz solar a partir de los parasoles existentes, tomando en cuenta el tipo de cielo, la disponibilidad de iluminancias, la localización geográfica y la orientación de aberturas. Y afirma que:

Cuando se plantea el uso de la luz natural en su función de iluminar un espacio interior, deben comprenderse adecuadamente los siguientes puntos:

- Que el clima luminoso y la orientación de las superficies vidriadas de la envolvente determinan las estrategias de control y redirección de la luz natural.
- Que solo cuando las envolventes edilicias responden a un modelo de control y uso de la luz solar basada en el clima, pueden programarse ahorros de energía eléctrica por uso de luz natural (Pattini, 2009).

Por medio del trazado de rayos críticos de penetración de radiación solar directa según la geometría solar y luego el estudio de la maqueta virtual con el software Radiance, se llegó a una propuesta donde los valores promedio de iluminancia en aulas superan los 300 lux y no hay molestias por deslumbramiento.

En otro trabajo, Monteoliva y Pattini (2013) presentan, a través de simulaciones y métricas de iluminación natural y consumo eléctrico, un estudio de escuelas de Mendoza, donde se verifica que aulas que incluyen diseño bioclimático aumentan la autonomía de la iluminación natural en un 15% en relación a aulas tradicionales. El acondicionamiento bioclimático analizado incluye aventanamiento unilateral, con orientación norte, y cenital. Otro análisis comparativo interesante realizado en este estudio es entre el control manual y el control por fotosensor y dimerizado de la iluminación artificial. Se verifican ahorros a partir del 30% por utilización de fotosensor y dimerizado, en remplazo de sistemas manuales. El potencial de ahorro está relacionado a la geometría de los espacios, aberturas y región geográfica.

La iluminación natural tiene un gran potencial para contribuir al confort y a la eficiencia energética en escuelas, pero como se menciona en los párrafos anteriores, es necesario dedicar una especial atención al tema.

3.5 Valores de referencia para consumos energéticos en escuelas de Europa y USA

Estimar valores de referencia de consumos de energía para escuelas incluye diversos factores. Entre ellos, la zona bioclimática es uno de las más importantes. Cada zona tiene limitantes y a su vez potenciales recursos para lograr hábitats adecuados para el ser humano. Los usos finales como refrigeración, calefacción, agua caliente e iluminación tienen un impacto diferente en el consumo total de energía de acuerdo a la zona que se analice.

Al respecto, es útil hacer referencia a un estudio realizado por la *International Energy Agency* sobre el comportamiento energético de edificios educacionales y las oportunidades de mejora en eficiencia energética para renovaciones edilicias (IEA, 2007). Los países participantes fueron Finlandia, Francia, Dinamarca, Alemania, Grecia, Italia, Noruega, Polonia, Reino Unido y Estados Unidos de América. Se seleccionaron 25 casos de estudio (17 escuelas, 7 universidades y 1 un centro maternal) para realizar trabajos de renovación incluyendo mejoras en la eficiencia energética. Es de destacar que los climas entre los diferentes países no son comparables, que la energía para calefacción es muy disímil entre uno y otro edificio y, a su vez, entre países, y que la energía eléctrica consumida para iluminación, equipamiento y refrigeración varía sustancialmente entre los diferentes países.

Para el estudio, se registraron valores de consumos de energía previos a renovaciones en los edificios. El valor más elevado para energía eléctrica se da en Noruega, donde la generación de energía hidroeléctrica es utilizada para la calefacción. Por otro lado, el porcentaje de edificios con refrigeración varía de 1% en Italia a 50% en Finlandia y USA. De acuerdo a la Figura 3.4, en la mayor parte de las escuelas, el consumo eléctrico varía entre 20 y 30 kWh/m² anual, con excepción de Italia (9 kWh/m² anual), Grecia (15 kWh/m² anual), USA (70 kWh/m²) y Noruega (176 kWh/m² anual).

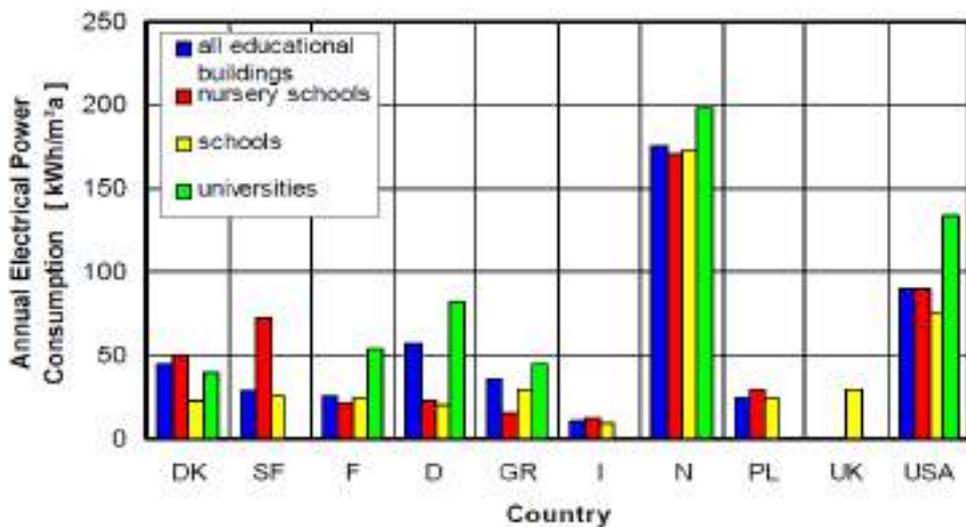


Figura 3.4. Consumo eléctrico promedio para todos los edificios y países (iluminación, equipamiento y refrigeración).

Fuente: IEA (2007), Technical Synthesis Report Annex 36, Retrofitting in Educational Buildings - Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures

Tabla 3.1. Consumo eléctrico: valor promedio y rango para todos los edificios y países. Fuente: IEA (2007), Technical Synthesis Report Annex 36, Retrofitting in Educational Buildings - Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures

Data			Unit	Country									
				DK	SF	F	D	GR	I	N	PL	UK	USA
Electrical Power Consumption	all educational buildings	average	kWh/m ² month	45	29	26	57	36	10	176	25		90
		range	kWh/m ² month	15-90			2-273	10-55	10-11	73-382	2-50		
	nursery schools	average	kWh/m ² month	50	72	21	22	15	13	170	30		90
		range	kWh/m ² month	35-90	3-90		6-46	10-20	12-13		8-50		
	schools	average	kWh/m ² month	30	27	25	20	30	9	172	24	30	76
		range	kWh/m ² month	15-45	12-63		6-46	15-35	9-10	76-344	2-35	15-105	
	universities	average	kWh/m ² month	40		54	82	45		198			134
		range	kWh/m ² month	20-45			2-271	30-55		78-320			

En relación a la calefacción, el consumo de energía varía entre 45 y 220 kWh/m² anual, sin especificar el recurso energético utilizado (Figura 3.5).

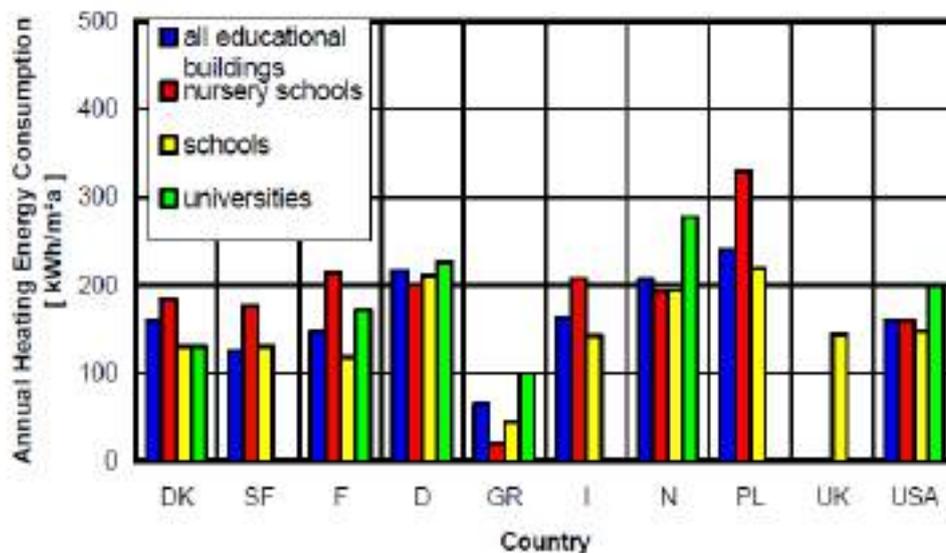


Figura 3.5. Consumo de energía promedio para calefacción para todos los edificios y países. Fuente: IEA (2007), Technical Synthesis Report Annex 36, Retrofitting in Educational Buildings - Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures

3.6 Conclusiones

El objetivo de este capítulo fue plantear un enfoque bioclimático en el proceso de mejorar la eficiencia energética de los edificios escolares. Dadas las condiciones climáticas de la Ciudad de Buenos Aires es posible aspirar a mantener y mejorar entornos naturales en espacios de aprendizaje, y lograr, al mismo tiempo, mejoras sustanciales en eficiencia energética.

Condiciones adecuadas de ventilación natural e iluminación natural son extremadamente beneficiosas en edificios escolares y son posibles de alcanzar en la mayoría de los edificios existentes mejorando elementos del diseño pasivo.

Por otro lado, se presentaron valores de referencia de consumos de energía de escuelas europeas y de USA previos a reformas efectuadas para mejorar la eficiencia energética de estos edificios. El estudio muestra las diferencias entre los diferentes países y la amplitud de valores inclusive dentro de un mismo país.

Gran cantidad de edificios escolares de la ciudad de Buenos Aires fueron diseñados para funcionar de manera natural, en relación a la iluminación y ventilación. Es necesario rescatar y potenciar los elementos que posibiliten un funcionamiento bioclimático de estos edificios, disminuyendo la dependencia de instalaciones energéticas y de esta manera, disminuyendo los consumos de energía, al mismo tiempo que mejorando las condiciones de confort interior.

4 Metodología para el análisis de casos de estudio

4.1 Introducción

Este capítulo presenta la metodología para el análisis de 10 casos de estudio comenzando con el relevamiento de los datos necesarios para el análisis tales como: consumos históricos, equipamiento e instalaciones energéticas y observaciones de la arquitectura y modo de uso del edificio. Le siguen las etapas de procesamiento de datos, de diagnóstico y determinación de conflictos más relevantes, para concluir con la identificación de potenciales ahorros a alcanzar y la selección de estrategias de eficiencia energética.

4.2 Selección de la muestra de edificios escolares a evaluar

El cometido inicial del trabajo encarado fue armar una muestra con casos de estudio de escuelas de la Ciudad de Buenos Aires y sus alrededores que cumplieran con el requisito de disponer de facturas de consumos de electricidad y gas de los últimos años y la posibilidad de acceder a los edificios para realizar relevamientos. La muestra final incluyó a 10 escuelas privadas con acceso al historial de sus consumos energéticos y con la colaboración de sus autoridades, quienes estaban interesadas en entender el comportamiento energético del edificio e identificar estrategias para reducir el consumo de energía de los mismos.

Las escuelas relevadas se caracterizan por su variedad tanto en el aspecto edilicio como en la infraestructura energética, presentando diversas características. Entre ellas, las escuelas albergan uno o dos niveles tales como secundario, primario y en algunos casos también jardín de infantes. La mayor parte están implantadas en la cuadrícula densa y compacta de la ciudad mientras que otras, en espacios más abiertos. Con respecto a los edificios, algunos poseen espacios más amplios y otros, más pequeños para la misma cantidad de alumnos, algunos poseen cocinas y otros, no. Con relación a la infraestructura energética, algunos poseen refrigeración en todos los espacios y otros solo en aulas especiales y oficinas administrativas; algunos poseen más equipamiento electrónico, como computadoras, y otros menos. La diversidad es alta, pero el trabajo demuestra que, a pesar de ello, es posible lograr identificar conflictos comunes y a partir de allí, plantear soluciones de tal manera que puedan beneficiar al conjunto.

Con los datos generales de las escuelas se armaron las primeras planillas que contienen información tal como ubicación, morfología, orientaciones principales del edificio, superficie, cantidad de alumnos, calendario anual, horarios de actividades escolares, extracurriculares y de limpieza.

Es oportuno mencionar el infructuoso intento por incluir escuelas públicas en la muestra, que lamentablemente resultó en la ausencia de éstas, debido a la dificultad para acceder a la información de sus consumos energéticos. Dicho esto, es claro también que un relevamiento del comportamiento energético de escuelas públicas constituiría un aporte importante al conocimiento del comportamiento energético de los edificios escolares con un costo muy bajo, dada la repetición de tipologías y la posibilidad de identificar grupos uniformes; permitiendo además la reducción de su consumo energético en beneficio de las arcas fiscales tanto a nivel municipal, como provincial y nacional.

4.3 Obtención de facturas de electricidad y gas y procesamiento de datos de consumo

Volviendo a la muestra seleccionada y para comenzar con el análisis, se solicitaron a las autoridades de las escuelas la mayor cantidad de facturas disponibles. Fue llamativo observar que no todas tenían las facturas a mano y clasificadas. El hecho de no tener un acceso fácil y dinámico a los consumos de energía muestra que hasta el momento, sus consumos de energía no eran un tema considerado importante para las autoridades de las escuelas. Fue posible conseguir información para un período de 1 a 4 años dependiendo de cada escuela.

Con las facturas disponibles se realizaron, para cada colegio, tablas con los consumos mensuales o con el período indicado en la factura. En el caso de la electricidad, los consumos están presentados mensualmente, mientras que para el gas natural de red, las facturas a veces muestran consumos bimestrales o por períodos más largos. Con respecto a la electricidad, se realizaron gráficos de consumos de energía (kWh) y de potencia registrada (kW). Y con respecto al gas, gráficos de consumos (m³). A primera vista los gráficos ya brindan información útil, señalando meses de mayor y menor consumo. También los cambios abruptos de las tendencias de consumo indican un acontecimiento clave, como cambios de tecnología o en el uso del equipamiento.

Para el análisis comparativo del desempeño energético de los 10 edificios se tomó un período de un año en el cual todos tenían la información de los consumos energéticos. Este período quedó definido abarcando de junio de 2016 a mayo de 2017 inclusive. En el capítulo 6, se presentó la información comparada de las 10 escuelas para dicho período.

Para cada escuela se efectuó el análisis del período completo de facturas recibidas, más allá del tiempo seleccionado para el análisis comparativo. En el caso de la ausencia de alguna factura, se optó por dejar la información en blanco, sin agregar valores estimados.

4.4 Relevamiento del equipamiento energético y del modo de uso del edificio

Mientras se procesaban los datos de las facturas, se realizaron visitas a los edificios para observar la arquitectura y relevar el equipamiento y las instalaciones energéticas. También se concretaron conversaciones con el personal de mantenimiento y administrativo para obtener datos generales del edificio, forma de uso y observaciones que pudieran considerar importantes.

Durante algunos recorridos por las escuelas, se pudo percibir el interés de directores y docentes por incorporar los contenidos del presente trabajo en actividades participativas con los alumnos. La eficiencia energética surge como un tema desconocido pero, a la vez, genera curiosidad y ganas de aprender y colaborar en la cuestión. Un aspecto positivo de trabajar con escuelas es la respuesta interesada por aprender y participar, ávida de agregar conocimiento y de influir en la optimización de los recursos que disponen.

En relación al equipamiento e instalaciones eléctricas relevados, éstos se agruparon por **usos finales** con la información de la potencia correspondiente según:

- Iluminación: lámparas.
- Refrigeración: equipos de refrigeración.
- Calefacción: equipos de calefacción.
- Cocina: equipamiento como heladeras, *freezers*, mesadas para servir comida fría o caliente, campana de extracción de humos entre otros.

- Sala de máquinas: bombas de tanques, pluviales, de calderas, de extracción de agua de napa y ascensores.
- Equipamiento escolar y administrativo: computadoras de escritorio y portátiles, *servers*, *routers*, parlantes, impresoras, fotocopiadoras. También, *dispensers* de agua fría y caliente, cafeteras, pavas eléctricas, entre otros.

En relación al relevamiento del equipamiento e instalaciones a gas se distinguieron los siguientes **usos finales**:

- Calefacción: sistema central con caldera de agua con radiadores o piso radiante, sistema con equipos individuales.
- Agua caliente: termotanques.
- Cocina: cocinas, hornallas, hornos, plancha, entre otros.
- Otros: por ejemplo portería para habitación del encargado de la escuela.

En los recorridos se observaron los sistemas de ventilación natural, iluminación natural y protección solar. Se relevaron el tipo de carpinterías, los sistemas de aberturas y la existencia o no de elementos de control solar exterior o interior.

4.5 Estimación de la participación por usos finales en el consumo de energía

Una vez procesados los datos de consumos históricos y obtenida la información del equipamiento, se evaluó la participación de cada uso final en el consumo anual de electricidad y gas. El primer paso para lograr esto fue equiparar el consumo anual obtenido a partir de las facturas con el consumo anual obtenido a partir del cálculo del relevamiento de equipamiento.

La planilla de usos finales de electricidad se completó con la información de cantidad de horas de uso diario para cada ítem, de acuerdo a la información obtenida en conversaciones con el personal de la escuela. Con los datos de potencia y cantidad de horas de uso se obtuvo el consumo diario tipo para cada uso final para los 3 períodos diferenciados del año: verano, invierno y épocas sin acondicionamiento térmico. A partir de allí, se obtuvo el consumo mensual (consumo mensual= consumo diario x 22 días hábiles).

A continuación se comparó el consumo mensual representativo de cada período con el valor del consumo que aparece en la factura de un mes correspondiente al mismo período climático. Luego, en base a los valores aproximados, se determinó el consumo anual y la verificación de la semejanza con el consumo anual obtenido a partir de la sumatoria de consumos de las facturas de servicios para el período de un año seleccionado. Para este cálculo se consideraron 5,5 meses de media estación, 3 meses de invierno y 2,5 meses de verano teniendo en cuenta períodos de vacaciones. En la mayor parte de las escuelas se logró el objetivo de aproximar los valores del cálculo (a partir del equipamiento) con los valores de facturas, solo en dos escuelas no pudo alcanzarse el valor de consumo de la factura, conflicto que señala la existencia de consumos no detectados en el relevamiento o en la información aportada por la escuela.

Es muy importante **trabajar con datos de consumos históricos** y no solamente con la información del equipamiento existente y estimaciones de su tiempo de uso. El único dato certero es el consumo indicado en la factura. El cálculo a partir del equipamiento relevado es solo una estimación. La información de los consumos y potencia registrada de las facturas contribuye en esta estimación y es una guía para llegar a discriminar con menor grado de error la participación de cada uso final en el consumo anual de energía.

Dicho lo anterior, en este proceso algunos datos de potencia del equipamiento no se logran identificar, para lo cual se remite a informaciones estándar de equipamiento similar. También sucede que a pesar de recorrer la escuela y recibir información del personal de mantenimiento, a éste se le pueda pasar por alto informar de algún equipamiento que no esté a la vista. Las escuelas tienen periodos de obra que pueden implicar mayores consumos de electricidad, y cuando son obras pasadas no siempre se recuerda luego si el período de obra se extendió dentro del ciclo lectivo o si se utilizaron maquinarias de alto consumo.

Estas situaciones, difíciles de relevar con certeza, no impiden realizar estimaciones. No obstante ello, se debe tener en cuenta, la importancia de mantener un registro del equipamiento interno y de las situaciones puntuales de intervención en la escuela para facilitar futuros análisis y estudios de los consumos energéticos de las mismas. Por esto, los consumos históricos son una herramienta clave en el análisis del comportamiento energético del edificio con la posibilidad de otorgar información sobre el consumo de un año con la variedad de estaciones climáticas incluidas.

4.6 Análisis particular de cada caso de estudio

Antes del diagnóstico general, se efectuó la presentación individual de cada caso de estudio según las consideraciones que se enumeran a continuación:

- Tabla con características generales de la institución.
- Tabla con características técnicas y de diseño pasivo del edificio, relacionadas al desempeño energético. Incluyendo la evaluación del impacto del comportamiento del usuario sobre cada una de éstas.
- Gráficos de consumo de electricidad (kWh) y potencia adquirida (kW) por mes y gráficos de consumo de gas (m^3) por mes.
- Gráficos de participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual y según período climático. Gráficos de participación porcentual por uso final en el consumo de gas.
- Observaciones principales sobre el desempeño energético del edificio.
- Tabla de potencialidades de mejora en el desempeño energético y de confort según 3 aspectos: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario.
- Elementos positivos de la arquitectura existente para rescatar y potenciar.

4.7 Diagnóstico general del desempeño energético de los edificios relevados

A partir del procesamiento de los datos relevados y del análisis en particular de cada caso de estudio, se efectuó el diagnóstico general, de los 10 edificios, relativo a los conflictos hallados en el desempeño energético y a los potenciales ahorros de energía.

El primer paso fue presentar los indicadores obtenidos de consumos de energía total (kWh/m^2 anual), de electricidad (kWh/m^2 anual) y de gas (m^3/m^2 anual).

El análisis de los conflictos más relevantes observados está planteado de tal manera que pueda abordarse desde varios puntos de vista, tales como:

- Usos finales: Calefacción, iluminación, refrigeración, equipamiento de cocina, equipamiento escolar y administrativo.
- Aspectos intervinientes: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo, comportamiento del usuario.

Por otro lado, se presentan mejoras en el desempeño energético detectadas a través de los consumos históricos, como ser reducciones en consumo debidas a modificación de comportamiento por parte del usuario o cambios en tecnología.

4.8 Potenciales ahorros y estrategias de eficiencia energética

A partir de todos los datos evaluados, se realiza un análisis de potenciales ahorros y estrategias de eficiencia energética. Dicha información se sistematiza en una tabla que identifica estrategias de eficiencia energética de acuerdo al tipo de energía, al uso final, al potencial de ahorro para el uso final, al potencial de ahorro para el consumo total de energía y a la inversión que demanda. El potencial de ahorro y la inversión están evaluados de acuerdo a rangos de valoración (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) que permiten identificar las estrategias de acuerdo a las necesidades de la escuela teniendo en cuenta las posibilidades de inversión. Una inversión baja para un potencial de ahorro alto es claramente una estrategia posible y simple de aplicar para una escuela, mientras que las estrategias que demandan valores de inversión altos, deben esperar a una situación de disponibilidad de recursos para poder ejecutarla.

Por último, a partir de la muestra relevada y la aplicación de posibles ahorros, se calculan valores de referencia alcanzables para edificios escolares de la Ciudad de Buenos Aires y alrededores.

4.9 Síntesis del procedimiento para aplicar en una escuela

El método utilizado se puede simplificar para ser utilizado en cualquier escuela y consta de una primera etapa de obtención de datos de consumos energéticos históricos, de relevamiento del equipamiento e instalaciones energéticas y de observación de la arquitectura y modo de uso del edificio. Una segunda etapa se focaliza en el procesamiento de todos los datos recopilados para tener una clara visualización y poder analizar la información. Una tercera etapa incluye un diagnóstico con la evaluación del desempeño energético del edificio y los conflictos más relevantes identificados. La última etapa recoge los resultados del análisis anterior para evaluar los potenciales ahorros en consumos de energía y seleccionar estrategias de eficiencia energética.

Esta metodología (Figura 4.1) se propone como herramienta para que las escuelas puedan entender el desempeño energético de sus edificios y, a la vez, las guíe en la toma de decisiones hacia una mejora en la eficiencia energética de sus establecimientos educativos. Se considera que, con una planilla base, parte de este procedimiento podría realizarse directamente por el personal de la escuela, necesitando limitada intervención de parte de profesionales entendidos en los temas más específicos de arquitectura e instalaciones técnicas.

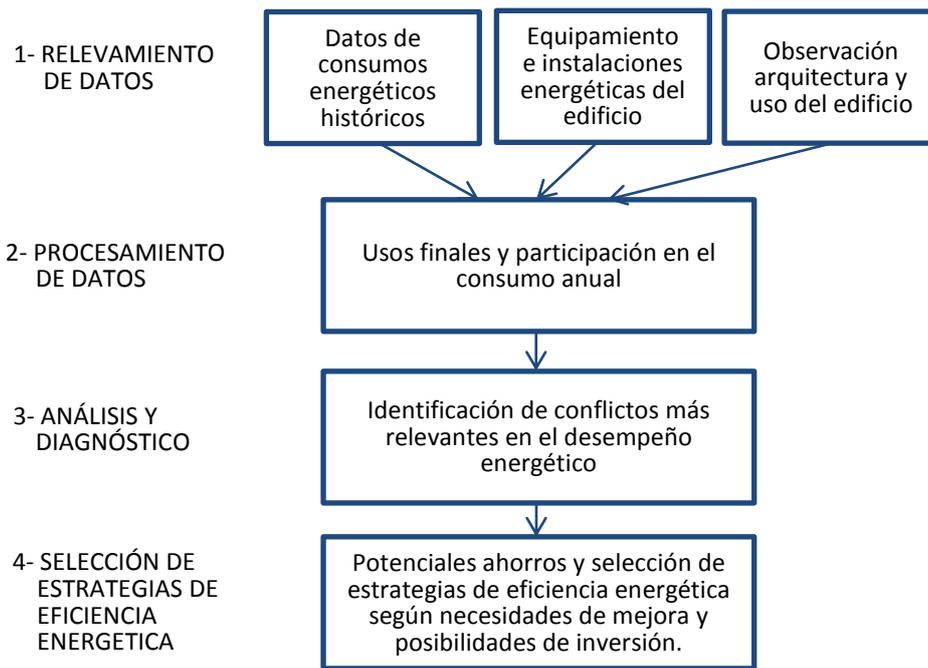


Figura 4.1. Esquema modelo de un procedimiento de estudio aplicable a cualquier escuela.

Para el tratamiento de los puntos 3 y 4, este procedimiento incluye un abordaje al tema desde varios ángulos analizando las relaciones entre sí y los impactos que unos generan sobre otros. Los elementos principales involucrados son: usos finales (incluye calefacción, iluminación, refrigeración, equipamiento de cocina, sala de máquinas y equipamiento escolar y administrativo), equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario. La tabla final que resume potenciales ahorros y estrategias incluye también otro aspecto, que es la inversión demandada a la escuela para realizar una determinada estrategia. Con esta incorporación, la tabla permite seleccionar estrategias de acuerdo a las necesidades de mejora en el desempeño energético y a las posibilidades de inversión (Figura 4.2).



Figura 4.2. Diferentes puntos de abordaje al tema.

4.10 Conclusiones

La metodología propuesta en el presente estudio resultó útil para lograr identificar consumos de energía en las escuelas, como también para identificar problemas generalizados en el desempeño energético y poder establecer una serie de estrategias de eficiencia energética para disminuir el consumo de energía.

A partir de la distinción entre los diferentes usos finales y la cuantificación de su participación en el consumo total de energía de una escuela, es posible identificar el impacto de un uso final o de un ítem dentro del uso final en el consumo total de la escuela y valorar el potencial de ahorro que generaría implementar una medida de eficiencia energética acorde.

La metodología de análisis fue tomando forma a medida que el estudio avanzó en las diferentes etapas. El procedimiento tiene un cierto alcance en el presente trabajo pero es factible de extenderse e incluir otros elementos de análisis. La posibilidad de incorporar instrumentos de medición de consumos individuales sería muy enriquecedora, tanto para el análisis en sí mismo, como por la posibilidad de incluir a los estudiantes en el proceso y ampliar el plan de estudios incluyendo temas de eficiencia energética y confort. La posibilidad de medir consumos de electricidad, niveles de iluminancia en aulas y temperatura, humedad y CO₂ a diario sería una herramienta muy útil tanto para el personal de mantenimiento como para alumnos y docentes.

5 Casos de estudio en la Ciudad de Buenos Aires y zona norte GBA

5.1 Introducción

Este capítulo presenta el análisis de cada caso de estudio con la siguiente información:

- Características generales de la institución.
- Características técnicas y de diseño pasivo del edificio, relacionadas al desempeño energético, incluyendo la evaluación del impacto del comportamiento del usuario sobre cada una de éstas.
- Consumo de electricidad (kWh) y potencia adquirida (kW) por mes y consumo de gas (m³) por mes.
- Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual y según período climático. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas.
- Observaciones principales sobre el desempeño energético del edificio.
- Potencialidades de mejora en el desempeño energético y de confort según 3 aspectos: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario.
- Elementos positivos de la arquitectura existente para rescatar y potenciar.

5.2 Consideraciones a tener en cuenta para los casos de estudio

Antes de presentar los casos de estudio, es necesario aclarar los siguientes puntos:

- La selección de las escuelas que se presentan en este trabajo está fundamentada en la aceptación de las autoridades de la escuela de que ésta participara como caso de estudio, a la posibilidad de acceso a la información de facturas de electricidad y gas por un período de 1 a 4 años y a la posibilidad acceder al edificio de la escuela para el relevamiento del equipamiento energético y observación de la arquitectura.
- El período evaluado en el capítulo N°6 para la comparativa entre todos los casos de estudio es de un año, de junio de 2016 a mayo de 2017. La razón para esta selección es la disponibilidad de facturas de servicios de electricidad y gas de todas las escuelas para ese determinado período. Adicionalmente, para cada caso de estudio, en el presente capítulo se analiza el total del período abarcado por las facturas de servicios recibidas.
- Es importante mencionar que a finales de 2017, al momento de solicitar la participación de las escuelas en este trabajo, ya se percibía el interés de las autoridades de las escuelas por disminuir costos relacionados a servicios energéticos. Esto se acentúa en el corriente año 2018, en el cual aparecen medidas internas para el cuidado y disminución de los consumos de electricidad y gas, como por ejemplo apagar las luminarias y equipos *split* cuando no hay alumnos en aulas, o aplicar controles al uso de la caldera para calefacción, como reducción de horarios o prestar mayor atención a la temperatura exterior.
- Aclarados los dos puntos anteriores, se entiende que la evaluación de la conducta del usuario en el presente capítulo se refiere al periodo seleccionado, lapso en que el cuidado de la energía no era una prioridad en la mayoría de los casos de estudio.
- En cuanto a la discriminación del consumo de energía por usos finales, la adjudicación de tiempo de uso y consumo de energía por hora son estimativos de acuerdo a la información relevada en las escuelas a partir de las características del equipamiento y de la conducta de los usuarios desde el entendimiento del personal administrativo y encargado de mantenimiento. Por lo tanto, el porcentaje de participación anual por uso final es estimativo.
- Las planillas de los anexos indican el consumo de electricidad y gas a partir de la información de las facturas de servicios. A través de las planillas de equipamiento se intenta

llegar a los mismos valores sin modificar la información recibida ni especular con variaciones en usos. Es por esto que hay casos donde la brecha entre la información de las facturas y los cálculos a partir del relevamiento es mínima y otros donde es mayor, no llegando a identificar algunos consumos. Esta situación indica la importancia de analizar los consumos históricos y no basarse exclusivamente en los cálculos estimativos a partir del equipamiento y tiempo de uso. El único dato certero, es el consumo en la factura del servicio, indispensable para estudiar el comportamiento energético del edificio para el período de un año.

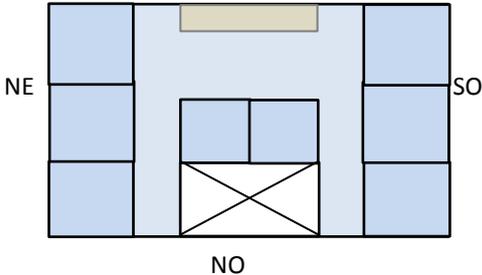
- Otro elemento a tener en cuenta es la ausencia de dispositivos de medición permanentes en las escuelas, como termostatos interiores, monitores para controlar la calidad del aire y concentración de dióxido de carbono en aulas, o luxómetros para medir los niveles de iluminancia. Este trabajo no incluye mediciones de campo. Sin embargo, la posibilidad de disponer de dispositivos de medición sería de muchísima utilidad para controlar tanto consumos energéticos como los niveles de confort interiores. El presente estudio solo presenta observaciones a partir de las visitas de escuelas.
- A pesar de que las escuelas interrumpen sus actividades en enero, por lo general durante los veranos se realiza obra, desde trabajos de mantenimiento como pintura hasta extensiones. Por lo tanto, es razonable ver que el consumo eléctrico no disminuya en forma proporcional a la ocupación del edificio.
- Para cada caso de estudio, se presenta una tabla con las características de las instalaciones técnicas y del diseño pasivo, ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto éste genera al actuar. El rango de valoración para el comportamiento del usuario es: positivo, neutro o negativo.
- Para analizar los consumos eléctricos se clasifica el equipamiento energético de acuerdo a los siguientes usos finales: Iluminación, refrigeración, calefacción, cocina, sala de máquinas y equipamiento escolar y administrativo. Para los consumos de gas, los usos finales son: calefacción, agua caliente, cocina y en algún caso, la portería para habitación del encargado del edificio.
- Para cada caso de estudio, una tabla muestra el actual desempeño energético del edificio por cada uso final y el correspondiente potencial ahorro en consumo de energía en relación a los tres aspectos evaluados: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario. La manera de evaluar el ahorro es cualitativa, ponderando el mismo según el rango estimado de contribución al mismo: bajo, medio y alto. Otra tabla indica el desempeño energético del edificio en relación al diseño pasivo y el correspondiente potencial de ahorro a partir de mejoras en el diseño pasivo.

5.3 Caso de Estudio 1

5.3.1 Datos generales

Las características generales de la escuela N°1 se presentan a continuación (Tabla 5.1):

Tabla 5.1. Escuela N°1. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°1			
	Ubicación	Palermo, Ciudad Autónoma de Buenos Aires			
	Niveles académicos	Primaria Jardín de Infantes			
Características funcionales	Matrícula	230 alumnos en Primaria y 100 en Jardín de Infantes			
	Cant. alumnos/ aula	23 alumnos por aula			
	Horario escolar	8 a 17 hs			
	Horario actividades extracurriculares	17 a 19 hs			
	Horario de limpieza	20 hs a 5 hs del día siguiente. 5 personas.			
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Vacaciones invierno	Vacaciones septiembre
		2015	24/2 al 15/12	20/7 al 31/7	7/9 al 10/9
2016		22/2 al 15/12	18/7 al 29/7	3/10 al 7/10	
2017		23/2 al 15/12	17/7 al 28/7	18/9 al 22/9	
Características edilicias	Año de construcción	1960			
	Morfología	Edificio compacto entre medianeras, 17 m frente x 27 m de profundidad. Patio interno lateral de 11 x 5,5 m. Planta tipo: 3 aulas al frente, 3 aulas al contrafrente y dos aulas al patio interno.			
					
	Orientaciones	Frente: NE. Contrafrente: SO. Patio interno: NO.			
	Niveles	PB y 3 pisos.			
	Espacios	-SUM y oficinas administrativas en PB. -Aulas de jardín de infantes en primer piso. -10 aulas de primaria, 4 aulas especiales y oficinas de direcciones en pisos 2° y 3° pisos.			
	Sup. total	1600 m ²			
	Sup. promedio de aula	30 m ²			

5.3.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (Tabla 5.2) y del diseño pasivo (Tabla 5.3), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

Tabla 5.2. Escuela N°1. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Instalaciones técnicas	Calefacción	Sistema central con caldera de agua caliente (90.000 kcal/h) y radiadores. Encendido manual. Temp. del agua: 75°C. Caldera encendida de lunes a viernes en temporada de frío. 3 caloventores portátiles y 4 equipos <i>split</i> en espacios sin calefacción central.	La caldera se mantiene encendida en forma continua de lunes a viernes sin apagarse de noche.	NEGATIVO
	Agua caliente	5 termotanques eléctricos de 20 y 30 litros en sanitarios.	-	-
	Iluminación	Luminarias LED en aulas y SUM desde 2016 y luminarias fluorescentes en circulaciones y oficinas.	Luminarias encendidas de manera continua hasta finalizar horario limpieza.	NEGATIVO
	Refrigeración	Equipos <i>split</i> en aulas, oficinas y SUM. 18 de 29 equipos poseen tecnología inverter y etiquetado clase A. Ventiladores en todos los espacios.	Equipos encendidos de manera continua hasta finalizar horario de clases.	NEGATIVO
	Sala de máquinas	2 bombas elevadoras de agua y una bomba de caldera.	-	-
	Ascensor	-	-	-
	Equipamiento de cocina	Ausencia de cocina. Solo hay una pequeña sala para maestros con heladera y microondas.	-	-
	Equipamiento escolar y administrativo	Computadoras de escritorio en oficinas y portátiles en aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos, impresoras. <i>Dispenser</i> de agua y cafeteras.	Accionar moderado.	NEUTRO

Tabla 5.3. Escuela N°1. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Diseño pasivo	Ventilación natural	Carpinterías originales de hierro con vidrio simple y aberturas tipo banderola en aulas del frente y del patio interior. Fácil accionamiento. Carpinterías de aluminio y doble vidriado en aulas del contrafrente con aberturas tipo corrediza. Fácil accionamiento. Ventanas entre aulas y hall de distribución permiten ventilación cruzada.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	Buena iluminación natural en aulas, aunque insuficiente en las zonas alejadas de las ventanas. Insuficiente en SUM, oficinas y circulaciones. Colores claros en paredes por encima del nivel de escritorio y en cielorrasos colaboran con la mejora en la distribución de la iluminación en el interior.	Aprovechamiento de la iluminación natural mientras no existan molestias visuales.	POSITIVO
	Protección solar	Persianas de enrollar exteriores y cortinas de género color natural en el interior para impedir el ingreso de radiación solar directa. Ausencia de parasoles exteriores.	Accionamiento manual y sencillo de persianas y cortinas.	POSITIVO

Es interesante destacar que el accionar del usuario sobre los elementos de diseño pasivo genera un impacto positivo en el desempeño energético del edificio, mientras que, el accionar

sobre las instalaciones técnicas, genera un impacto neutro o negativo. Esto indicaría una predisposición del usuario a un comportamiento positivo en edificios con buen diseño pasivo.

5.3.3 Consumos históricos de electricidad y gas.

La Figura 5.1 muestra el consumo mensual de electricidad (kWh) entre enero de 2015 y marzo de 2018.

El primer dato a destacar es la disminución del consumo durante el período relevado. A partir de 2016 se comienzan a incorporar luminarias LED en las aulas, oficinas, hall de planta baja y SUM. Esto representa un ahorro del 16 % en el consumo de energía anual del 2017 (64.982 kWh) en relación al 2015 (77.599 kWh). Este ahorro se verifica, inclusive considerando la incorporación durante el año 2016 de 18 equipos *splits* con tecnología *inverter* en aulas donde antes no existía equipamiento de refrigeración.

Por otro lado, el gráfico muestra un leve aumento del consumo en los meses de invierno cuando hay mayor uso de luminarias junto a dispositivos de calefacción eléctricos y al funcionamiento de la bomba de recirculación de agua de caldera. Los menores consumos se registran en los meses de media estación, cuando no están en funcionamiento ni la calefacción ni la refrigeración.

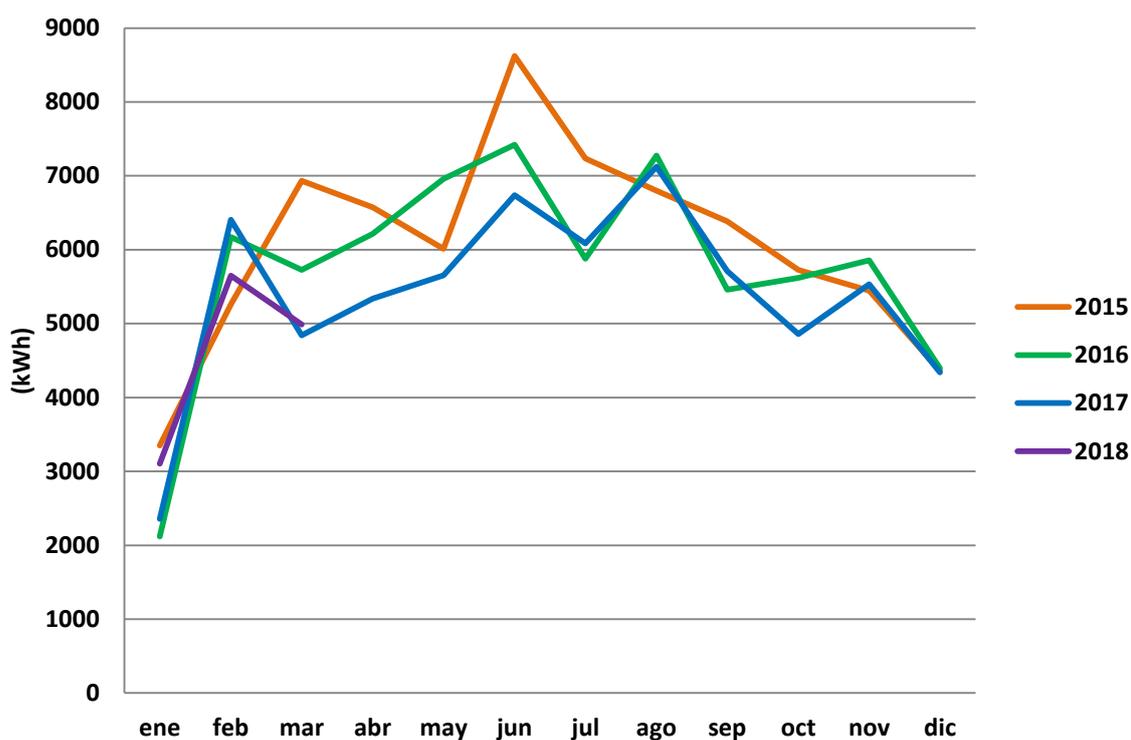


Figura 5.1. Escuela N°1. Consumo mensual de electricidad (kWh).

Se observa en el gráfico de potencia adquirida (Figura 5.2) que los picos de demanda se producen en los meses cálidos de noviembre, diciembre, febrero y marzo excediendo el valor de la potencia contratada (35 kW) debido al uso de equipos de refrigeración.

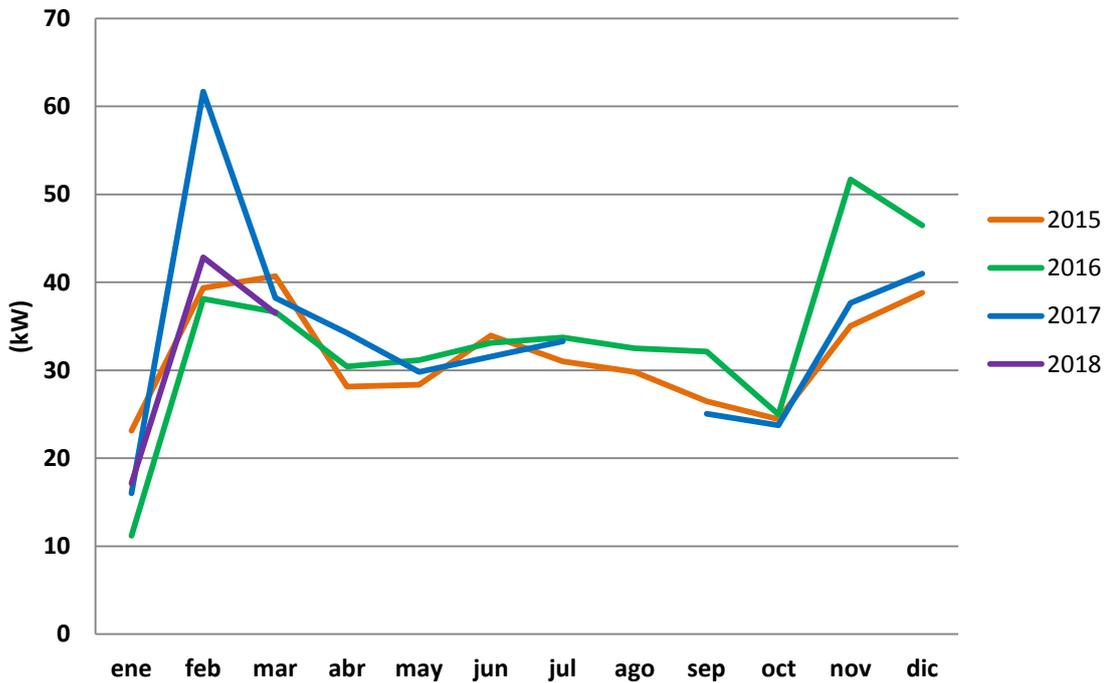


Figura 5.2. Escuela N°1. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 35kW.

La Figura 5.3 muestra el consumo mensual de gas (m³) entre junio de 2014 y noviembre de 2017. Allí se puede observar que el consumo de gas aumenta en los meses de invierno debido el sistema de calefacción central. De acuerdo a los comentarios recibidos por el personal de mantenimiento de la escuela, no hubo cambios en cuanto al modo de manejo de la caldera, sino a la intensidad de los inviernos que llevaba a dejar la caldera encendida inclusive durante los fines de semana cuando las temperaturas eran muy bajas.

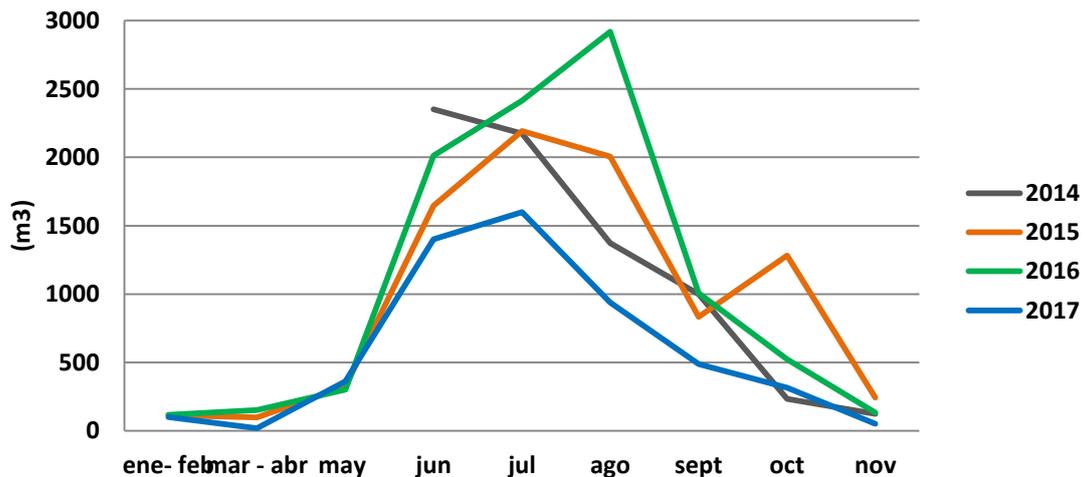


Figura 5.3. Escuela N°1. Consumo mensual de gas (m³).

5.3.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.4), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 52%, seguida por el equipamiento escolar (22%), la refrigeración (10%), la calefacción (7%), la sala de máquinas (7%) y la cocina (2%). La cocina en esta escuela, es solo una pequeña sala de maestros con heladera y microondas. Este edificio utiliza la cocina y comedor del edificio vecino donde se cursa el nivel secundario. La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 1.

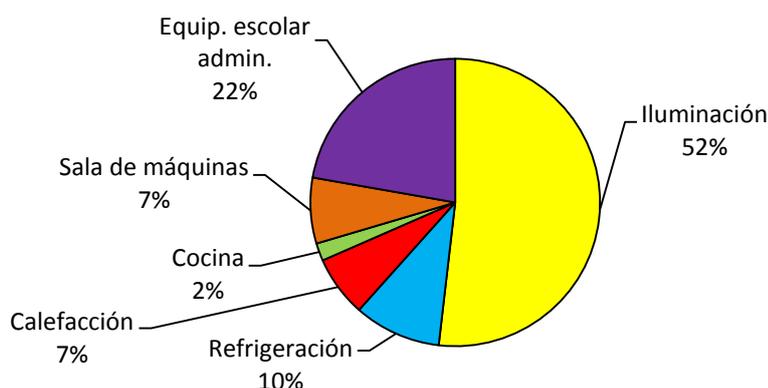


Figura 5.4. Escuela N°1. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Los usos finales varían su participación de acuerdo al período climático del año (Figura 5.5). En los meses cálidos, la refrigeración supera el consumo en iluminación, alcanzando un 40% del consumo eléctrico. La calefacción central a gas es el sistema principal para acondicionar el edificio en invierno, aunque hay sectores a los que no llega y, en consecuencia, se utilizan calentadores portátiles de alto consumo (en portería y sala de pedagogía) y equipos *split* frío calor (en oficinas administrativas) que generan aumentos importantes del consumo eléctrico en invierno. El equipamiento escolar y administrativo mantiene un consumo constante durante todo el ciclo lectivo variando la participación de acuerdo al impacto de los demás usos finales. La sala de máquinas presenta un aumento de consumo en invierno debido a la bomba de recirculación de agua de la caldera.

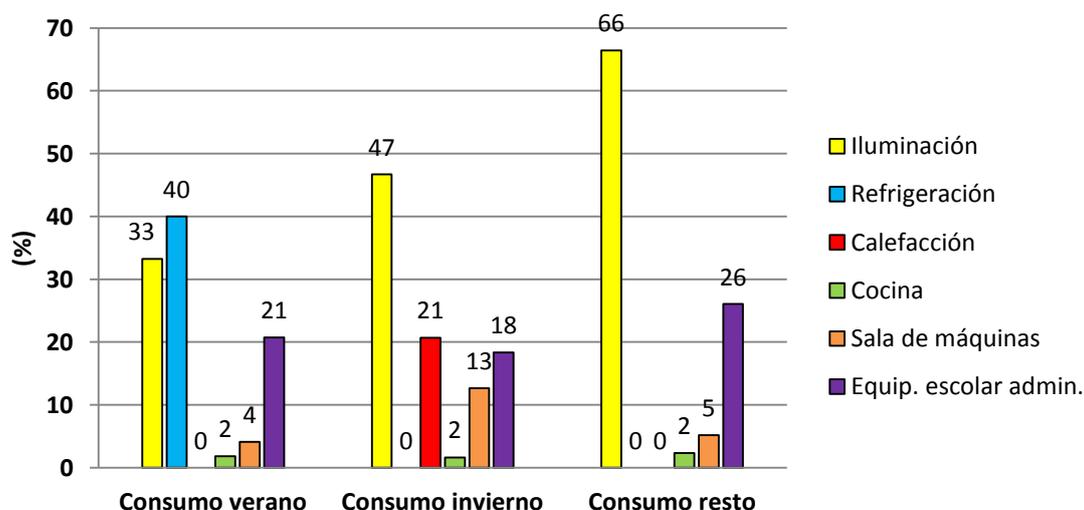


Figura 5.5. Escuela N°1. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.3.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

El uso principal en el consumo de gas es la calefacción (94%), con un sistema central de caldera de agua y radiadores (Figura 5.6). En el período estudiado la caldera se mantenía generalmente encendida de lunes a viernes a una temperatura entre 70 y 75°C, sin apagar de noche en épocas frías e inclusive durante los fines de semana como se indicara más arriba. Un uso menor se registra en la portería (6%), que funciona como hogar del encargado.

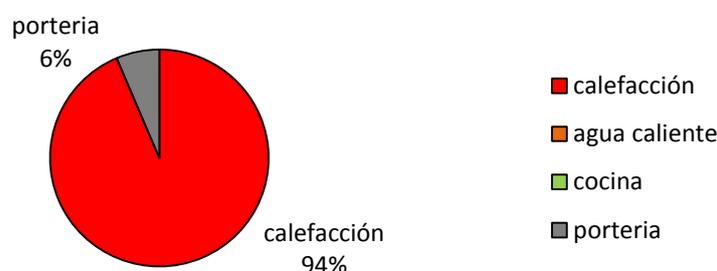


Figura 5.6. Escuela N°1. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.

5.3.6 Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía total (105 kWh/m² anual) es de los más elevados dentro de los casos de estudio analizados, tanto en electricidad (42 kWh/m² anual), como en gas (64 kWh/m² anual).

Dentro de los **conflictos** observados, la caldera del sistema central de calefacción se mantiene encendida de lunes a viernes sin apagarse por las noches, inclusive también durante algunos fines de semana, momentos en los cuales la escuela no funciona y generando consumos de gas innecesarios. En relación al consumo de energía eléctrica, los meses de invierno presentan consumos más elevados de lo esperable y debido, en gran parte, al uso de calentadores portátiles de alta potencia (2000W), más el funcionamiento continuo de la bomba de recirculación del agua de caldera (permanece en funcionamiento durante las noches). Asimismo, se observa según comentarios del personal de mantenimiento, que la tarea de limpieza se realiza de 20 a 5 hs, sin un control del encendido de luminarias que reduzca consumos innecesarios, situación que genera un exceso de consumo de electricidad para iluminación de manera constante durante todos los meses del ciclo lectivo. De acuerdo a los comentarios recibidos en el recorrido de la escuela, hasta finales de 2017 no comenzaron a tomarse recaudos por parte de la comunidad educativa para limitar el tiempo de encendido de luminarias a lo necesario y limitar el tiempo de encendido y temperatura de los equipos *split*.

Por otro lado, es importante señalar que la escuela ha tomado **decisiones positivas** para el logro de una mayor eficiencia energética. A partir del año 2016 se reemplazó el 75% de las luminarias existentes por luminarias LED en aulas, oficinas, circulación de PB y SUM y; se incorporaron 18 equipos *split* de aire acondicionado en aulas, todos ellos con tecnología *inverter* y etiquetado clase A. Esta situación es un buen ejemplo de cómo, al adquirir equipamiento nuevo, es beneficioso elegir aquéllos de mayor eficiencia.

5.3.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversas posibilidades de mejora en el desempeño energético del edificio. Dentro de las más importantes, y con el objetivo de reducir el consumo de gas, la posibilidad de automatizar el sistema de calefacción, incorporando *timer* y termostato exterior o, como

alternativa, la posibilidad de establecer horarios más acotados de encendido manual de la caldera, permitiría ahorros de gas y, en menor medida, también de electricidad (por consumo de la bomba de la caldera).

En relación al consumo de energía eléctrica, sería beneficioso reemplazar los calventores portátiles por algún otro sistema de menor consumo. Donde fuera posible, sería conveniente reemplazar el uso de calventores por equipos *split* frío calor, mucho más eficientes resultando en menor consumo de energía. Otro potencial ahorro, que solo depende de un cambio de conducta del personal de limpieza, es la organización de la limpieza de tal manera de encender las luminarias solo lo necesario y por zonas para reducir consumos. El horario de limpieza es muy extenso y es necesario aplicar alguna medida para evitar consumos innecesarios.

A continuación, la Tabla 5.4 presenta el actual desempeño energético del edificio por cada uso final y el correspondiente potencial ahorro en consumo de energía en relación a los tres aspectos evaluados: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario. La manera de evaluar el ahorro es cualitativa, ponderando el mismo según el rango estimado de contribución al mismo: bajo, medio y alto.

Tabla 5.4. Escuela N°1. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	BAJO (encendido constante de la caldera, no se apaga de noche)	ALTO (automatización de caldera)	MEDIO (aberturas: incorporación de burletes; cambio por carpinterías con mayor aislación térmica; muros y terrazas: aumento de aislación térmica)	ALTO (mayor control de horarios de encendido diario de caldera, evitando el encendido durante la noche)
iluminación	MEDIO (75 % luminarias existentes son LED; falta de control en tiempo de encendido)	MEDIO (reemplazo 25 % luminarias restantes a LED)	MEDIO (incorporación de parasoles en fachadas para evitar molestias y oscurecimiento de aulas; colores claros en paredes de aulas)	ALTO (mayor control de encendido y apagado de luminarias)
refrigeración	MEDIO (18 de 31 equipos <i>split</i> con tecnología <i>inverter</i> ; falta de control en tiempo de encendido y temperatura)	MEDIO (completar transición a equipos con tecnología <i>inverter</i>)	MEDIO (incorporación de parasoles o toldos en fachadas para disminuir la carga térmica)	ALTO (mayor control de temperatura máxima y apagado de equipos)
Equip. de cocina	-	-	-	-
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO	MEDIO (transición a equipos más eficientes)	-	MEDIO (mayor control de tiempos de encendido y de apagado cuando los equipos no estén en uso)

En la tabla anterior se puede observar que la calefacción, como ya se mencionó, tiene un desempeño energético bajo y un potencial de ahorro alto por la posibilidad de automatizar la caldera o por un mayor control del tiempo de encendido diario.

La iluminación y la refrigeración tienen un desempeño medio, con avances en tecnología desde 2016 debidos a la incorporación de iluminación LED (75%) y equipos *split* con tecnología *inverter* y etiquetado clase A. Sin embargo, el potencial de ahorro es alto en relación a un mayor control del encendido y apagado y de la regulación de temperatura mínima a 24°C por parte del usuario.

5.3.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

El edificio presenta características positivas de diseño pasivo y, adicionalmente, potencial para mejorar su desempeño energético (Tabla 5.5). Una decisión adecuada para aprovechar el potencial de mejora estaría dada por la incorporación de parasoles que, además de mejorar la protección solar, impactan positivamente en la ventilación natural (al evitar radiación directa y sobrecalentamiento sobre aberturas amplía la posibilidad de abrir las ventanas para refrescar) y en la iluminación natural (al evitar oscurecimiento con cortinas).

Tabla 5.5. Escuela N°1. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	ALTO (aberturas suficientes para ventilar aulas y circulaciones; ventilación cruzada por medio de aberturas entre aulas y hall de circulación)	MEDIO (incorporación de parasoles exteriores en fachadas para optimizar la ventilación natural para refrescamiento)
iluminación natural	MEDIO (superficies vidriadas generosas aunque los niveles de iluminancia no logran una distribución pareja en los espacios)	MEDIO (incorporación de parasoles; dispositivos en aberturas para re-direccionamiento y mejora de la distribución de la iluminación natural)
protección solar	MEDIO (persianas de enrollar exteriores y cortinas de genero interiores)	ALTO (incorporación de parasoles exteriores o toldos)

Nota: Rango de calificación: alto, medio y bajo.

5.4 Caso de estudio 2

5.4.1 Datos generales

Las características generales de la escuela N°2 se presentan a continuación (Tabla 5.6):

Tabla 5.6. Escuela N°2. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°2			
	Ubicación	Palermo, Ciudad Autónoma de Buenos Aires			
	Niveles académicos	Secundaria Primaria			
Características funcionales	Matrícula	114 alumnos de Secundaria y 124 de Primaria			
	Cant. Alumnos/ aula	23 alumnos por aula			
	Horario escolar	8 a 17 hs			
	Horario actividades extracurriculares	-			
	Horario de limpieza	20 hs a 5 hs del día siguiente. 5 personas.			
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Vacaciones invierno	Vacaciones septiembre
	2015	24/2 al 15/12	20/7 al 31/7	7/9 al 10/9	
	2016	22/2 al 15/12	18/7 al 29/7	3/10 al 7/10	
	2017	23/2 al 15/12	17/7 al 28/7	18/9 al 22/9	
Características edilicias	Año de construcción edificio	1964			
	Morfología	Edificio compacto entre medianeras, 10 m frente x 38 m de profundidad. Patio interno lateral de 2,60 x 5,5 m. Planta tipo: 2 aulas al frente, 2 aulas al contrafrente.			
	Orientaciones	Frente: NO. Contrafrente: SE.			
	Niveles	PB y 4 pisos.			
	Espacios	-Comedor, cocina y oficinas administrativas en PB. -10 aulas comunes, 2 aulas especiales y oficinas en pisos 1 a 4.			
Sup. total	1500 m ²				
Sup. promedio de aula	40 m ²				

5.4.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A diferencia del edificio de la Escuela N°1, este edificio posee cocina, elemento de sustancial peso en el desempeño energético. El equipamiento de cocina impacta en el consumo de gas, como también en el consumo de electricidad. Por otro lado, todos los espacios poseen aire acondicionado desde hace bastantes años, motivo por el cual los equipos *split* no se caracterizan por tener una buena eficiencia energética con etiquetado clase A o B. Desde el año 2016 se están cambiando las luminarias a tecnología LED.

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (Tabla 5.7) y del diseño pasivo (Tabla 5.8), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

Tabla 5.7. Escuela N°2. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Instalaciones técnicas	Calefacción	Sistema central con caldera de agua caliente CIMA (90.000 kcal/h) y radiadores. Encendido manual. Temp. del agua: 75°C. Caldera encendida de lunes a viernes en temporada de frío.	La caldera se mantiene encendida en forma continua de lunes a viernes sin apagarse de noche.	NEGATIVO
	Agua caliente	1 termotanque a gas de 80 litros para cocina y 1 termotanque eléctrico en baño PB.	-	-
	Iluminación	90 % de Luminarias LED desde comienzos de 2017.	Luminarias encendidas continuamente hasta finalizar horario limpieza	NEGATIVO
	Refrigeración	Equipos <i>split</i> en aulas, oficinas y SUM. Solo 2 de 27 equipos con tecnología <i>inverter</i> y etiquetado clase A. Ventiladores en todos los espacios.	Equipos encendidos continuamente hasta finalizar horario de clases.	NEGATIVO
	Sala de máquinas	2 bombas elevadoras de agua y una bomba de caldera. Bomba Jockey contra incendio.	-	-
	Ascensor	-	-	-
	Equipamiento de cocina	Extractor de humos (4,5 HP) Mesada para servir comida caliente (2,5 kW durante 7 horas diarias). Heladeras, <i>freezers</i> y microondas. 2 cocinas con horno, hornallas y plancha; y freidora a gas.	No se observa un control del tiempo de uso de equipamiento.	NEUTRO
	Equipamiento escolar y administrativo	Computadoras de escritorio en oficinas y aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos, fotocopidora e impresoras. <i>Dispenser</i> de agua y cafeteras.	Accionar moderado	NEUTRO

Tabla 5.8. Escuela N°2. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Diseño pasivo	Ventilación natural	Carpinterías originales de hierro con vidrio simple y aberturas tipo corrediza en aulas del frente y del contrafrente. Fácil accionamiento. Buena superficie de ventilación. Rejas de protección exteriores. Ventanas entre aulas y hall de distribución permiten ventilación cruzada.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	Buena iluminación natural en aulas, aunque insuficiente en las zonas alejadas de las ventanas y presencia de molestias visuales por radiación solar directa en aulas con orientación NO al frente. Ingreso de luz natural al hall de distribución a aulas a través del patio aire y luz. Muy buena iluminación natural en laboratorio del piso 4 debido a aberturas cenitales. Buena iluminación natural en comedor debido a la doble altura y los grandes ventanales al patio exterior.	Aprovechamiento de la iluminación natural mientras no existan molestias visuales.	POSITIVO
	Protección solar	Persianas de enrollar exteriores y cortinas de género color natural en el interior para impedir el ingreso de radiación solar directa. Ausencia de parasoles exteriores, necesarios en fachada NO.	Accionamiento manual y sencillo de persianas y cortinas.	POSITIVO

5.4.3 Consumos históricos de electricidad y gas

El consumo eléctrico en esta escuela se caracteriza por no tener variaciones importantes durante el periodo de clases (teniendo en cuenta la disminución puntual del consumo en febrero, julio y diciembre, meses en que se cursa la mitad del mes facturado). Los valores oscilan entre 4500 y 5500 kWh al mes. Fuera del consumo constante de la cocina y el equipamiento escolar y administrativo, en invierno aumenta el consumo de iluminación acompañado por algunos consumos puntuales de calefacción, mientras que en verano disminuye la iluminación (por mayor aprovechamiento de la luz natural) y adquiere relevancia la refrigeración.

Un dato importante que se verifica en los consumos históricos es el reemplazo del 90% de luminarias existentes por luminarias LED en el verano de 2017. El gráfico de la Figura 5.7 muestra el consumo eléctrico mensual desde enero de 2015 a marzo de 2018 y allí se puede verificar el impacto del cambio a luminarias LED en el consumo eléctrico a partir de marzo de 2017. Para el consumo anual del 2017 con respecto al 2016, el consumo en iluminación disminuyó 47% y el consumo eléctrico total 15 %.

El gráfico de potencia registrada (Figura 5.8) indica valores más elevados de noviembre a marzo, lo cual refleja el uso de los equipos *split* para refrigeración. La potencia registrada en estos meses sobrepasa el valor de la potencia contratada (29 kW), alcanzando valores mayores a 40 kW.

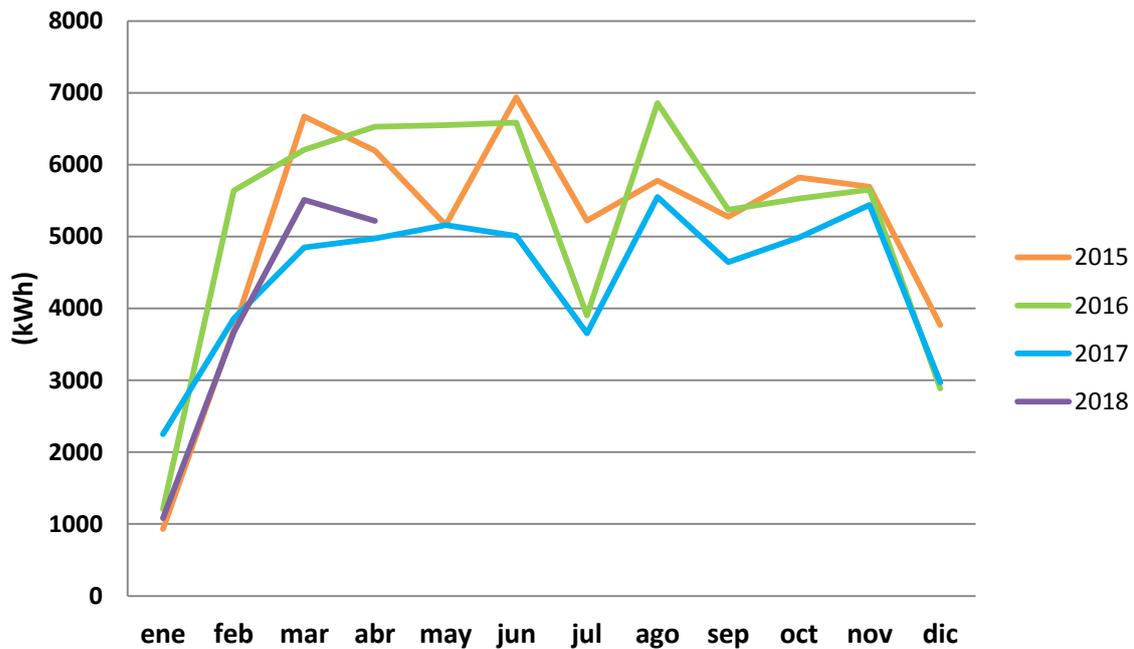


Figura 5.7. Escuela N°2. Consumo mensual de electricidad (kWh).

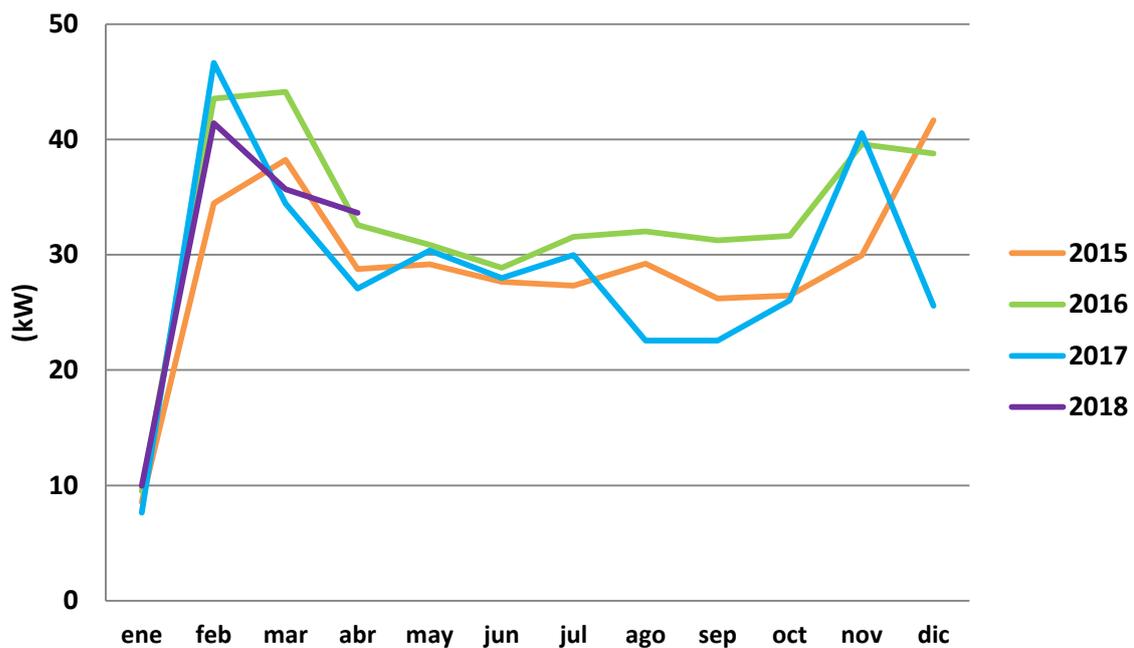


Figura 5.8. Escuela N°2. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 29 kW.

El consumo de gas es claramente mayor en los meses fríos, con variaciones de un año a otro, dependiendo de los meses fríos y de la temperatura alcanzada en cada año. El consumo está conformado por la calefacción y la cocina (Figura 5.9). El receso por las vacaciones de invierno en julio se refleja en la caída del consumo. El gráfico ayuda a diferenciar los consumos por calefacción y cocina, estimando los consumos de esta última en un valor aproximado de 400 a 500 m³ al mes.

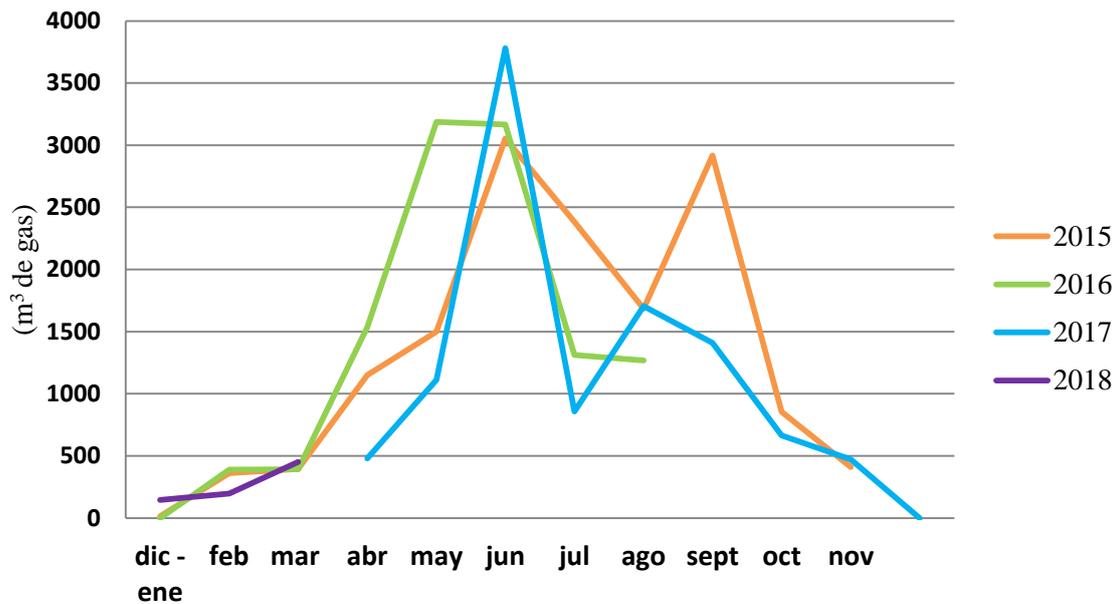


Figura 5.9. Escuela N°2. Consumo mensual de gas (m³).

5.4.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.10), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual (34%), seguida por el equipamiento escolar y administrativo (27%), la cocina (24%) y más alejados la refrigeración (8%), la sala de máquinas (5%) y, por último la calefacción (2%). La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 2.

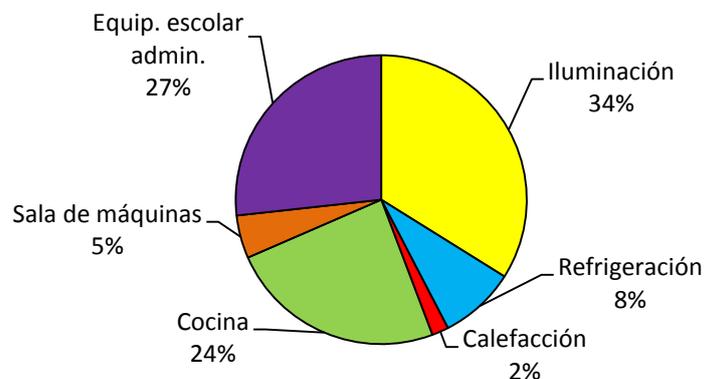


Figura 5.10. Escuela N°2. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Al observar la participación de cada uso final en el consumo eléctrico total (Figura 5.11), de acuerdo a los diferentes periodos climáticos del año, la iluminación mantiene los porcentajes mayores de participación en invierno (41%) y en media estación (36%), mientras que la refrigeración representa el mayor consumo en los meses cálidos (32%). El consumo eléctrico para calefacción en invierno (7%) se debe a calefactores portátiles que se utilizan en la recepción o en espacios donde no llega el sistema central. Por lo general, a pesar de ser equipos pequeños, alcanzan potencias de 2000W con consumos son muy elevados. El equipamiento escolar y administrativo tiene un porcentaje importante en todos los periodos. La escuela posee dos salas de computación y oficinas administrativas con computadoras de

escritorio que se utilizan la mayor parte del día. La cocina también tiene una elevada participación, sobresaliendo en consumo la campana de extracción de humos con una potencia de 4,5 HP y la mesada para servir comida caliente, sumados a heladeras y *freezers* que completan el equipamiento eléctrico de la cocina.

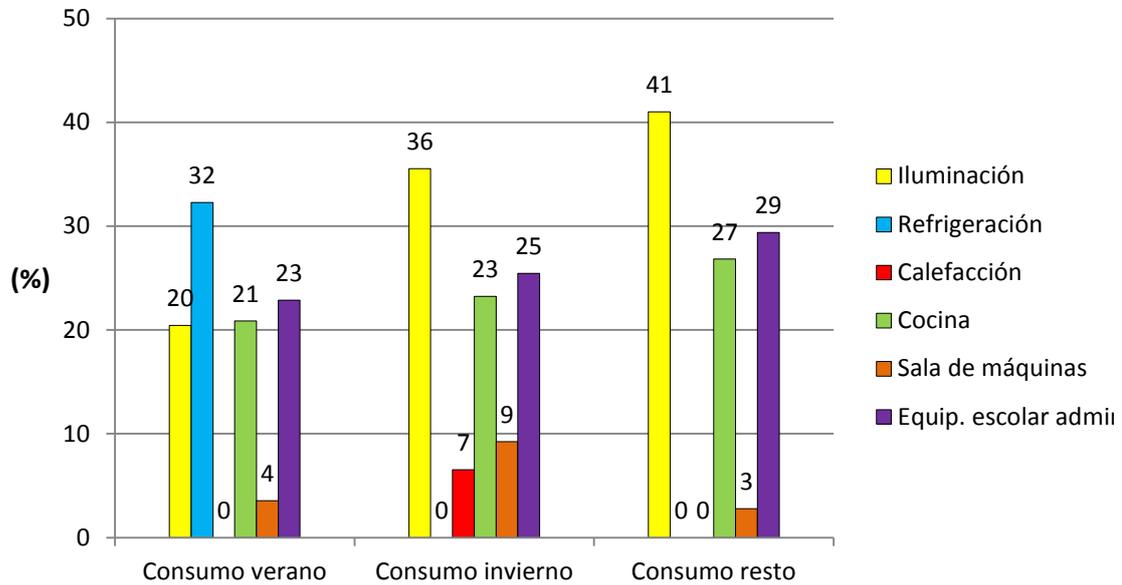


Figura 5.11. Escuela N°2. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.4.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

El uso principal en el consumo de gas es la calefacción (60%), con un sistema central de caldera de agua y radiadores. En el periodo estudiado la caldera se mantuvo encendida de lunes a viernes a una temperatura entre 70 y 75°C, sin apagar durante las noches en épocas de frío. Por otro lado la cocina, con su equipamiento de cocción y el termostanque de agua caliente alcanza 40% del consumo total de gas (Figura 5.12).

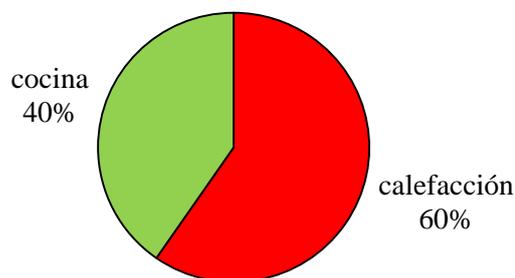


Figura 5.12. Escuela N°2. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.

5.4.6 Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía (116 kWh/m² anual) es de los más elevados dentro de los casos de estudio analizados, tanto en electricidad (39 kWh/m² anual) como en gas (77 kWh/m² anual).

Con respecto a los **conflictos** observados, la caldera del sistema central de calefacción se mantiene encendida de lunes a viernes sin apagarse por las noches, inclusive algunos fines de semana, momentos en los cuales la escuela no funciona generando consumos de gas innecesarios. En relación al consumo de energía eléctrica, la tarea de limpieza se realiza de 20 a 5 hs, sin un control del encendido de luminarias que reduzca consumos innecesarios, situación que genera un exceso de consumo de electricidad para iluminación de manera constante durante todos los meses del ciclo lectivo. Es apropiado señalar que la razón del elevado consumo anual, se debe en parte a la cocina del edificio, que alcanza una participación del 24% en el consumo eléctrico anual. De acuerdo a los comentarios recibidos en el recorrido de la escuela, hasta finales de 2017 no comenzaron a tomarse recaudos por parte de la comunidad educativa para limitar el tiempo de encendido de luminarias a lo necesario y limitar el tiempo de encendido y temperatura de los equipos *split*. En relación al diseño pasivo, la fachada noroeste está expuesta a la radiación solar durante la tarde, sin embargo no hay parasoles exteriores o toldos de protección solar que eviten el sobrecalentamiento. Solo existen persianas y cortinas interiores de género, que proporcionan protección solar pero no con la eficiencia de un sistema exterior que limite el impacto de la radiación directa sobre la superficie vidriada.

Por otro lado, es importante señalar que la escuela ha tomado **decisiones positivas** para el logro de una mayor eficiencia energética al reemplazar el 90% de las luminarias existentes por luminarias LED a comienzos del año 2017. Esta situación es un buen ejemplo de cómo, al renovar instalaciones, es beneficioso elegir aquéllas de mayor eficiencia.

5.4.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversos potenciales de mejora en el desempeño energético del edificio. Dentro de los más importantes, la posibilidad de automatizar el sistema de calefacción, incorporando *timer* y termostato exterior, o de fijar horarios para el encendido manual de la caldera, evitando que quede en funcionamiento durante la noche, permitiría ahorros sustanciales en el consumo de gas, como también ahorros menores en electricidad, debidos al consumo de la bomba de la caldera.

El comportamiento del usuario tiene un potencial importante y aplicable a diferentes áreas: desde el control del encendido de las luminarias en el extenso horario de limpieza, el manejo responsable de las luminarias y del equipamiento escolar y administrativo por parte de maestros, personal y alumnos, hasta el control del uso y eficiencia del equipamiento provisto por el concesionario de la cocina.

Las Tabla 5.9 muestra el actual desempeño energético del edificio por cada uso final y el correspondiente potencial ahorro en consumo de energía en relación a los tres aspectos evaluados: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario. La manera de evaluar el ahorro es cualitativa, ponderando el mismo según el rango estimado de contribución al mismo: bajo, medio y alto.

Tabla 5.9. Escuela N°2. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	BAJO (encendido constante de la caldera, no se apaga de noche)	ALTO (automatización de caldera)	ALTO (aberturas: incorporación de burletes; cambio por carpinterías con mayor aislación térmica; muros y terrazas: aumento de aislación térmica)	ALTO (mayor control de horarios de encendido diario de caldera, evitando el encendido durante la noche)
iluminación	MEDIO (90 % luminarias existentes son LED; falta de control en tiempo de encendido y apagado)	BAJO (reemplazo 10 % luminarias restantes a LED)	MEDIO (incorporación de parasoles en fachada noroeste para evitar molestias y oscurecimiento de aulas; colores claros en paredes de aulas y comedor)	ALTO (mayor control de encendido y apagado de luminarias)
refrigeración	MEDIO (equipos <i>split</i> con eficiencia media; falta de control en tiempo de encendido y regulación de temperatura)	ALTO (transición a tecnología <i>inverter</i> y etiquetado clase A, solo existen 2 equipos <i>inverter</i> al momento)	MEDIO (incorporación de parasoles o toldos en fachada noroeste para disminuir la carga térmica)	ALTO (mayor control de temperatura máxima y apagado de equipos)
equipamiento de cocina	MEDIO (falta de control en equipamiento y en consumos)	MEDIO (equipamiento más eficiente; medidor eléctrico independiente para cocina)	-	MEDIO (control de tiempos de encendido; solicitud al concesionario de equipamiento más eficiente)
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO	MEDIO (transición a equipos más eficientes)	-	MEDIO (mayor control de tiempos de encendido y de apagado cuando los equipos no estén en uso)

5.4.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

El edificio presenta características positivas de diseño pasivo y, adicionalmente, potencial para mejorar el desempeño energético del edificio (Tabla 5.10). Una decisión adecuada para aprovechar el potencial de mejora estaría dada por la incorporación de parasoles en la fachada noroeste que, además de mejorar la protección solar, impactarían positivamente en la ventilación natural (al evitar radiación directa y sobrecalentamiento sobre aberturas) y en la iluminación natural (al evitar oscurecimiento con cortinas).

Tabla 5.10. Escuela N°2. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	ALTO (aberturas suficientes para ventilar aulas y circulaciones; ventilación cruzada por medio de aberturas entre aulas y hall de circulación))	MEDIO (incorporación de parasoles exteriores en fachada noroeste para optimizar la ventilación natural)
iluminación natural	MEDIO (superficies vidriadas generosas aunque las aulas son profundas y los niveles de iluminancia no logran una distribución pareja en los espacios)	MEDIO (incorporación de parasoles; dispositivos en aberturas para re-direccionamiento y mejora de la distribución de la iluminación natural en fachada noroeste)
protección solar	MEDIO (persianas de enrollar exteriores y cortinas de género interiores)	ALTO (incorporación de parasoles exteriores o toldos en fachada noroeste)

5.5 Caso de estudio 3

5.5.1 Datos generales

Esta escuela posee la particularidad de alquilar sus espacios a un instituto de idiomas que hace uso de las instalaciones de 18 a 22 hs, provocando un uso extendido de las instalaciones de iluminación, calefacción y refrigeración.

Las características generales de la escuela se presentan a continuación (Tabla 5.11):

Tabla 5.11. Escuela N°3. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°3			
	Ubicación	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires			
	Niveles académicos	Primaria			
Características funcionales	Matrícula	438 alumnos (de 1º a 5º grado, 3 aulas por nivel). 6º y 7º grado funcionan en el edificio de secundaria.			
	Cant. alumnos/ aula	29 alumnos por aula			
	Horario escolar	8 a 16,30 hs			
	Horario actividades extracurriculares	Lunes a viernes de 18 a 21 hs y sábados de 10 a 13 hs: aulas alquiladas por instituto de idiomas.			
	Horario de limpieza	20 hs a 5 hs del día siguiente. 2 personas.			
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Vacaciones invierno	Vacaciones octubre
		2015	1/3 al 15/12	20/7 al 31/7	-
		2016	1/3 al 15/12	18/7 al 29/7	-
2017		1/3 al 15/12	17/7 al 28/7	2/10 al 6/10	
Características edilicias	Año de construcción	1985 aproximadamente			
	Morfología	Edificio entre medianeras, 14m frente x 43 m de profundidad. El edificio ocupa la totalidad del terreno y posee un esquema que se abre por medio de terrazas interiores hacia los niveles superiores.			
	<p style="text-align: center;">Esquema de corte</p>				
	Orientaciones	Frente: NE. Contrafrente: SO.			
	Niveles	SS, PB y 4 pisos.			
	Espacios	-SS: gimnasio y vestuarios. -PB: oficinas, hall central y comedor con cocina. -P1 a P4: 15 aulas comunes, 5 aulas especiales y 2 oficinas.			
	Sup. total	2585 m ²			
	Sup. promedio de aula	35 a 41 m ²			

5.5.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

El edificio posee un sistema de calefacción central, con caldera de agua (potencia 70000 kcal/h y temperatura del agua a 45°C) y radiadores solo en aulas, oficinas y comedor. Existen equipos de aire acondicionado *split* solo en algunos espacios y las luminarias son 100% LED desde junio de 2016. Con respecto a la sala de máquinas, dos bombas de extracción de agua de napa están en funcionamiento continuo de manera alternada.

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (Tabla 5.12) y del diseño pasivo (Tabla 5.13), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

Tabla 5.12. Escuela N°3. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Instalaciones técnicas	Calefacción	Sistema central con caldera de agua caliente (70.000 kcal/h) y radiadores. Temp. agua : 45°C. El sistema no abarca el gimnasio de SS, ni el SUM de PB ni las circulaciones del edificio. Caldera encendida de lunes a la mañana a sábado al mediodía en temporada de frío.	La caldera se mantiene encendida en forma continua de lunes a sábado al mediodía.	NEGATIVO
	Agua caliente	2 termotanques a gas de 120 litros, de alta recuperación, para cocina y vestuarios.	-	-
	Iluminación	100% de luminarias LED desde junio de 2016.	Luminarias encendidas continuamente hasta finalizar horario limpieza	NEGATIVO
	Refrigeración	Equipos <i>split</i> en 7 de las 20 aulas existentes, en hall de planta baja y comedor. Ventiladores en todos los espacios.	Equipos encendidos continuamente hasta finalizar horario de clases y de actividades de la academia de idiomas en la noche.	NEGATIVO
	Sala de máquinas	2 bombas elevadoras de agua, una bomba de caldera y dos bombas de extracción de agua de napa que funcionan alternadamente de manera continua.	-	-
	Ascensor	-	-	-
	Equipamiento de cocina	Extractor de humos. Mesada para servir comida caliente (2,5 KW durante 7 horas diarias). Heladeras, <i>freezers</i> , mesada de comida fría y microondas. Cocinas con horno, hornallas y plancha y freidora a gas.	-	-
	Equipamiento escolar y administrativo	Computadoras de escritorio en oficinas y aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos, fotocopiadora e impresoras. Pava eléctrica y cafetera.	Accionar moderado.	NEUTRO

Con respecto a las características del diseño pasivo del edificio, la morfología de planta profunda entre medianeras resulta en varios espacios sin iluminación ni ventilación natural.

Tabla 5.13. Escuela N°3. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Diseño pasivo	Ventilación natural	Carpinterías de hierro con vidrio simple y aberturas tipo corrediza o de brazo de empuje en aulas. Buena superficie de ventilación, aunque la ventilación es unilateral, no existe ventilación cruzada. Las aulas especiales del piso 1 no poseen aberturas al exterior, ventilan a través de la circulación interior.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	Gimnasio en SS y hall central en PB sin ventanas ni vistas al exterior. Aulas especiales y circulación del piso 1 sin ventanas, solo con claraboyas que permiten iluminación cenital tenue. La iluminación natural en aulas es regular. Presencia de molestias visuales por radiación solar directa en aulas.	Aprovechamiento de la iluminación natural mientras no existan molestias visuales.	POSITIVO
	Protección solar	Cortinas de género en el interior para impedir el ingreso de radiación solar directa que incide en interior de aulas. Ausencia de parasoles o toldos exteriores.	Accionamiento manual y sencillo de cortinas.	POSITIVO

5.5.3 Consumos históricos de electricidad y gas

Debido al uso del edificio por parte de una academia de idiomas que alquila los espacios, el tiempo de consumo de servicios energéticos necesariamente aumenta.

La Figura 5.12 muestra los consumos de electricidad para los años 2015 a 2017. El consumo más elevado de energía se da en los meses de marzo y noviembre, meses de calor y de cursada completa del mes, sin interrupción de vacaciones, debido al funcionamiento de los equipos de aire acondicionado. Los períodos de media estación, sin calefacción ni refrigeración presentan los menores consumos. En invierno el consumo aumenta con respecto a estos meses, fundamentalmente por el encendido de la bomba de recirculación de caldera, que está encendida de manera continua durante toda la semana. Según el relevamiento y la información recibida por parte de la escuela, las luminarias están constantemente encendidas, la misma cantidad de horas durante todo el año, independientemente de la disponibilidad de luz natural y del período climático.

Un dato importante de señalar es el reemplazo de las luminarias existentes por luminarias LED en mayo de 2016. El gráfico de la Figura 5.13 muestra la caída en el consumo eléctrico con respecto al año anterior a partir de junio de 2016 para luego mantenerse muy pareja con la performance del año 2017. Esto indica claramente que la caída en consumo es debido al cambio de luminarias. La disminución en el consumo eléctrico mensual ronda un 35% en los meses donde no se encienden los equipos de aire acondicionado. El ahorro en el consumo eléctrico anual es de 33 %, pasando de 92400 kWh (junio 2015 a mayo 2016) a 61400 kWh (junio 2016 a mayo 2017).

El gráfico de potencia registrada (Figura 5.14) también indica una caída de un 30% en junio de 2016 en comparación con el mismo periodo del año 2015, en concordancia con el cambio a luminarias LED. La potencia contratada es 38 kW, se observa que la potencia registrada supera este valor en los meses de calor cuando se encienden los equipos de refrigeración.

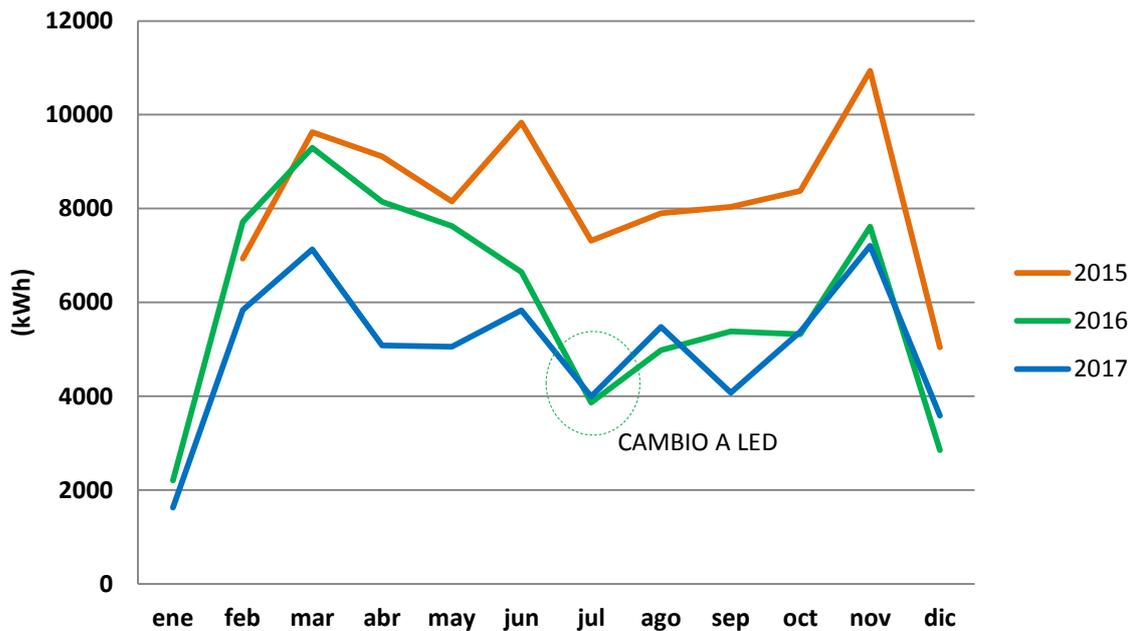


Figura 5.13. Escuela N°3. Consumo mensual de electricidad (kWh).

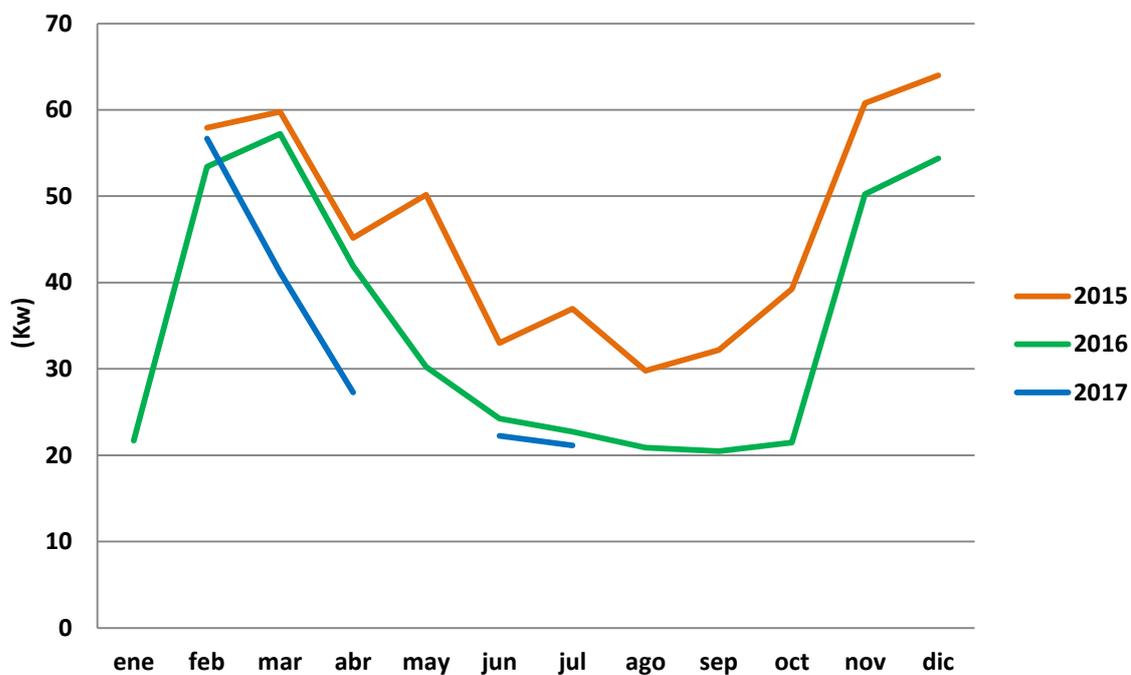


Figura 5.14. Escuela N°3. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 38 kW.

El consumo de gas presenta los valores más elevados en los meses fríos cuando la calefacción está encendida, mientras que el consumo perteneciente a la cocina permanece constante durante todo el período escolar.

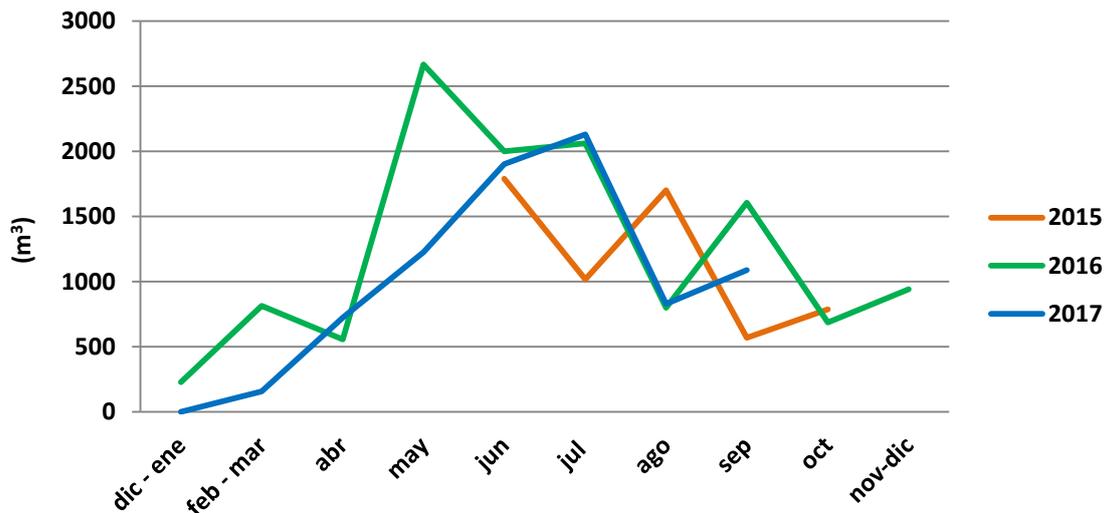


Figura 5.15. Escuela N°3. Consumo mensual de gas (m³).

5.5.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.16), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 53%, seguida por la cocina (15%), el equipamiento escolar (14%), la refrigeración (9%), la sala de máquinas (9%). La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 3.

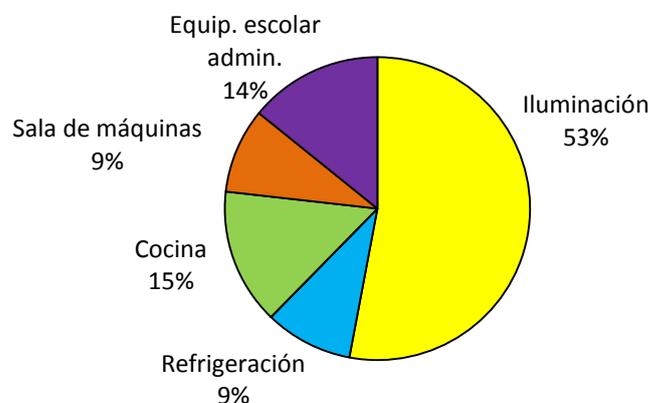


Figura 5.16. Escuela N°3. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Al observar la participación de cada uso final en el consumo eléctrico total (Figura 5.17), de acuerdo a los diferentes periodos climáticos del año, la iluminación mantiene los porcentajes mayores de participación en todos los periodos climáticos. La refrigeración no supera el valor de aquélla en el verano, debido a que solo una parte del edificio posee equipos de refrigeración.

Es necesario remarcar que las luminarias son LED pero están encendidas diariamente a partir de las 7.30 hs, incluyendo el horario de alquiler de aulas hasta las 22 hs e incluyendo la limpieza del sector, estimando el tiempo de consumo en unas 17 horas diarias por luminaria. O sea, que aun utilizando luminarias LED, existe un gran potencial de ahorro en este uso final, ya que el 53% del consumo anual de la escuela corresponde a la iluminación. Ese potencial

recae principalmente en el comportamiento del usuario, implementando una conducta de control de encendido y apagado de luminarias en todo momento.

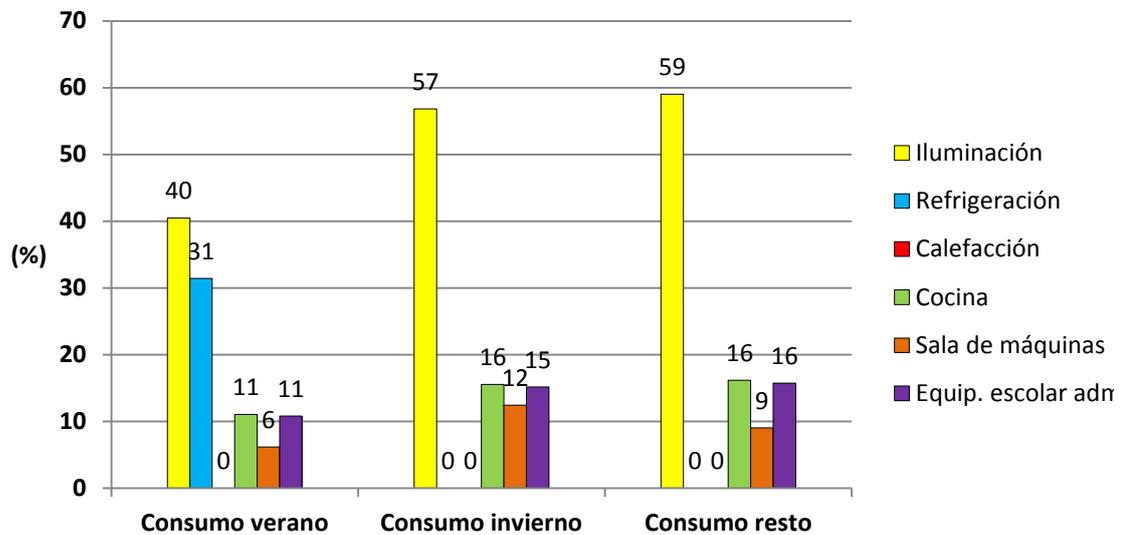


Figura 5.17. Escuela N°3. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.5.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

El uso principal en el consumo de gas es la calefacción (56%), con un sistema central de caldera de agua y radiadores (Figura 5.18). En el período estudiado la caldera se mantenía generalmente encendida de lunes a sábado al mediodía, a una temperatura de 45°C, sin apagar de noche. Por otro lado la cocina con su equipamiento de cocción y el termostanque de agua caliente alcanza un 42% del consumo y el agua caliente para vestuarios un 2%.

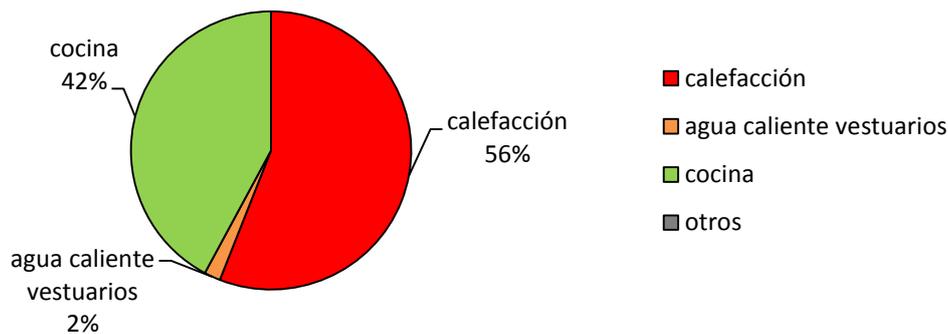


Figura 5.18. Escuela N°3. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.

5.5.6 Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía (68 kWh/m² anual) es de los más bajos dentro de los casos de estudio analizados, tanto en electricidad (24 kWh/m² anual) como en gas (44 kWh/m² anual).

Con respecto a los **conflictos** observados, la caldera del sistema central de calefacción se mantiene encendida de lunes a sábado sin apagarse por las noches. En relación al consumo de energía eléctrica, la tarea de limpieza se realiza de 20 a 5 hs, sin un control del encendido de luminarias que reduzca consumos innecesarios, situación que genera un exceso de consumo

de electricidad para iluminación de manera constante durante todos los meses del ciclo lectivo. En relación al diseño pasivo, las fachadas están expuestas a la radiación solar directa, sin embargo no hay parasoles exteriores o toldos de protección solar que eviten las molestias visuales. Solo existen cortinas interiores de género.

Por otro lado, es importante señalar que la escuela ha tomado **decisiones positivas** para el logro de una mayor eficiencia energética al reemplazar el 100% de las luminarias existentes por luminarias LED en junio de 2016. Esta situación es un buen ejemplo de cómo, al renovar instalaciones, es beneficioso elegir aquéllas de mayor eficiencia. Antes del cambio a LED el consumo eléctrico era 36 kWh/m² anual, o sea, que el ahorro fue de 33%.

5.5.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversas posibilidades de mejora en el desempeño energético del edificio. Dentro de las más importantes, y con el objetivo de reducir el consumo de gas, la posibilidad de automatizar el sistema de calefacción, incorporando *timer* y termostato exterior o, como alternativa, la posibilidad de establecer horarios más acotados de encendido manual de la caldera, permitiría ahorros de gas y en menor medida también de electricidad (por consumo de la bomba de la caldera).

En relación al consumo de energía eléctrica, a pesar de la transición realizada a luminarias LED, el uso final de iluminación es el de mayor participación y según los comentarios recibidos en el recorrido, no existe un cuidado especial por el uso racional de las luminarias. El mayor potencial de ahorro se halla en la iluminación, a través de un mayor control del encendido y apagado de luminarias, sobretodo en el extenso horario de limpieza (de 22 a 5 hs del día siguiente).

A continuación, la Tabla 5.14 presenta el actual desempeño energético del edificio por cada uso final y el correspondiente potencial ahorro en consumo de energía en relación a los tres aspectos evaluados: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario. La manera de evaluar el ahorro es cualitativa, ponderando el mismo según el rango estimado de contribución al mismo: bajo, medio y alto.

Tabla 5.14. Escuela N°3. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	MEDIO (encendido constante de la caldera, no se apaga de noche)	ALTO (automatización de caldera)	MEDIO (aberturas: incorporación de burletes; cambio por carpinterías con mayor aislación térmica; muros y terrazas: aumento de aislación térmica)	ALTO (mayor control de horarios de encendido diario de caldera, evitando el encendido durante la noche)
iluminación	MEDIO (falta de control en tiempo de encendido y apagado)	BAJO (100% de luminarias existentes LED)	MEDIO (incorporación de parasoles en fachadas para evitar molestias y oscurecimiento de aulas; colores claros en paredes de aulas)	ALTO (mayor control de encendido y apagado de luminarias)
refrigeración	MEDIO (4 de 13 equipos <i>split</i> con etiquetado clase A; falta de control en tiempo de encendido y regulación de temperatura)	ALTO (transición a tecnología <i>inverter</i>)	MEDIO (parasoles en fachada para disminuir la carga térmica)	MEDIO (control de temperatura máxima y apagado de equipos cuando no haya gente en el espacio)
sala de máquinas				
equipamiento de cocina	MEDIO (falta de control en equipamiento y en consumos)	ALTO (equipamiento más eficiente; medidor eléctrico independiente para cocina)	-	MEDIO (control de tiempos de encendido; solicitud al concesionario de equipamiento más eficiente)
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO	MEDIO (transición a equipos más eficientes)	-	MEDIO (control de tiempos de encendido y apagado cuando los equipos no estén en uso)

5.5.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

El edificio en el estado actual no presenta sistemas de diseño pasivo que colaboren de manera positiva con la eficiencia energética del mismo (Tabla 5.15). El edificio, entre medianeras, tiene una planta muy profunda que luego en los pisos superiores se va abriendo con terrazas. Las terrazas aportan iluminación cenital a los espacios que están por debajo, pero no suficiente.

El SS, la PB y el primer piso presentan espacios con poca ventilación e iluminación naturales. Por otro lado, las aulas reciben radiación solar directa por la mañana o por la tarde y al no haber elementos de protección solar, se corren las cortinas debido a las molestias visuales. El potencial de mejora en el diseño pasivo, por lo tanto, se focaliza en incorporar sistemas que

limiten el ingreso de radiación solar directa para no ocasionar molestias visuales. De esta manera podría aprovecharse mejor la iluminación natural en los interiores.

Tabla 5.15. Escuela N°3. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	BAJO (planta muy profunda con pocas aberturas; espacios sin aberturas al exterior; aulas ventilan por un lateral con ventanas de fácil accionamiento y buena ventilación)	BAJO
iluminación natural	BAJO (varios espacios con insuficiente iluminación natural)	MEDIO (dispositivos en la fachada o aberturas para re-direccionamiento y mejor distribución de la iluminación natural)
protección solar	BAJO (cortinas de género interiores)	ALTO (incorporación de parasoles exteriores o persianas americanas interiores)

5.6 Caso de estudio 4

5.6.1 Datos generales

Las características generales de la escuela N°4 se presentan a continuación (Tabla 5.16):

Tabla 5.16. Escuela N°4. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°4			
	Ubicación	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires			
	Niveles académicos	Secundaria (completa) Primaria (6º y 7º grado)			
Características funcionales	Matrícula	241 alumnos de secundaria (2 aulas por nivel). 171 alumnos de 6º y 7º grado de primaria (3 aulas por nivel).			
	Cant. alumnos/ aula	24 alumnos por aula en secundaria 29 alumnos por aula en primaria			
	Horario escolar	8 a 16,30 hs			
	Horario actividades extracurriculares	Lunes a viernes de 18 a 22 hs y sábados de 10 a 13 hs: aulas alquiladas por instituto de idiomas.			
	Horario de limpieza	20 hs a 5 hs del día siguiente. 2 personas.			
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Vacaciones invierno	Vacaciones octubre
		2015	1/3 al 15/12	20/7 al 31/7	-
2016		1/3 al 15/12	18/7 al 29/7	-	
2017		1/3 al 15/12	17/7 al 28/7	2/10 al 6/10	
Características edilicias	Año de construcción	1985 aproximadamente			
	Morfología	Edificio entre medianeras, de 14m frente x 25 m de profundidad. Patio techado al contrafrente de 18 x 14 m.			
	<p>Esquema de corte</p>				
	Orientaciones	Frente: SO. Contrafrente: NE.			
	Niveles	PB y 4 pisos.			
	Espacios	-PB: oficinas, sala computación y patio cubierto. -P1 a P4: 16 aulas comunes, 3 aulas especiales.			
	Sup. total	1547 m ²			
Sup. promedio de aula	32 a 40 m ²				

5.6.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (tabla 5.17) y del diseño pasivo (Tabla 5.18), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

Tabla 5.17. Escuela N°4. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Instalaciones técnicas	Calefacción	21 estufas de tiro balanceado en aulas y oficinas (3000 kcal/h). Calefactor Ciroc en el patio cubierto (19.700 kcal/h). Las estufas se encienden de 7 a 22 hs todos los días.	-	NEUTRO
	Agua caliente	No hay agua caliente en sanitarios. 1 termotanque eléctrico de 20 litros en la <i>kitchenette</i> de PB.	-	-
	Iluminación	Luminarias LED desde junio de 2016.	Luminarias encendidas de manera continua hasta finalizar horario limpieza.	NEGATIVO
	Refrigeración	Equipos <i>split</i> en todas las aulas. 10 de 17 poseen etiquetado clase A. Sistema de aire central por conductos en oficinas de PB y entrepiso. Ventiladores en aulas.	Equipos encendidos de manera continua hasta finalizar horario de clases y de actividades de la academia de idiomas en la noche.	NEGATIVO
	Sala de máquinas	1 bomba elevadora de agua.	-	-
	Ascensor	-	-	-
	Equipamiento de cocina	-	-	-
	Equipamiento escolar y administrativo	Computadoras de escritorio en oficinas y aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos e impresoras.	Accionar moderado.	NEUTRO

Tabla 5.18. Escuela N°4. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Diseño pasivo	Ventilación natural	La ventilación natural es regular. Algunas aulas ventilan a espacios intermedios como el patio cubierto o espacios angostos y oscuros entre los dos bloques del edificio donde están ubicadas las unidades exteriores de los equipos <i>split</i> sin visuales al cielo. Carpinterías de chapa doblada y vidrio simple. Corredizas. Fácil accionamiento. Protecciones exteriores de seguridad con malla metálica. Las aulas solo tienen ventanas en un lateral. No hay ventanas a circulaciones interiores que permitan ventilación cruzada o un mayor movimiento de aire.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	Los niveles de iluminación natural son deficientes en las aulas y espacios que dan al espacio entre los dos bloques. El resto de aulas tienen buena iluminación natural, en varios casos con necesidad de controlar la radiación directa.	Aprovechamiento de la iluminación natural mientras no existan molestias visuales.	POSITIVO
	Protección solar	Cortinas de género en el interior para impedir el ingreso de radiación solar directa que incide en interior de aulas. Ausencia de parasoles o toldos exteriores.	Accionamiento manual y sencillo de cortinas.	POSITIVO

El edificio tiene luminarias LED en todos sus espacios desde junio de 2016. También tiene, en todos los espacios, refrigeración con equipos *split* y calefacción por medio de estufas individuales de tiro balanceado a gas. No hay cocina con comedor, ni gimnasio, ni equipamiento de alto consumo en la sala de máquinas.

Las características del diseño pasivo en algunos sectores puntuales no son beneficiosas ni para el confort ni para la eficiencia energética y resulta en espacios con iluminación y ventilación natural pobres. El patio de la escuela ubicado detrás del edificio está techado, lo cual limita las posibilidades de una adecuada ventilación cruzada en los pisos inferiores.

5.6.3 Consumos históricos de electricidad y gas

La Figura 5.19 muestra el consumo mensual de electricidad (kWh) entre 2015 y 2017. Como sucede en el caso anterior, debido al uso del edificio por parte de una academia de idiomas que alquila los espacios, el tiempo de consumo de servicios energéticos necesariamente aumenta.

El primer dato a destacar es la disminución del consumo durante el período relevado a causa del reemplazo del 100% de luminarias existentes por luminarias LED en junio de 2016. El gráfico de la Figura 5.19 muestra la caída en el consumo eléctrico con respecto al año anterior a partir de junio de 2016 para luego mantenerse muy parejo con la línea del año 2017. Esto indica claramente que la caída en consumo es debido al cambio de luminarias. El ahorro en el consumo eléctrico anual es de 33 %, pasando de 46.776 kWh (junio 2015 a mayo 2016) a 31362 kWh (junio 2016 a mayo 2017).

Por otro lado, los mayores consumos se verifican en los meses cálidos (entre 3700 y 4200 kWh), debido al funcionamiento de los equipos de aire acondicionado. Durante el resto del período lectivo, el valor de consumo mensual se mantiene constante en aproximadamente 2500 kWh. Según el relevamiento y la información recibida por parte de la escuela, las luminarias están encendidas la misma cantidad de horas durante todo el año, independiente de la disponibilidad de luz natural y del período climático.

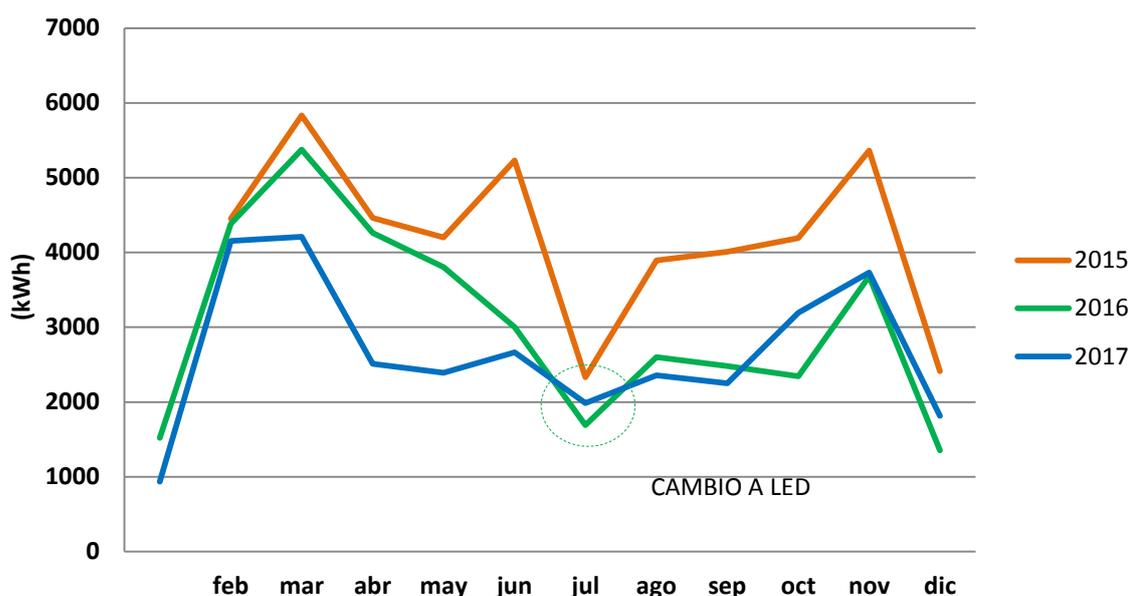


Figura 5.19. Escuela N°4. Consumo mensual de electricidad (kWh).

El gráfico de potencia adquirida (Figura 5.20) también indica un claro aumento de la potencia en los meses cálidos por el uso de equipos *split* de refrigeración (40 kW). La potencia contratada es 10 kW, sin embargo se observa que el consumo supera este valor durante todo el período lectivo.

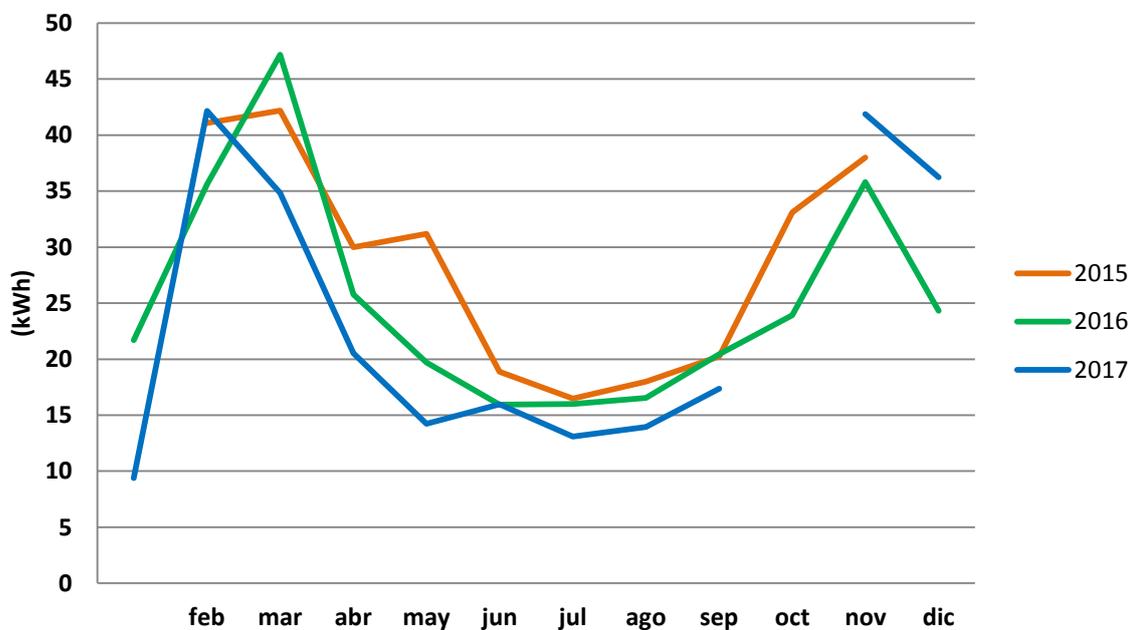


Figura 5.20. Escuela N^o4. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 10 kW.

El consumo de gas presenta los valores más elevados en los meses fríos cuando la calefacción está en funcionamiento, único consumo de gas en la escuela (Figura 5.21).

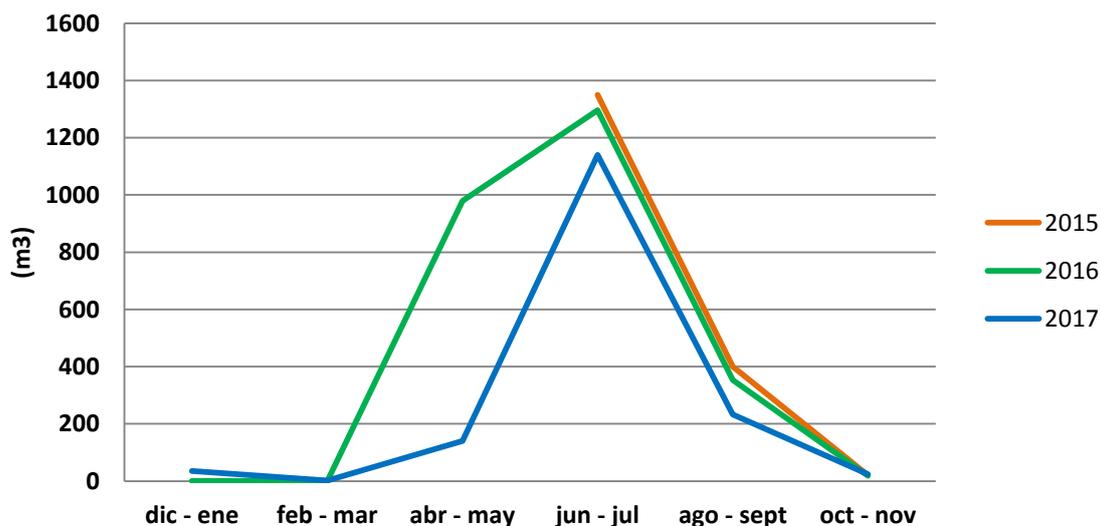


Figura 5.21. Escuela N^o4. Consumo mensual de gas (m³).

5.6.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.22), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 58%, seguida por el equipamiento escolar (22%), la refrigeración (14%), la calefacción (3%), la sala de máquinas (2%) y la cocina (1%). La cocina en esta escuela, es solo una pequeña sala con heladera y microondas. La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 4.

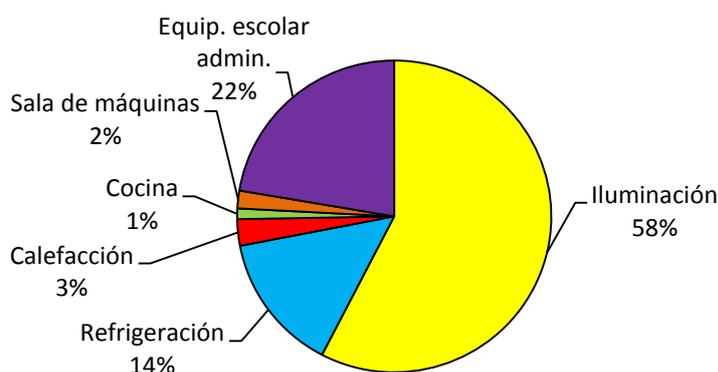


Figura 5.22. Escuela N°4. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Los usos finales varían su participación en el consumo eléctrico total de acuerdo al periodo climático del año (Figura 5.23). La iluminación posee la participación mayor en el invierno y en períodos de media estación, mientras que en el verano la refrigeración la supera. El equipamiento escolar presenta el mismo consumo durante todos los periodos y varía su participación de acuerdo a los otros usos finales.

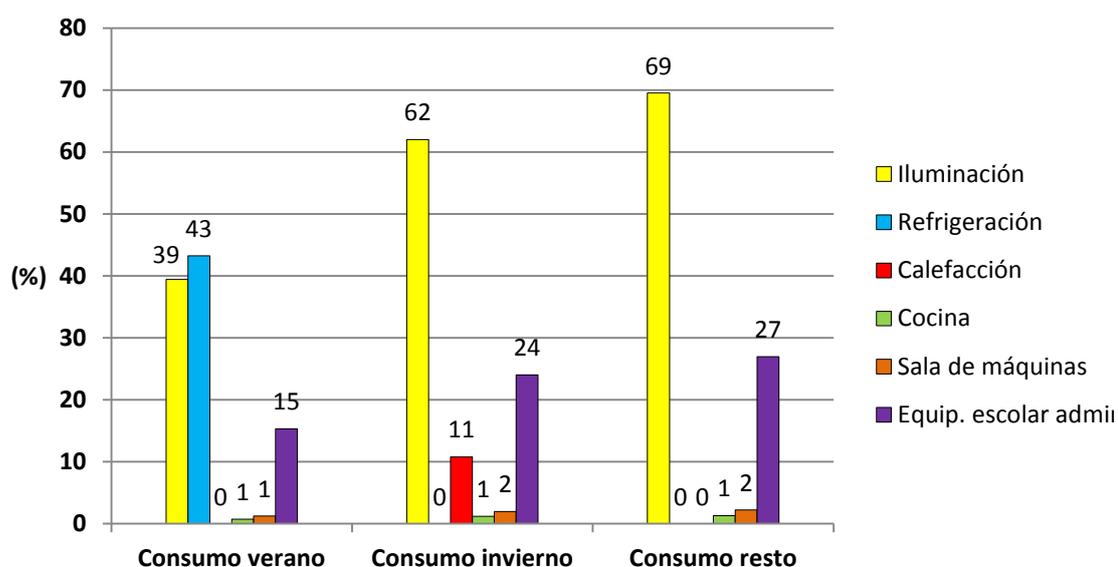


Figura 5.23. Escuela N°4. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.6.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

La calefacción representa el 100% del consumo de gas. El sistema de calefacción está conformado por estufas de tiro balanceado individuales en los diferentes espacios y se encienden de 7 a 22 hs durante el periodo escolar. El patio semicubierto de planta baja posee un calefactor de techo que se enciende en el horario escolar.

5.6.6 Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía total (33 kWh/m² anual) es de los más bajos dentro de los casos de estudio analizados, tanto en electricidad (20 kWh/m² anual), como en gas (13 kWh/m² anual). El consumo en calefacción es bajo en comparación al resto de las escuelas con sistemas de calefacción central y está conformado por estufas individuales de tiro balanceado de 3000 kcal/h en aulas y oficinas y un calefactor de 19700 kcal/h en el patio semicubierto.

En cuanto al consumo eléctrico, éste también es bajo. La escuela ha tomado **decisiones positivas** para el logro de una mayor eficiencia energética. En junio del año 2016 se reemplazó el 100% de las luminarias existentes por luminarias LED, disminuyendo 33% el consumo anual de electricidad.

A pesar de los valores positivos en consumo energético, elementos del diseño pasivo dificultan un mejor funcionamiento de algunos sectores del edificio en cuanto a niveles de confort. Algunas aulas tienen muy bajo nivel de iluminación natural y no ventilan adecuadamente por tener sus aberturas bajo el techo del patio de PB. La cubierta de este patio tiene ventiladores de extracción e inyección de aire que, a pesar de funcionar bien, no se utilizan. Unidades exteriores de equipos *split* están ubicadas en el espacio que divide los dos edificios, hecho que no contribuye con la calidad del aire en ese espacio tan reducido al que ventilan varias aulas, que adicionalmente, no reciben suficiente luz natural ni tienen visuales agradables.

5.6.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético por usos finales

Tabla 5.19. Escuela N°4. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	ALTO (encendido de 7 a 22 hs)	BAJO	MEDIO (aberturas: incorporación de burletes; cambio por carpinterías con mayor aislación térmica; muros y terrazas: aumento de aislación térmica)	BAJO
iluminación	MEDIO (100 % luminarias existentes son LED; falta de control en tiempo de encendido y apagado)	BAJO	MEDIO (incorporación de parasoles en fachada noreste para evitar molestias y oscurecimiento de aulas)	ALTO (mayor control de encendido y apagado de luminarias)

refrigeración	MEDIO (50% DE equipos splits con con etiquetado clase A; falta de control en tiempo de encendido y regulación de temperatura)	MEDIO (completar transición a equipos más eficientes)	MEDIO (incorporación de parasoles o toldos en fachada noreste para disminuir la carga térmica)	ALTO (mayor control de temperatura máxima y apagado de equipos)
equipamiento de cocina	-	-	-	-
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO	MEDIO (transición a equipos más eficientes)	-	MEDIO (mayor control de tiempos de encendido y de apagado cuando los equipos no estén en uso)

5.6.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio incluyen analizar estrategias para alcanzar valores más adecuados se iluminación y ventilación natural en algunas aulas que se ven perjudicadas por ventilar a espacios muy reducidos y con poca luz natural. El espacio exterior semicubierto entre los dos bloques del edificio resulta oscuro y además alberga las unidades exteriores de los equipos *split* de ambientes que dan a éste. La situación podría mejorarse relocalizando estas unidades fuera de este espacio para mejorar la calidad del aire y pintando las superficies de este espacio exterior con colores claros para aumentar los niveles de iluminación.

Por comentarios del personal de mantenimiento de la escuela, se entiende que no se utilizan los 16 ventiladores de extracción e inyección de aire del patio techado. Sería conveniente verificar el buen funcionamiento de éstos y encenderlos para activar el movimiento de aire en el edificio y mejorar la calidad del aire de las aulas que ventilan a ese patio.

En relación a las aulas del contrafrente con orientación noreste, podría mejorarse el aprovechamiento de la iluminación natural y reducir las cargas térmicas incorporando parasoles, toldos o persianas tipo americanas que protejan de la radiación solar directa.

Tabla 5.20. Escuela N°4. Potenciales mejoras en diseño pasivo.

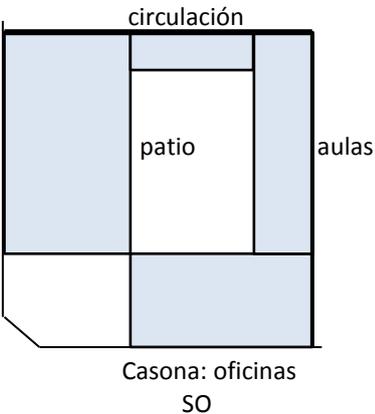
diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	BAJO - MEDIO (algunas aulas ventilan a espacios reducidos y oscuros con unidades exteriores de equipos split; otras, ventilan a patio cubierto)	MEDIO (desplazamiento de unidades exteriores de equipos de refrigeración fuera de los patios aire y luz o patio techado; activación de ventiladores de extracción e inyección de aire exterior en patio cubierto)
iluminación natural	BAJO - MEDIO (varios espacios con insuficiente iluminación natural)	ALTO (dispositivos en la fachada o en aberturas para redireccionamiento y mejor distribución de la iluminación natural)
protección solar	BAJO (cortinas de género interiores)	ALTO (incorporación de parasoles exteriores, toldos o persianas tipo americanas)

5.7 Caso de estudio 5

5.7.1 Datos generales

Las características generales de la escuela N°5 se presentan a continuación (Tabla 5.21):

Tabla 5.21. Escuela N°5. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°5			
	Ubicación	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires			
	Niveles académicos	Primaria			
Características funcionales	Matrícula	388 alumnos (2 aulas por nivel)			
	Cant. alumnos/ aula	28 alumnos por aula en primaria			
	Horario escolar	8 a 16,30 hs			
	Horario actividades extracurriculares	16,30 a 18 hs			
	Horario de limpieza	17 a 21 hs			
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Vacaciones invierno	
		2015	2/3 al 15/12	20/7 al 31/7	
		2016	29/2 al 16/12	18/7 al 29/7	
2017		6/3 al 16/12	17/7 al 28/7		
Características edilicias	Año de construcción	Edificios de SUM y aulas: 1992. Casona: principios de siglo XX.			
	Morfología	<p>Conjunto de edificios en esquina con patio abierto central. Casona antigua sobre fachada SO, bloque interno con aulas sobre medianera abierto al patio con orientación NO, bloque de circulación contra medianera y orientación SO y bloque de cocina, SUM y aulas sobre fachada con orientación NO.</p>  <p>Esquema de planta</p>			
	Orientaciones	Frentes NO y SO. La fachada NO tiene más exposición a la radiación directa del sol con aberturas importantes en aulas.			
	Niveles	PB, 3 pisos y terrazas accesibles en azoteas.			
	Espacios	Sum, cocina, oficinas y aulas en PB. Aulas comunes y aulas especiales distribuidas en pisos 1, 2 y 3.			
	Sup. total	2632 m ²			
	Sup. promedio de aula	33 a 40 m ²			

5.7.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (tabla 5.22) y del diseño pasivo (tabla 5.23), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

Tabla 5.22. Escuela N°5. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Instalaciones técnicas	Calefacción	6 calderas a gas natural de 30000 kcal/h (con 4 niveles de temperatura) para piso radiante que abastecen diferentes sectores y pisos. Sistema por piso radiante. De de 8 a 16,30 hs se posicionan en temperatura alta y luego en temperatura mínima durante la noche. Temperatura del agua de 35 a 45 grados. Calefacción por sistema central de aire en Casona antigua, zona de oficinas. 1 calientador portátil en la recepción.	Las 6 calderas se mantienen encendidas en forma continua de lunes a viernes con clima frío. Todas se regulan de la misma manera a pesar de tener calefacción sectorizada.	NEGATIVO
	Agua caliente	2 termotanques a gas de 150 litros en la terraza para lavabos de sanitarios.		
	Iluminación	Las luminarias son fluorescentes. Se encienden manualmente a la mañana. Las luminarias de la circulación exterior se mantienen apagadas por lo general. Donde la iluminación natural es suficiente todo el día, se apagan, pero no hay control durante el día.	Luminarias encendidas de manera continua hasta finalizar horario limpieza.	NEGATIVO
	Refrigeración	Equipos split y ventiladores en todas las aulas. Sistema de aire central por conductos en oficinas de PB y primer piso. Sistema de aire central por conductos en SUM y en aulas sobre SUM del primer piso.	Equipos encendidos continuamente hasta finalizar horario de clases	NEGATIVO
	Sala de máquinas	bombas elevadoras de agua		-
	Ascensor	1 ascensor	Poco uso. Solo si hubiera una persona con necesidades especiales.	POSITIVO
	Equipamiento de cocina	Extractor de humos. Cocina de 6 hornallas con horno y horno pizzerio de dos puertas y 1 termotanque de 80 litros a gas. 3 heladeras, 2 freezers, 1 lunchera caliente y otra fría.		POSITIVO
	Equipamiento escolar y administrativo	Computadoras de escritorio en oficinas y aulas, proyectores, parlantes, routers, teléfonos e impresoras. Dispenser de agua y cafeteras.		NEUTRO

Tabla 5.23. Escuela N°5. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Diseño pasivo	Ventilación natural	Buena ventilación natural en general. Todos los ambientes poseen aberturas de fácil accionamiento y a una altura adecuada (1 m de altura). Algunas aulas poseen ventilación cruzada, a través de circulaciones. Las carpinterías son de chapa doblada o aluminio con vidrio simple y con sistema de abrir de empuje. Rejas interiores de protección.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	Buenos niveles de iluminación natural. Falta de control para un mayor aprovechamiento.	Aprovechamiento de la iluminación natural mientras no existan molestias visuales.	POSITIVO
	Protección solar	Todas las aberturas sobre fachadas NO y SO tienen toldos. Sobre la fachada NO, la de mayor exposición, las aulas tienen cortinas rollers black outs. El bloque de aulas sobre la medianera tiene balcones que dan al patio central y por donde se accede a las aulas. Éstos funcionan como elementos de protección solar para las aulas. Las aulas del piso 3 sobre la fachada NO poseen carpinterías con altura de piso a techo, son de aluminio y vidrio simple. Demasiada superficie de vidrio para la orientación NO. Sobrecalentamiento debido a la cantidad de superficie vidriada y a la terraza superior. Los toldos están desplegados continuamente para moderar las molestias visuales y el sobrecalentamiento.	Accionamiento manual y sencillo de toldos y blackouts.	POSITIVO

5.7.3 Consumos históricos de electricidad y gas

Los consumos en esta escuela se miden y facturan para dos sectores por separado. La Figura 5.24 muestra el consumo mensual de electricidad (kWh) entre abril de 2016 y junio de 2018 para la zona de la casona antigua, bloques medianeros y piso 3 del bloque del SUM. Los consumos más elevados se registran en los meses cálidos del ciclo lectivo, debido a los equipos de refrigeración.

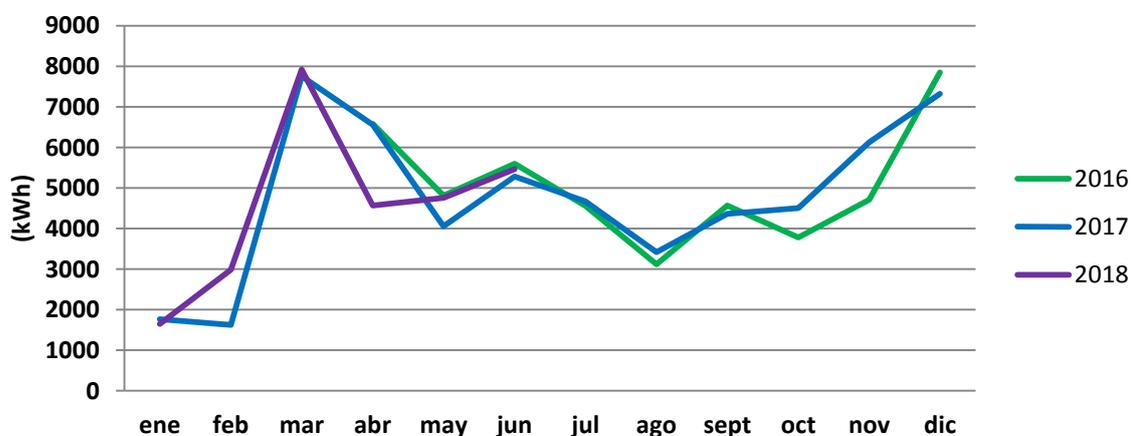


Figura 5.24. Escuela N°5. Consumo mensual de electricidad (kWh). Sector Casona, bloque medianera y piso 3 bloque SUM.

La Figura 5.25 muestra el consumo del bloque que alberga el SUM y la cocina, incluyendo los pisos 1 y 2, a excepción del piso 3 que pertenece al medidor de la casona.

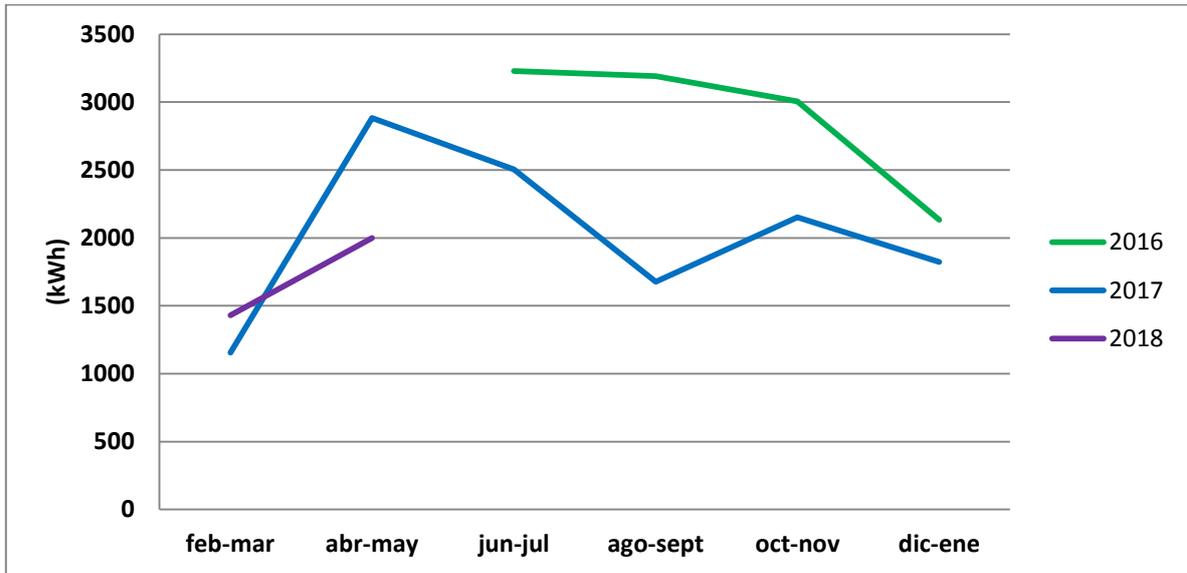


Figura 5.25. Escuela N°5. Consumo bimensual de electricidad (kWh). Sector SUM, cocina, pisos 1 y 2.

Se observa en el gráfico de potencia adquirida (Figura 5.26) que los picos de demanda se producen en los meses cálidos de noviembre, diciembre y marzo excediendo el valor de la potencia contratada (43 kW) debido al uso de equipos de refrigeración.

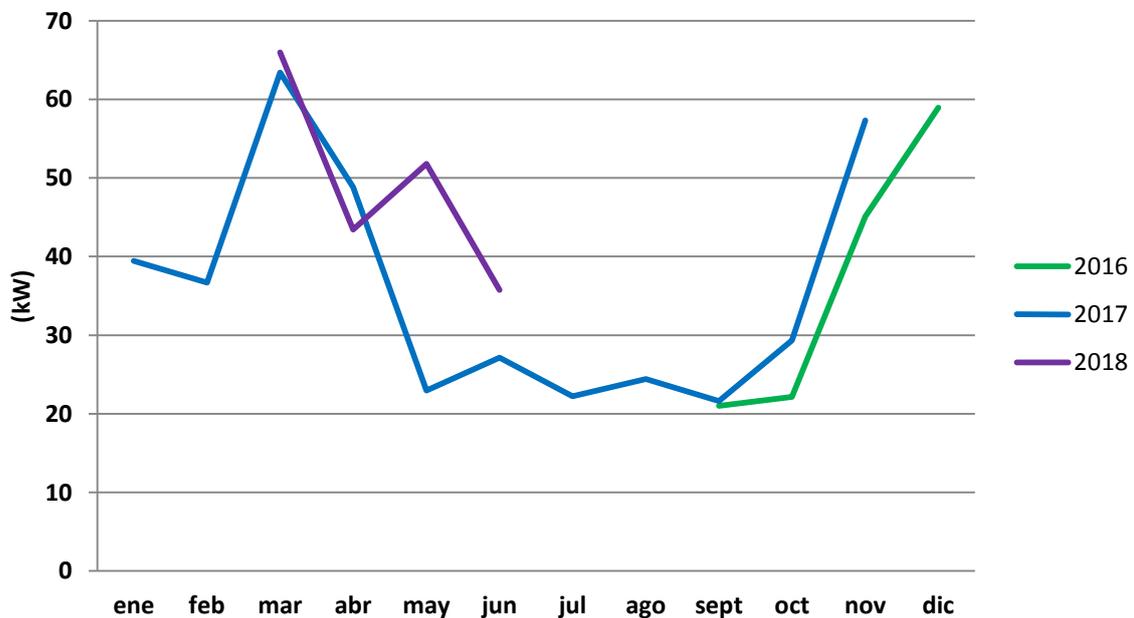


Figura 5.26. Escuela N°5. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 43 kW.

La Figura 5.27 muestra el consumo de gas (m3) entre abril de 2016 y mayo de 2017 de toda la escuela a excepción del SUM, la cocina y 3 aulas del entrepiso sobre el SUM. Se puede observar que el consumo de gas aumenta en los meses de invierno debido el sistema de calefacción. El otro consumo de gas está dado por dos termotanques de 150 litros para lavamanos de sanitarios.

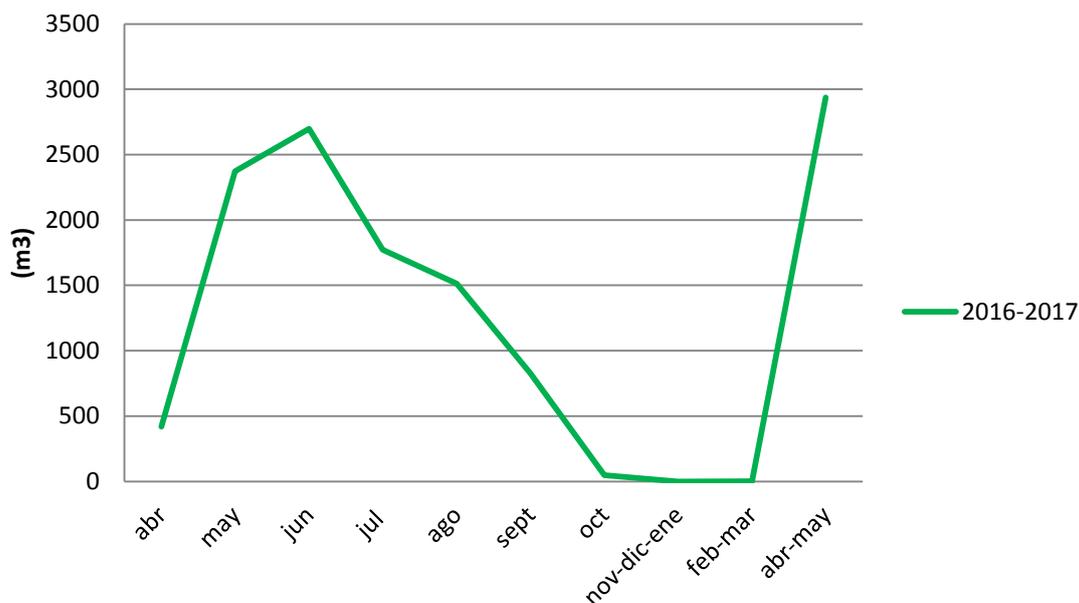


Figura 5.27. Escuela N°5. Sector Casona y aulas. Consumo de gas (m³).

La Figura 5.28 indica el consumo de gas de la cocina y de la calefacción del SUM y de las 3 aulas que están sobre el SUM. Los valores más altos también se registran en los meses fríos debido a la calefacción y existe un consumo constante de base que pertenece a la cocina.

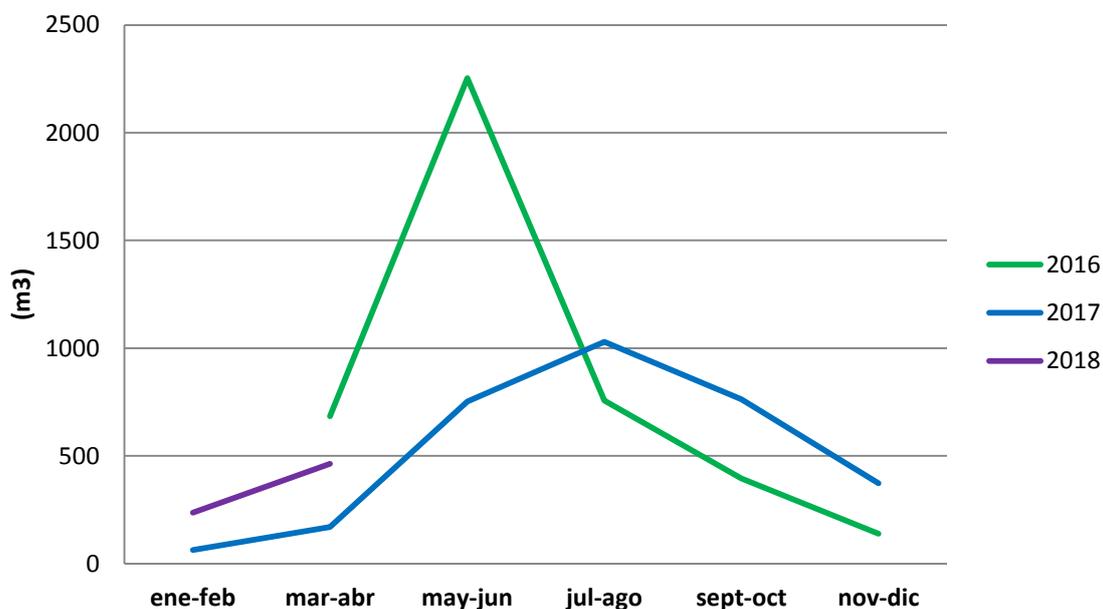


Figura 5.28. Escuela N°5. Sector SUM, cocina y aulas entrepiso orientación NO. Consumo de gas (m³).

5.7.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.29), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 53%, seguida por el equipamiento escolar (20%), la refrigeración (14%), la cocina (7%), la sala de máquinas (4%) y la calefacción (2%). La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 5.

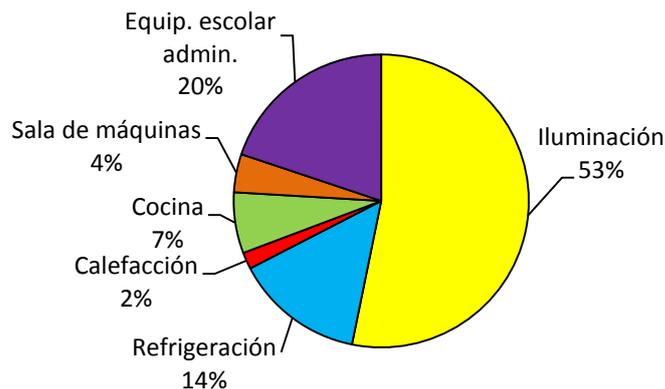


Figura 5.29. Escuela N°5. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Los usos finales varían su participación de acuerdo al período climático del año (Figura 5.30). La iluminación representa el 62% del consumo de energía eléctrica tanto en invierno como en media estación. En los meses cálidos, la refrigeración alcanza un 40% y la iluminación disminuye a un 34% del consumo eléctrico. La cocina y el equipamiento escolar y administrativo mantienen un consumo constante durante todo el ciclo lectivo variando la participación de acuerdo al impacto de los demás usos finales. El consumo eléctrico en calefacción se debe al equipo de aire central de la casona y por algún caloventor que, aunque son artefactos pequeños, su consumo es elevado.

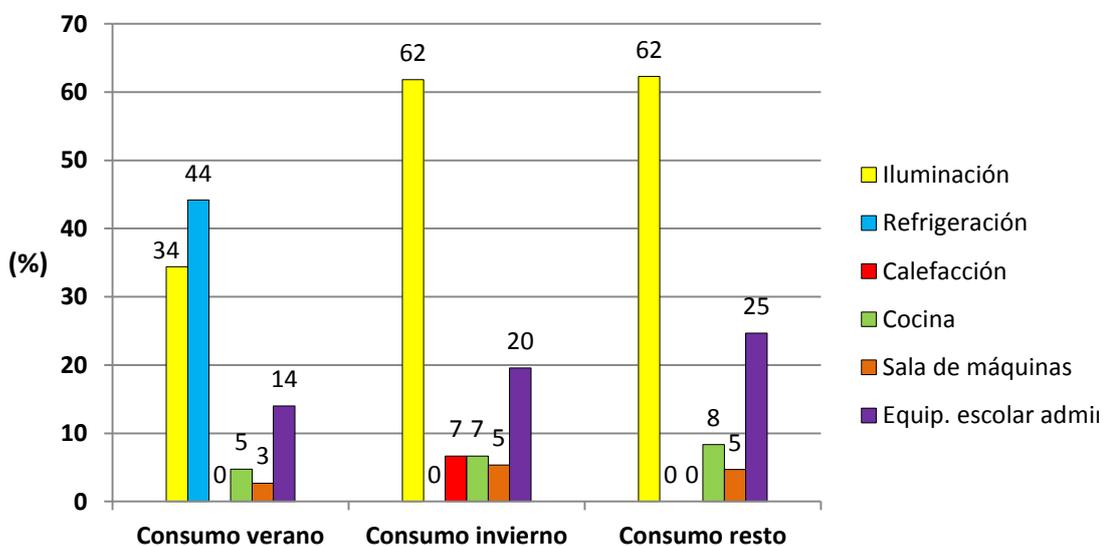


Figura 5.30. Escuela N°5. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.7.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

El uso principal en el consumo anual de gas es la calefacción con el 87% de participación, mientras que la cocina representa el 10% y el agua caliente el 3% (Figura 5.31).

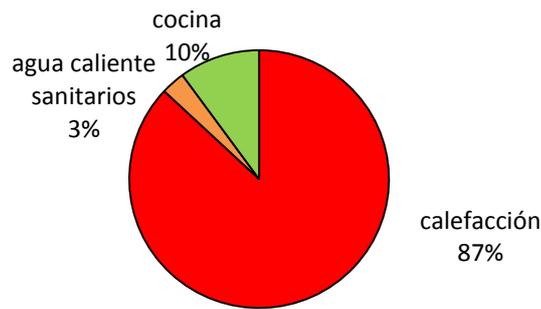


Figura 5.31. Escuela N°5. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.

5.7.6 Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía total (82 kWh/m² anual) se sitúa en el valor promedio de los casos relevados. El consumo eléctrico (27 kWh/m² anual) está por debajo del valor promedio y el consumo de gas (55 kWh/m² anual) apenas por encima del valor promedio.

Resulta interesante este caso por la diversidad de situaciones y las potenciales mejoras a aplicar. A diferencia de los casos anteriores, esta escuela ocupa un amplio terreno con volúmenes que delimitan y conforman un patio central, favoreciendo niveles adecuados de iluminación y ventilación natural en interiores.

Dentro de los **conflictos** observados, el uso de las 6 calderas de calefacción no resulta eficiente. Las calderas sirven a pisos radiantes de sectores con diferentes orientaciones y ganancias térmicas, a pesar de lo cual, se regulan en la misma temperatura y se mantienen encendidas (en temperatura mínima) durante la noche de lunes a jueves. Es importante señalar que la temperatura del agua para piso radiante no supera los 45°C, a diferencia del agua para los sistemas de radiadores que llega a 75°C, por lo que el consumo de gas es menor en el sistema de piso radiante.

En relación al consumo de energía eléctrica, las luminarias son fluorescentes. Sin embargo, a diferencia de los casos anteriores, varios espacios de circulación reciben suficiente luz natural y, aprovechando esta situación, no se encienden luminarias en ellos. A esto se suma un horario de limpieza que finaliza a las 21 hs, más limitado que las escuelas anteriores y que colabora en una reducción de horas de uso de luminarias.

El consumo en electricidad y gas de la cocina es moderado, muy por debajo del consumo de las otras escuelas que poseen cocina.

Las aulas del piso 3 sobre la fachada noroeste tienen demasiada superficie vidriada y sobre ellas se encuentra la terraza accesible con incidencia solar constante durante el día, dado que el vecindario es de edificios bajos. Esta exposición a la radiación solar genera sobrecalentamiento y molestias visuales en el interior que provocan el uso de blackouts, a pesar de haber toldos en el exterior.

Varias aulas poseen ventanas en dos laterales que posibilitaría la ventilación cruzada. Las ventanas de un lateral están elevadas y son de difícil alcance, situación que impide aprovechar la ventilación cruzada para refrescamiento en verano. Estas aulas, sobre la medianera y abiertas al patio exterior, tienen acceso a través de circulaciones exteriores que funcionan como espacios intermedios ofreciendo protección a la radiación solar directa del noroeste.

Una estrategia positiva de diseño pasivo se verifica en las aulas de los pisos superiores del volumen del SUM, que tienen ventanas tanto en la fachada como en el cerramiento lindante al hall de circulación que posibilita la ventilación cruzada.

5.7.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversas posibilidades de mejora en el desempeño energético de esta escuela. Dentro de las más importantes, y con el objetivo de reducir el consumo de gas, la posibilidad de automatizar el sistema de calefacción, incorporando *timer* y termostato exterior o, como alternativa, la posibilidad de establecer horarios más acotados de encendido manual de la caldera, permitirían ahorros de gas.

En relación a las instalaciones técnicas, como se verificó en los casos anteriores, el cambio a luminarias LED produciría un importante ahorro en el consumo eléctrico. Y, el manejo responsable de las luminarias por parte del usuario tendría mucha incidencia en un posible ahorro, al no haber luminarias LED.

Donde se utilizan caloductos, como se verificó en la recepción, sería conveniente analizar la posibilidad de utilizar otro sistema de calefacción de menor consumo, como equipos *split*, cuyo consumo es mucho menor; o extender el sistema central de la administración a la recepción.

A continuación, la Tabla 5.24 presenta el actual desempeño energético del edificio por cada uso final y el correspondiente potencial ahorro en consumo de energía en relación a los tres aspectos evaluados: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario. La manera de evaluar el ahorro es cualitativa, ponderando el mismo según el rango estimado de contribución al mismo: bajo, medio y alto.

Tabla 5.24. Escuela N°5. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	BAJO (encendido constante y uniforme de las 6 calderas; no se aprovecha la sectorización y no se apagan de noche)	ALTO (automatización de caldera)	ALTO (aberturas: incorporación de burletes; cambio por carpinterías con mayor aislación térmica; muros y terrazas: aumento de aislación térmica)	ALTO (control de horarios de encendido diario de caldera, diferenciación por sector y apagado durante la noche)
iluminación	MEDIO (falta de control en tiempo de encendido y apagado)	ALTO (transición a luminarias LED)	MEDIO (mejora en sistemas de control solar y aprovechamiento de la luz solar en fachada noroeste; colores claros en balcones de acceso a aulas medianera)	ALTO (mayor control de encendido y apagado de luminarias)

refrigeración	BAJO (falta de control en tiempo de encendido y regulación de temperatura)	ALTO (transición a equipos con tecnología <i>inverter</i> y etiquetado clase A)	MEDIO (mayor aislación térmica en losa de terraza)	MEDIO (control de temperatura máxima y apagado de equipos cuando no haya gente en el espacio)
sala de máquinas	-	-	-	-
equipamiento de cocina	MEDIO	MEDIO (equipos más eficientes; medidor eléctrico independiente para cocina)	-	MEDIO (control de tiempos de encendido; solicitud al concesionario de equipamiento eficiente)
equipamiento escolar y administrativo	BAJO	ALTO (transición a equipos más eficientes)	-	ALTO (mayor control de tiempos de encendido y de apagado cuando los equipos no estén en uso)

5.7.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

Las potenciales mejoras del diseño pasivo se indican en la Tabla 5.25.

Tabla 5.25. Escuela N°5. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	ALTO (aberturas suficientes para ventilar aulas y circulaciones; ventilación cruzada por medio de aberturas entre aulas y hall de circulación)	MEDIO (posibilidades de ventilación cruzada por patio central y ventanas bloqueadas en algunas aulas)
iluminación natural	MEDIO (superficies vidriadas generosas aunque los niveles de iluminancia no logran una distribución pareja en los espacios)	MEDIO (incorporación de dispositivos de control y re-direccionamiento de luz natural en aulas de fachada noroeste; tonos claros en superficies de balcones de acceso a aulas de la medianera para reflejar la iluminación exterior)
protección solar	MEDIO (toldos y cortinas <i>roller black out</i>)	BAJO

El volumen del SUM tiene orientación noroeste. Las aberturas de aulas poseen toldos en el exterior y cortinas tipo *roller blackout* en el interior. Este sector sufre de molestias visuales y sobrecalentamiento. La utilización de toldos y *blackout* juntos, disminuye los niveles de iluminancia de las aulas. Sería interesante analizar algún sistema de parasoles que proteja de la radiación solar directa y, que a la vez, permita el aprovechamiento de la iluminación natural, sin llegar a oscurecer las aulas como resulta con los sistemas *blackout*.

Las aulas de la medianera tienen potencial de mejora en cuanto a iluminación natural y a la ventilación natural. Para aumentar los niveles de iluminación natural en ellas, se podrían aclarar los tonos de las superficies de los balcones de circulación, mientras que para optimizar la ventilación natural y lograr ventilación cruzada, podrían habilitarse las ventanas sobre la medianera, ya que el terreno vecino lo utiliza la escuela.

5.7.9 Elementos positivos de la arquitectura existente rescatar

El **patio central** es un elemento de enorme potencial en edificios para generar mejoras tanto en el confort como en la eficiencia energética. En este caso, el patio tiene un tamaño generoso y proporciones muy buenas. El patio, por lo general, incrementa las posibilidades de tener doble entrada de luz en aulas emparejando los niveles de iluminancia y eliminando zonas oscuras. También, el uso de colores claros en el patio puede aumentar los niveles de iluminación interiores a través de los reflejos en las superficies. Adicionalmente, el patio posibilita la ventilación cruzada en muchos espacios interiores, permitiendo un mayor refrescamiento en el edificio. En climas templados, como el de la ciudad de Buenos Aires, varias escuelas poseen balcones de circulación abiertos (sin cerramientos) que funcionan como espacios intermedios que proveen protección solar. El tratamiento de estas circulaciones impacta en los espacios interiores. Colores claros se superficies y ventanas entre el aula y la circulación son elementos que colaboran con un mayor confort.

5.8 Caso de estudio 6

5.8.1 Datos generales

Las características generales de la escuela N°6 se presentan a continuación (Tabla 5.26):

Tabla 5.26. Escuela N°6. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°6			
	Ubicación	Palermo, Ciudad Autónoma de Buenos Aires			
	Niveles académicos	Primaria			
Características funcionales	Matrícula	410 alumnos			
	Cant. alumnos/ aula	29 alumnos por aula en primaria			
	Horario escolar	8 a 16,30 hs			
	Horario actividades extracurriculares	16,30 a 18.30 hs en planta baja			
	Horario de limpieza	6 a 18,30 hs. 2 personas.			
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Vacaciones invierno	Vacaciones octubre
		2015	1/3 al 15/12	20/7 al 31/7	-
		2016	1/3 al 15/12	18/7 al 29/7	-
2017		23/2 al 15/12	17/7 al 28/7	1 semana	
Características edilicias	Año de construcción	1970 aproximadamente			
	Morfología	Edificio con patio central. Este patio central tiene un techo desplazable que se abre o cierra de acuerdo al clima. Aulas al frente y contrafrente.			
	<p>Esquema de planta</p>				
	Orientaciones	Frente: SE y vereda con arboleda tupida. Contrafrente: NO			
	Niveles	PB y 3 pisos.			
	Espacios	SUM, cocina, oficinas y aulas en PB. Aulas al frente y contrafrente en pisos 1, 2 y 3.			
	Sup. total	3150 m2 incluyendo patio central techado.			
	Sup. promedio de aula	34 m2			

5.8.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (tabla 5.27) y del diseño pasivo (tabla 5.28), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

Tabla 5.27. Escuela N^o6. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Instalaciones técnicas	Calefacción	Sistema de calefacción central con caldera de agua caliente a gas de 480000 kcal/h con radiadores en espacios como aulas, SUM y oficinas. Accionamiento manual. Se enciende a las 6 hs y se apaga a las 17 hs. En días más templados, se apaga a las 13 hs. La caldera se enciende con temperaturas menores a 14 grados. No se calefaccionan los espacios de circulación semicubiertos ni el patio.	Control de horarios para encendido y apagado.	POSITIVO
	Agua caliente	2 termotanques a gas natural de 50 litros y alta recuperación para uso exclusivo de cocina.	-	-
	Iluminación	Las luminarias son fluorescentes de bajo consumo. Se encienden manualmente a la mañana. Las luminarias de las circulaciones exteriores se apagan cuando hay buenos niveles de iluminación natural.	Luminarias encendidas de manera continua hasta finalizar horario limpieza.	NEGATIVO
	Refrigeración	Equipos individuales de ventana y <i>split</i> en aulas y oficinas. Ventiladores en aulas. 2 equipos piso techo de 12000 frig. y 2 equipos <i>split</i> de 5500 frig. en SUM. Los equipos se encienden de 8 a 18 hs.	Equipos encendidos de manera continua hasta finalizar horario de clases o limpieza.	NEGATIVO
	Sala de máquinas	Bombas elevadoras de agua y de recirculación de caldera.		-
	Ascensor	1 ascensor con motor de 20 HP.	Bastante uso. Personal administrativo, de mantenimiento, padres y maestros.	NEGATIVO
	Equipamiento de cocina	Cocina de 6 hornallas con horno y de 4 hornallas con horno. 2 hornos pizzeros a gas natural. 2 termotanques de 50 litros de alta recuperación. 6 heladeras, 2 <i>freezers</i> , 2 mesadas para servir comidas calientes y otra fría. Freidora, amasadora, sobadora.	No existe control sobre el uso del equipamiento.	NEGATIVO
	Equipamiento escolar y administrativo	Computadoras de escritorio en oficinas y aula de computación, computadoras portátiles para aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos e impresoras. <i>Dispenser</i> de agua y cafeteras.	Accionar moderado.	NEUTRO

Tabla 5.28. Escuela N°6. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Diseño pasivo	Ventilación natural	ALTO Buena ventilación natural en general. Todos los ambientes poseen aberturas de fácil accionamiento y a una altura adecuada. Las carpinterías son de chapa doblada y vidrio simple. Corredizas a 1 m de altura y de empuje en lo alto. Malla metálica exterior de protección donde hay corredizas.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	MEDIO Buenos niveles de iluminación natural. Falta de control para un mayor aprovechamiento.	Aprovechamiento de la iluminación natural mientras no existan molestias visuales.	POSITIVO
	Protección solar	BAJO Insuficiente en fachada noroeste. Sobrecalentamiento de aulas y molestias visuales.	Accionamiento manual de cortinas.	POSITIVO

5.8.3 Consumos históricos de electricidad y gas

La Figura 5.32 muestra el consumo mensual de electricidad (kWh) entre enero de 2015 y diciembre de 2017.

El primer dato a destacar es el aumento de consumo en los meses cálidos, a causa del funcionamiento de equipos de refrigeración, en todos los espacios de la escuela.

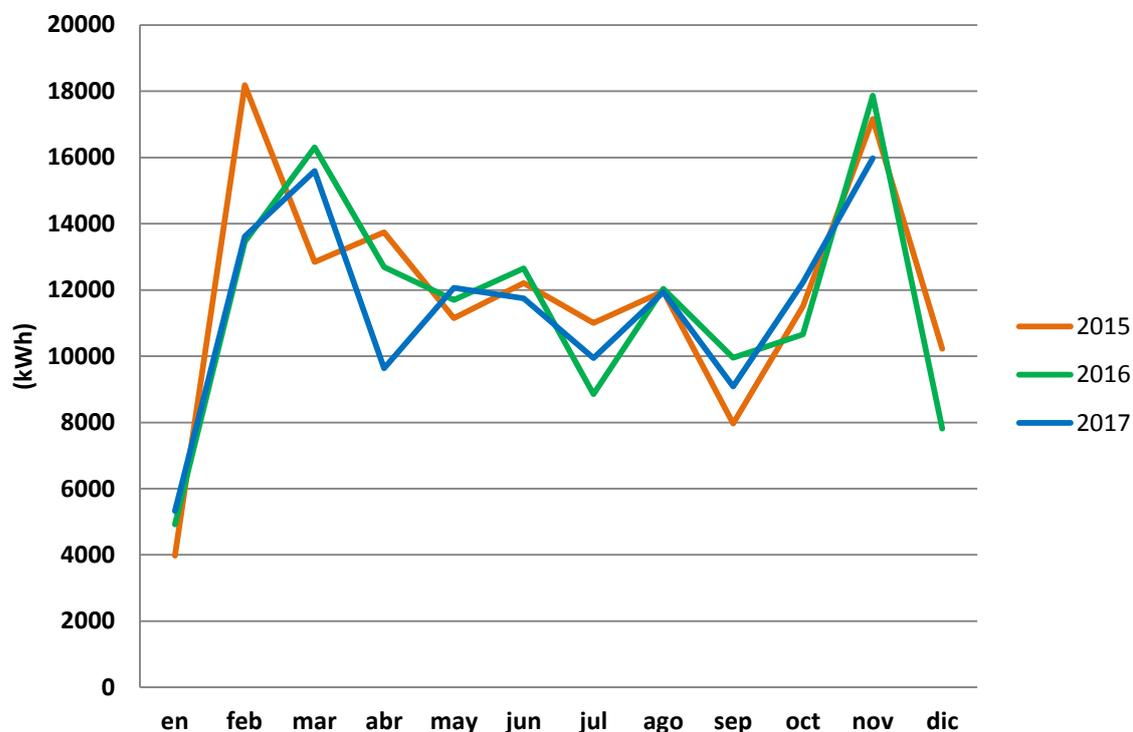


Figura 5.32. Escuela N°6. Consumo mensual de electricidad (kWh).

Se observa en el gráfico de potencia adquirida (Figura 5.33) que los picos de demanda se producen

en los meses cálidos de noviembre, febrero y marzo aumentando el valor de la potencia adquirida debido al uso de equipos de refrigeración.

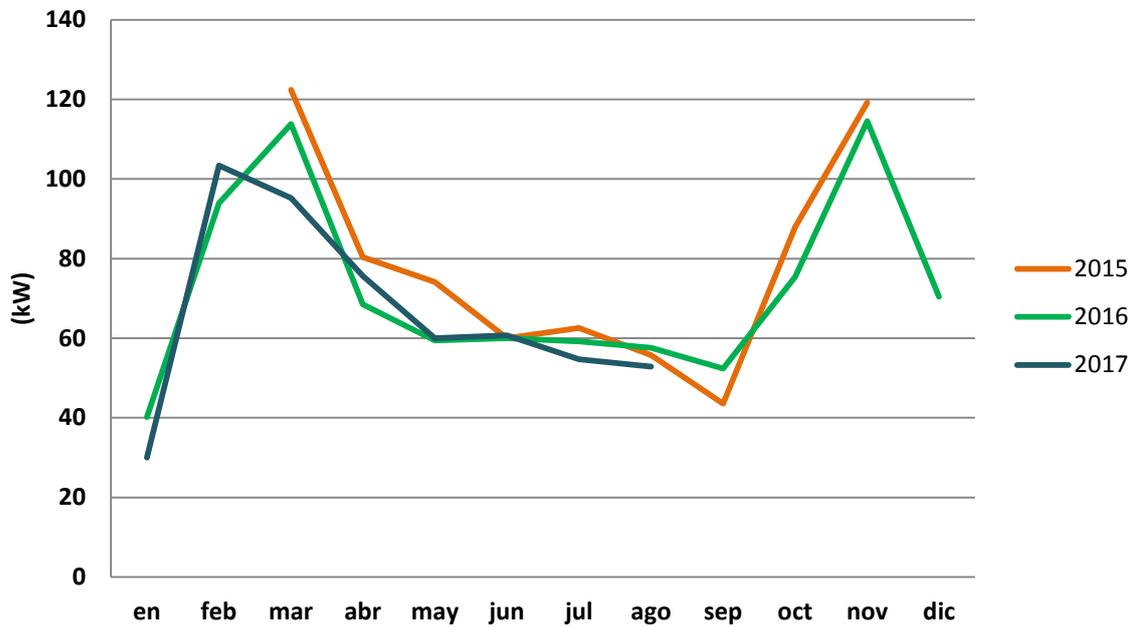


Figura 5.33. Escuela N°6. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 40 kW.

La Figura 5.34 muestra el consumo mensual de gas (m³) entre febrero de 2015 y septiembre de 2016. Se observa que el consumo de gas aumenta en los meses de invierno debido al sistema de calefacción central, con una baja en el período de vacaciones de invierno. La cocina genera un consumo de gas constante a lo largo de todos los meses del ciclo lectivo.

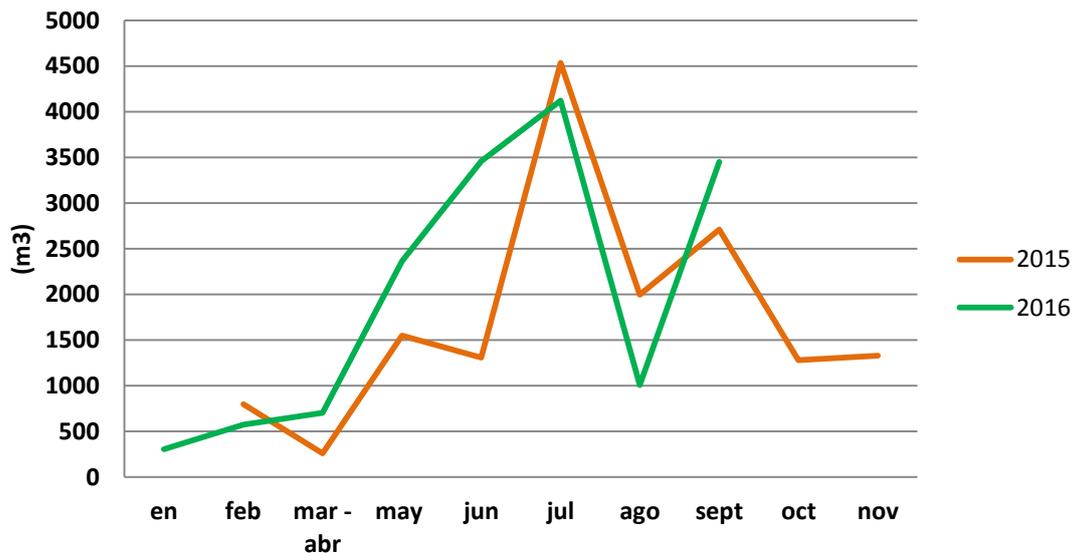


Figura 5.34. Escuela N°6. Consumo mensual de gas (m³).

5.8.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.35), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 54%, seguida por la refrigeración (15%), el equipamiento escolar (12%), la cocina (9%), la sala de máquinas (7%) y la calefacción (3%). La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 6.

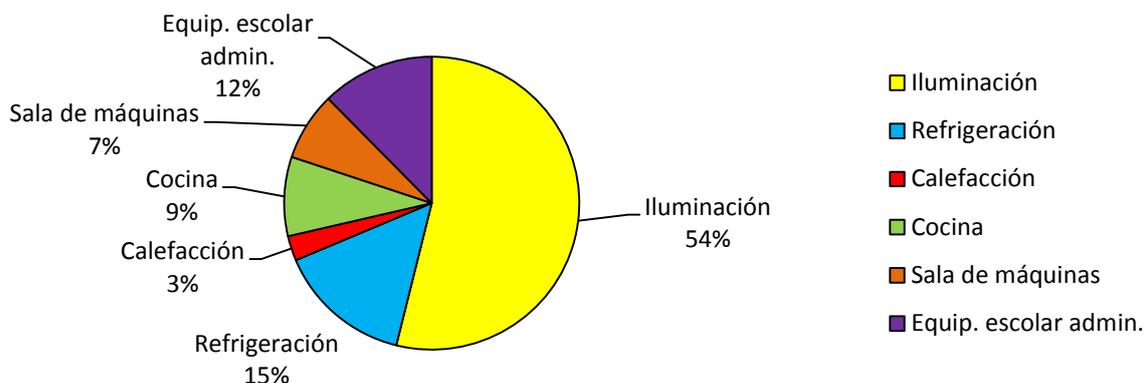


Figura 5.35. Escuela N°6. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Los usos finales varían su participación de acuerdo al período climático del año (Figura 5.36). La iluminación representa el 58 y 67% del consumo de energía eléctrica en invierno y en media estación respectivamente. En los meses cálidos, la refrigeración supera el consumo en iluminación, alcanzando un 47% del consumo eléctrico. La cocina y el equipamiento escolar y administrativo mantienen un consumo constante durante todo el ciclo lectivo variando la participación de acuerdo al impacto de los demás usos finales.

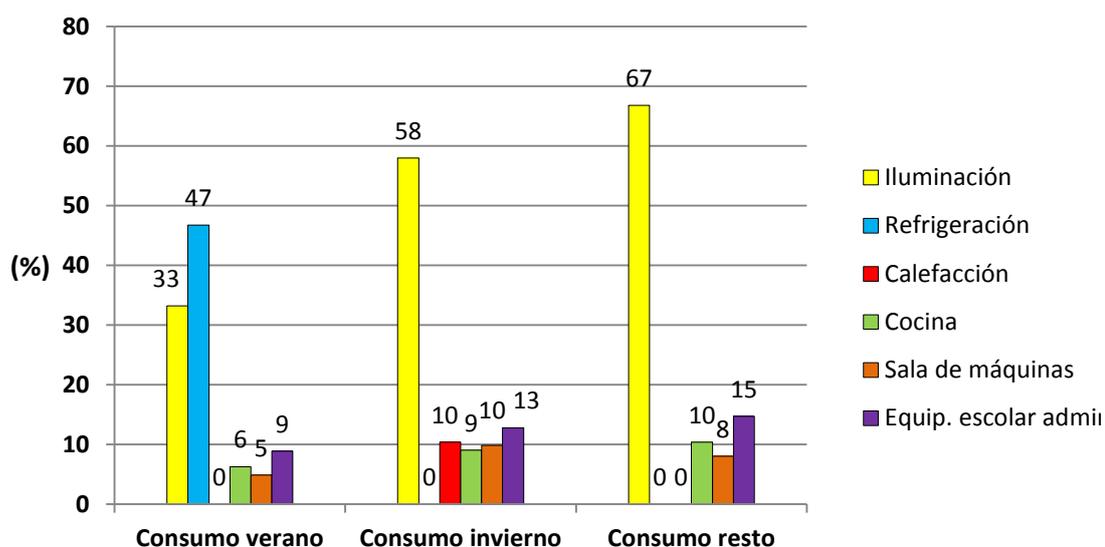


Figura 5.36. Escuela N°6. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.8.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

El consumo de gas se divide en partes casi iguales entre la calefacción y la cocina (Figura 5.37). La calefacción representa el 52 % del consumo de gas, con un sistema central de caldera de agua y radiadores. La caldera se enciende a las 6 hs y se apaga entre las 13 y 17 hs dependiendo de la temperatura en aulas.

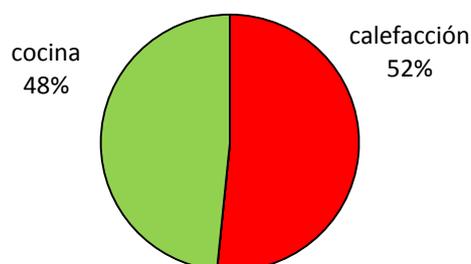


Figura 5.37. Escuela N°6. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.

5.8.6 Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía total (113 kWh/m^2 anual) es de los más elevados dentro de los casos de estudio analizados, tanto en electricidad (43 kWh/m^2 anual), como en gas (70 kWh/m^2 anual).

El consumo de gas, como se dijo, incluye cocina y calefacción. Dentro de los **conflictos** observados, el consumo de la cocina es muy alto en comparación a las otras escuelas relevadas, estimándose en 7650 m^3 de gas al año, mientras que las otras dos cocinas de tamaño similar de las escuelas N°2 y N°3 consumen alrededor de 4300 m^3 . Por otro lado, la capacidad de la caldera (480000 kcal/h) es excesiva, en comparación con las demás escuelas relevadas, en especial con la escuela N°8, que posee una caldera de 150000 kcal/h para climatizar la misma superficie y que consume 40 % menos de gas. El tiempo de encendido, por más que en la escuela N°6 sea manual, es similar, lo que indica un exceso de consumo debido a la capacidad de la caldera, que requiere mayor energía para que el agua llegue a la temperatura adecuada.

En cuanto al consumo eléctrico, las luminarias son fluorescentes en la mayor parte de espacios y dicroicas en sanitarios. Las circulaciones que dan al atrio central, de acuerdo a la época del año, no tienen luminarias encendidas.

Todos los espacios poseen equipos de aire acondicionado. Entre ellos, varias aulas con orientación oeste todavía poseen equipos de ventana, y no poseen protección solar exterior como toldos o parasoles, hecho que exige un consumo elevado durante toda la jornada en días de calor. El bloque de aulas que da al contrafrente con orientación noroeste recibe impacto de la radiación directa solar durante la mayor parte del día. Solo hay cortinas de género interiores, que no resultan suficientes para disminuir de manera eficaz el sobrecalentamiento.

La existencia del ascensor no es un tema menor, ya que éste tiene un alto potencial de consumo de acuerdo a la frecuencia de uso. Dado que el ascensor está en camino a la escalera, y está permitido el uso del mismo para los docentes y el personal administrativo, de mantenimiento y de limpieza, a excepción de los alumnos, este tiene un uso bastante frecuente. Para el período de estudio, no se verifica que el usuario tenga un accionar

responsable frente al consumo de energía, hecho que comienza a revertirse de a poco hacia fines de 2017.

5.8.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversas posibilidades de mejora en el desempeño energético del edificio (Tabla 5.29)

Tabla 5.29. Escuela N°6. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	MEDIO (control de horarios; encendido durante horario de clases; exceso de capacidad de la caldera)	ALTO (cambio de caldera por una de menor capacidad y de mayor eficiencia; automatización de caldera)	MEDIO (aberturas: incorporación de burletes; cambio por carpinterías con mayor aislación térmica; muros y terrazas: aumento de aislación térmica)	BAJO (el personal de mantenimiento está pendiente del encendido y apagado de la caldera de acuerdo a la temperatura)
iluminación	BAJO (luminarias fluorescentes y dicroicas; falta de control en tiempo de encendido y apagado)	ALTO (transición a luminarias LED)	ALTO (mejora de sistemas de control de luz natural en fachada noroeste para evitar utilización de cortinas y consecuente oscurecimiento de aulas)	ALTO (mayor control de tiempos de encendido y apagado de luminarias)
refrigeración	BAJO (falta de control en tiempo de encendido y regulación de temperatura; equipos poco eficientes)	ALTO (transición a equipos con tecnología <i>inverter</i> y etiquetado clase A)	ALTO (parasoles o toldos en fachada noroeste para disminuir ganancias térmicas; utilización del patio central y techo desplazable para expulsar aire caliente en verano)	ALTO (mayor control de temperatura máxima y apagado de equipos)
ascensor	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO (limitar el uso a personas con necesidades especiales, incentivar uso de escaleras)
equipamiento de cocina	BAJO (falta de control en equipamiento y en consumos)	MEDIO (equipos más eficientes; medidor eléctrico independiente para cocina)	-	ALTO (control de tiempos de encendido; solicitud al concesionario de equipamiento eficiente)
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO	MEDIO (equipos más eficientes)	-	ALTO (mayor control de tiempos de encendido y de apagado cuando los equipos no estén en uso)

Dentro de las posibles mejoras en relación a las instalaciones técnicas, el cambio a luminarias LED produciría un importante ahorro en el consumo eléctrico, como ya se ha visto en casos

anteriores. Mientras no suceda este cambio, el manejo responsable de las luminarias por parte del usuario tiene una alta incidencia en un potencial ahorro.

En relación a la caldera del sistema de calefacción, debería evaluarse la posibilidad de cambiar la caldera por una de menor capacidad para bajar el consumo, sabiendo que es un cambio que incluye una inversión de capital importante. De realizarse este cambio, es importante la elección de una caldera eficiente. Por otro lado, y también relativo a la calefacción, no es aconsejable el uso de caloductos portátiles, que aun siendo pequeños, provocan elevados consumos.

En cuanto a la cocina, sería beneficioso mejorar la eficiencia del equipamiento eléctrico y establecer reglas de uso con el concesionario de la cocina actual, o con el próximo al firmar un nuevo contrato.

Todo accionar más responsable por parte del usuario es aconsejable para reducir consumos, en relación a las luminarias, a los equipos de refrigeración y al equipamiento electrónico como computadoras, impresoras, etc.

5.8.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

El diseño pasivo de este edificio aporta diversas oportunidades de mejora para el desempeño energético y el confort del edificio (Tabla 5.30).

Tabla 5.30. Escuela N°6. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	MEDIO (aberturas suficientes para ventilar aulas y circulaciones)	MEDIO (protección solar en fachada noroeste; posibilidades de ventilación cruzada a través patio central, control de la cubierta del techo para controlar ventilación y temperatura del edificio)
iluminación natural	MEDIO (superficies vidriadas generosas aunque los niveles de iluminancia no logran una distribución pareja en los espacios y las aulas de la fachada noroeste registran molestias visuales)	ALTO (incorporación de aberturas en aulas hacia el patio central para lograr mejor aprovechamiento y distribución de la iluminación natural; dispositivos de control en aberturas para re-direccionamiento y mejora de la distribución de la iluminación natural)
protección solar	BAJO (ausencia de protección solar en fachada noroeste; cortinas de genero interiores)	ALTO (incorporación de parasoles exteriores o toldos)

El primer punto necesario de aplicar, es la incorporación de un sistema de control solar en la fachada noroeste, que frene la radiación directa y a la vez, favorezca un aprovechamiento de la iluminación natural en las aulas. Esto disminuiría las molestias visuales, y por ende, el uso de la iluminación artificial. Por otro lado, disminuiría las ganancias térmicas de este sector y de esa manera, el tiempo de uso de equipos de refrigeración.

Otra posibilidad interesante de aplicar, es la incorporación de aberturas en aulas, sobre el lado de la circulación de acceso sobre el atrio central. Esto aportaría una segunda fuente de luz

natural en las aulas, emparejando los niveles interiores de iluminación eliminando las zonas más desfavorecidas de los espacios.

Un uso adecuado de la cubierta corrediza del patio, puede favorecer la expulsión de aire caliente en verano y el refrescamiento durante la noche. Al mismo tiempo, la cubierta funciona en invierno como invernadero captando la radiación solar en días soleados, aportando ganancias térmicas al atrio central, que luego impacta en las aulas.

5.8.9 Elementos positivos de la arquitectura existente para rescatar

Como en el caso de estudio anterior, el patio central es un elemento de alto potencial para mejoras en el confort y en el desempeño energético del edificio.

Un buen uso del patio central permite optimizar el aprovechamiento de la iluminación natural y disminuir el uso de iluminación artificial. El manejo de colores en las circulaciones del patio impacta en el interior de aulas, siendo recomendable utilizar colores claros con mayor nivel de reflectancia.

El patio central también favorece mejoras en ventilación natural, al permitir la ventilación cruzada en aulas con el solo hecho de incorporar aberturas sobre el patio. La cubierta techada del patio permitiría hacer un uso consciente bioclimático de acuerdo al clima para permitir refrescamiento en verano y generar ganancias térmicas en invierno.

5.9 Caso de estudio 7

5.9.1 Datos generales

Las características generales de la escuela N°7 se presentan a continuación (Tabla 5.31):

Tabla 5.31. Escuela N°7. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°7				
	Ubicación	Olivos, Provincia de Buenos Aires				
	Niveles académicos	Secundaria – Escuela Media (7º y 8º grado)				
Características funcionales	Matrícula	270 alumnos (6 aulas de 7º y 6 aulas de 8º)				
	Cant. alumnos/ aula	23 alumnos por aula				
	Horario escolar	7 a 16 hs				
	Horario actividades extracurriculares	No hay				
	Horario de limpieza	Hasta las 20 hs.				
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Exámenes diciembre	Vacaciones invierno	Vacaciones septiembre
		2015	1/3 al 15/12	Hasta 19/12	2º, 3º y 4º semana de julio	3º semana de septiembre
2016		1/3 al 15/12	Hasta 19/12	2º, 3º y 4º semana de julio	3º semana de septiembre	
2017		23/2 al 15/12	Hasta 19/12	2º, 3º y 4º semana de julio	3º semana de septiembre	
Características edilicias	Año de construcción	1990 aproximadamente				
	Morfología	Edificio en esquina, parte de un conjunto mayor de edificios que conforman toda la escuela secundaria.				
		<p>Esquema de planta</p>				
	Orientaciones	Frentes: SE y SO				
	Niveles	SS, PB pisos 1 y 2 y terraza accesible de juegos.				
	Espacios	Gimnasio y vestuarios en SS. Volumen de esquina: 12 aulas distribuidas en PB, pisos 1 y 2. Volumen de oficinas, sanitarios y circulación sobre fachada SE.				
	Sup. total	2611 m ²				
Sup. promedio de aula	36 m ²					

5.9.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (Tabla 5.32) y del diseño pasivo (Tabla 5.33), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

Tabla 5.32. Escuela N°7. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Instalaciones técnicas	Calefacción	Sistema de calefacción central con caldera de agua a gas (140000 kcal/h) y radiadores en aulas, oficinas y circulaciones. Encendida de 6 a 17 hs a partir del año 2017. En el SUM hay 6 calentadores que funcionan con el mismo sistema de caldera.	Hasta el año 2016 inclusive se dejaba la caldera encendida de noche durante la época de frío. a partir del año 2017 control de horarios de encendido, 6 a 17 hs	NEGATIVO hasta 2016 POSITIVO desde 2017
	Agua caliente	1 termotanque de 300 litros para uso de vestuarios.		
	Iluminación	Luminarias bajo consumo en aulas, oficinas, sanitarios y circulaciones. Reflectores en SUM. Las luminarias permanecen encendidas todo el día.	Luminarias encendidas de manera continua hasta finalizar horario limpieza.	NEGATIVO
	Refrigeración	Solo en algunas áreas. 4 equipos <i>split</i> en aulas del piso superior, 5 en oficinas y 1 en aula de computación. No hay refrigeración en gimnasio ni en aulas de PB y piso 1.	Equipos encendidos de manera continua hasta finalizar horario de clases o limpieza.	NEGATIVO
	Sala de máquinas	Bombas de extracción de agua de napa en constante funcionamiento. Bombas pluviales en patios ingleses a nivel de SS, funcionan constantemente cuando llueve. Bombas elevadoras de agua y de recirculación de caldera.	-	-
	Ascensor	1 ascensor con motor de 7,5 KW.	Poco uso. Solo para personas con necesidades especiales.	POSITIVO
	Equip. de cocina	-	-	-
	Equipamiento escolar y administrativo	Computadoras de escritorio en oficinas y portátiles para aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos e impresoras. <i>Dispenser</i> de agua y cafeteras.	-	NEUTRO

Es destacable el cambio en el manejo de la caldera por parte del usuario. El cambio se manifiesta claramente en la disminución de consumos de gas. También es positivo el uso del ascensor, limitándose a personas con capacidades especiales o situaciones excepcionales. La ubicación del ascensor, detrás de la escalera, predispone a utilizar ésta dado que se encuentra delante y toma menos tiempo de subida.

En relación al diseño pasivo, este edificio posibilita el accionamiento manual de aberturas para ventilas espacios y posee buenos niveles de iluminación natural especialmente en circulaciones donde no es necesaria la iluminación artificial.

Tabla 5.33. Escuela N°7. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Diseño pasivo	Ventilación natural	ALTO Buena ventilación natural en general. Todos los ambientes poseen aberturas de fácil accionamiento y a una altura adecuada. Posibilidad de ventilación cruzada en aulas a través de hall de circulación. Aberturas en aulas a un nivel muy elevado, por encima de 1,8 m. Las carpinterías son de aluminio y vidrio simple. Sistema de abrir banderola.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	ALTO Buenos niveles de iluminación natural. Fachada SE no presenta problemas de radiación directa. Circulaciones con mucha superficie vidriada y sin necesidad de encender luminarias.	Solo hay cortinas <i>rollers</i> tipo <i>screen</i> en aulas del piso 3. No hay posibilidad de oscurecer en el resto de aulas.	POSITIVO
	Protección solar	MEDIO Cortinas <i>roller screen</i> en aberturas del piso 2. Solo se necesita protección solar en las primeras horas de la mañana sobre fachada SE.	Accionamiento manual de cortinas.	POSITIVO

5.9.3 Consumos históricos de electricidad y gas

La Figura 5.38 muestra el consumo mensual de electricidad (kWh) entre enero de 2016 y septiembre de 2017.

El primer dato a destacar es el consumo casi uniforme de electricidad durante el año, con muy poca variación entre los meses cálidos y los meses fríos. Este edificio posee un consumo elevado de bombas pluviales y de extracción de agua de napa, estas últimas funcionando de manera continua durante todo el año.

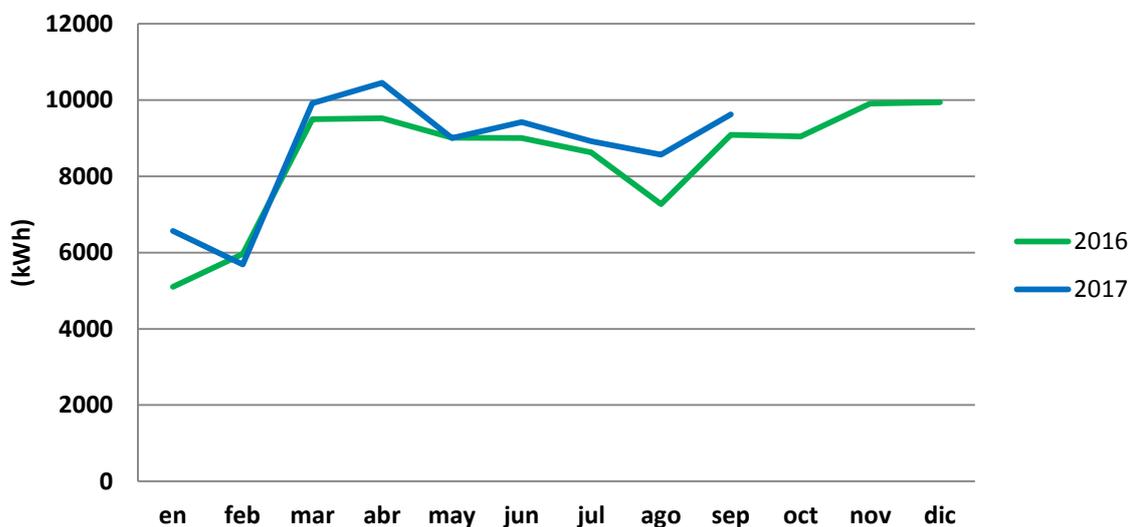


Figura 5.38. Escuela N°7. Consumo mensual de electricidad (kWh).

Se observa en el gráfico de potencia adquirida (Figura 5.39) que los picos de demanda se producen en los meses cálidos de marzo, noviembre y diciembre, aumentando el valor de la potencia adquirida debido al uso de equipos de refrigeración.

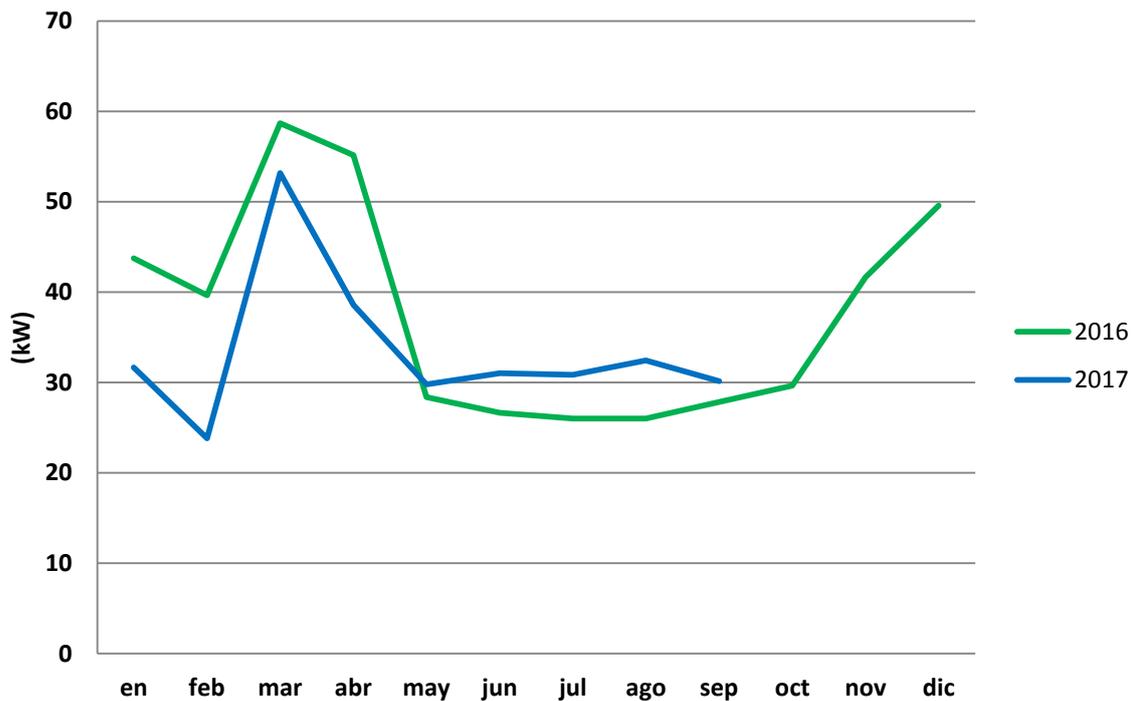


Figura 5.39. Escuela N°7. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 26 kW.

La Figura 5.40 muestra el consumo de gas (m³) entre enero de 2016 y septiembre de 2017. Es notable la disminución del consumo de gas a partir de 2017, causada por un mayor control en horarios de encendido de caldera del sistema calefacción.

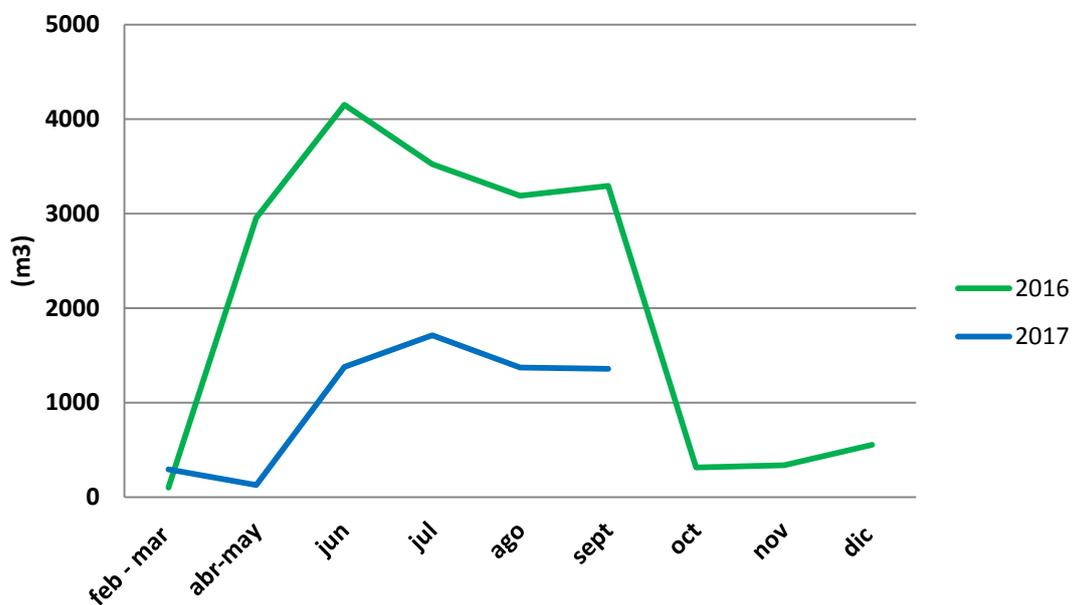


Figura 5.40. Escuela N°7. Consumo mensual de gas (m³).

5.9.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.41), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 70%, seguida por la sala de máquinas (18%), el equipamiento escolar (8%) y la refrigeración (8%). La sala de máquinas tiene una participación elevada por las bombas de extracción de agua de napa y las bombas pluviales de patios ingleses. La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 7.

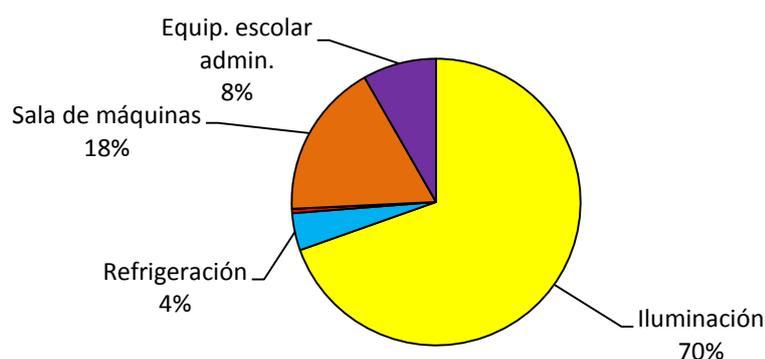


Figura 5.41. Escuela N°7. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Los usos finales varían muy poco su participación de acuerdo al periodo climático del año (Figura 5.42). La iluminación representa el consumo mayor en los tres periodos, con valores entre 61 y 73% del consumo eléctrico. Más alejada está la refrigeración en verano, con 16%. La sala de máquinas presenta un consumo mayor de lo habitual debido a la bomba de extracción de agua de napa y a las bombas pluviales con participación entre 15 y 18% y, el equipamiento escolar y administrativo se mantiene constante con participación entre 7 y 8%. Con respecto al consumo en iluminación, 1/3 corresponde al consumo de 24 reflectores de 400W encendidos de manera continua (aproximadamente 11 horas diarias) en el gimnasio.

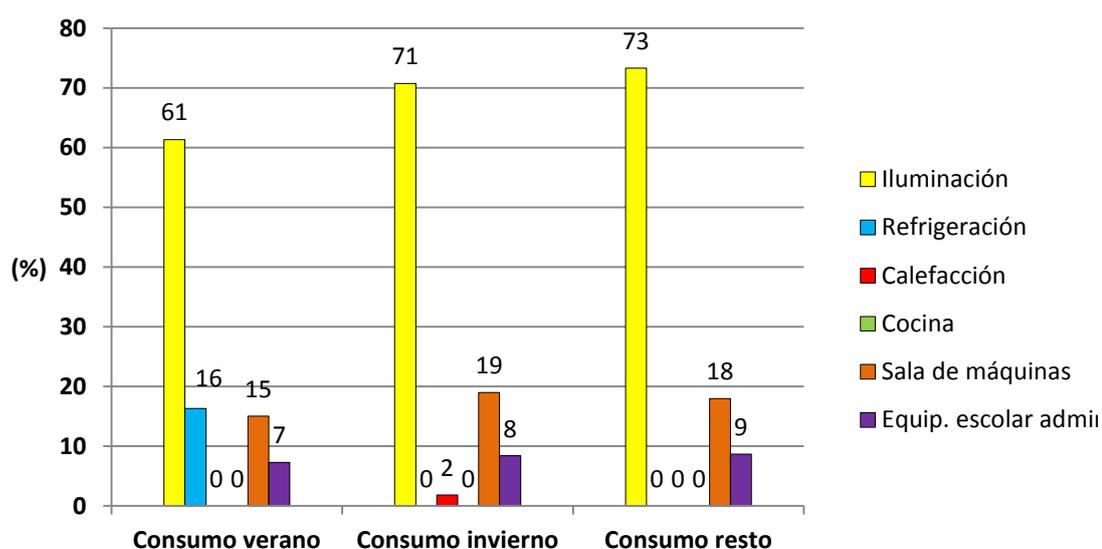


Figura 5.42. Escuela N°7. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.9.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

El uso principal en el consumo de gas es la calefacción (86%), con un sistema central de caldera de agua y radiadores (Figura 5.43). Hasta el año 2016 inclusive, la caldera se mantenía generalmente encendida de lunes a viernes a una temperatura entre 70 y 75°C, sin apagar de noche en épocas frías e inclusive durante los fines de semana. A partir de 2017 el uso de la caldera tiene mayor control encendiéndola solo durante el horario escolar. Un uso menor se registra en el agua caliente para vestuarios (14%).

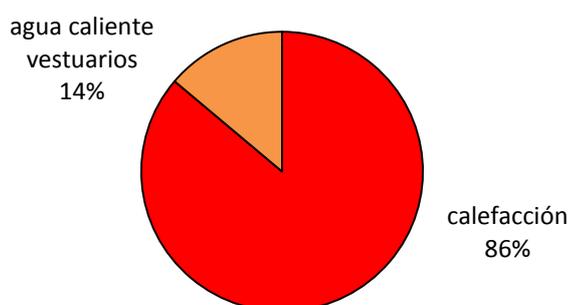


Figura 5.43. Escuela N°7. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.

5.9.6 Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía total (94 kWh/m² anual) es elevado dentro de los casos de estudio analizados, tanto en electricidad (40 kWh/m² anual), como en gas (54 kWh/m² anual).

El consumo alto en electricidad se debe en parte a las bombas de napa y pluviales, aunque el mayor consumo corresponde a la iluminación. Dentro de los **conflictos** observados, las luminarias se mantienen encendidas desde las 7 hs hasta finalizado el horario de limpieza a las 20 hs, más o menos unas 13 horas diarias. La iluminación es de bajo consumo, pero no LED, y el gimnasio, que tiene poca iluminación natural debido a estar en el subsuelo, posee 24 reflectores de 400W, encendidos al menos 10 horas diarias, provocando un consumo muy alto.

En relación a la caldera, hasta el invierno de 2016 no existía control de tiempo sobre la caldera. A partir de 2017 cambia la situación y se enciende solo en horario escolar. El cambio en consumo de gas es sustancial, indicando el potencial ahorro por un manejo responsable de la caldera.

Existe una adecuada ventilación natural en espacios, con posibilidad de ventilación cruzada a través de aberturas entre las aulas y la circulación. También existe buena iluminación natural, sobretodo en circulaciones. La mayor parte de las aulas tienen orientación sudeste, por lo que reciben radiación directa muy temprano en la mañana y luego no necesitan sistemas de control solar. Solo las aulas del piso 2 tienen cortinas tipo *roller* con *screen* y además, equipos *split* de refrigeración. Según la información relevada en el recorrido por el edificio, las aulas del piso 2 alcanzan temperaturas más elevadas en el verano debido a la terraza que tienen encima, que recibe radiación directa durante todo el día.

5.9.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversas posibilidades de mejora en el desempeño energético del edificio.

En relación a la caldera, desde el año 2017 se ha modificado el manejo por parte del personal de mantenimiento y el consumo disminuyó abruptamente. Para aún optimizar más el consumo, se podría automatizar la caldera.

En relación a las luminarias, es claro que el cambio a LED produciría ahorros muy importantes, más aún en casos donde se iluminan con reflectores espacios grandes como gimnasios ubicados en subsuelos. Además del cambio en tecnología, es necesario un cambio en el comportamiento del usuario, no encendiendo luminarias cuando la luz natural es suficiente para ciertos espacios con menos requerimientos, como las circulaciones.

A continuación, la Tabla 5.4 presenta el actual desempeño energético del edificio por cada uso final y el correspondiente potencial ahorro en consumo de energía en relación a los tres aspectos evaluados: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario. La manera de evaluar el ahorro es cualitativa, ponderando el mismo según el rango estimado de contribución al mismo: bajo, medio y alto.

Tabla 5.34. Escuela N°7. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	MEDIO (control de horarios a partir de 2017; Encendido de 6 a 17 hs)	MEDIO (automatización de caldera)	MEDIO (muros y terrazas: aumento de aislación térmica)	MEDIO (mayor control de encendido y apagado de acuerdo a temperatura exterior e interior)
iluminación	BAJO (falta de control en tiempo de encendido y apagado)	ALTO (cambio a luminarias LED)	BAJO (en general, el diseño pasivo es bueno; pintar superficies de aulas en tonos claros)	ALTO (control de tiempos de encendido y apagado de luminarias)
refrigeración	BAJO (falta de control en tiempo de encendido y regulación de temperatura)	ALTO (transición a tecnología <i>inverter</i> y etiquetado clase A)	ALTO (aumentar aislación en losa de la terraza)	ALTO (control de temperatura máxima y apagado de equipos cuando no haya gente en el espacio)
ascensor	MEDIO (poco uso)	BAJO	BAJO	BAJO
equipamiento de cocina	-	-	-	-
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO (poco equipamiento, carro móvil con laptops para aulas)	MEDIO (equipos más eficientes)	-	ALTO (control de tiempos de encendido y apagado cuando los equipos no estén en uso)

5.9.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

El edificio presenta características positivas de diseño pasivo, en buen estado de funcionamiento, que podrían aprovecharse para consumir menos energía (Tabla 5.35). Por ejemplo, la apertura de ventanas existentes para permitir mejor ventilación natural y no encender luminarias donde no fuera necesario. Por otro lado, el edificio también posee buenas condiciones de iluminación natural que deberían tomarse en cuenta a la hora del encendido de luminarias.

Tabla 5.35. Escuela N°1. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

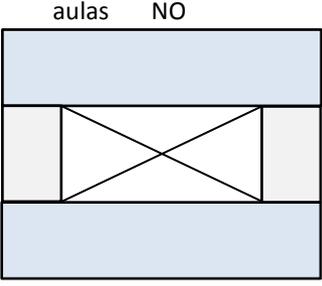
diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	ALTO (aberturas suficientes para ventilar aulas y circulaciones; ventilación cruzada por medio de aberturas entre aulas y hall de circulación)	MEDIO (hábito de abrir ventanas entre aulas y circulaciones y entre circulaciones y el exterior para mejorar niveles de ventilación natural)
iluminación natural	MEDIO (superficies vidriadas generosas aunque los niveles de iluminancia no logran una distribución pareja en los espacios)	MEDIO (apagado de luminarias donde no son necesarias; dispositivos en aberturas para re-direccionamiento y mejora de la distribución de la iluminación natural)
protección solar	MEDIO (cortinas <i>roller screen</i>)	BAJO

5.10 Caso de estudio 8

5.10.1 Datos generales

Las características generales de la escuela N°8 se presentan a continuación (Tabla 5.36):

Tabla 5.36. Escuela N°8. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°8			
	Ubicación	Vicente López, Provincia de Buenos Aires			
	Niveles académicos	Secundaria			
Características funcionales	Matrícula	372 alumnos (6 niveles, 2 aulas por nivel)			
	Cant. alumnos/ aula	31 alumnos por aula			
	Horario escolar	7.30 a 16 hs			
	Horario actividades extracurriculares	No hay			
	Horario de limpieza	Hasta las 20 hs. Y sábados de 8 a 12 hs.			
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Vacaciones invierno	Vacaciones septiembre
		2015	22/2 al 30/11	20/7 al 31/7	3º semana
2016		22/2 al 30/11	18/7 al 29/7	3º semana	
2017		25/2 al 12/12	17/7 al 28/7	3º semana	
Características edilicias	Año de construcción	1990 aproximadamente			
	Morfología	Edificio entre medianeras, con atrio central cubierto.			
		 <p style="text-align: center;">aulas NO</p> <p style="text-align: center;">aulas SE</p>			
		Esquema de planta			
	Orientaciones	Frentes: SE. Contrafrente: NO			
	Niveles	SS, PB, pisos 1 y 2 y terraza accesible de juegos.			
	Espacios	SUM en SS con patio inglés exterior lateral. PB con aulas especiales al contrafrente y oficinas al frente. 2 plantas tipo con 5 aulas sobre fachada del frente con orientación SE y 5 aulas sobre fachada contrafrente orientación NO. Son 12 aulas comunes y 10 aulas especiales.			
	Sup. total	2700 m2			
Sup. promedio de aula	48 m2				

5.10.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (tabla 5.37) y del diseño pasivo (tabla 5.38), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

El edificio se encuentra en una zona residencial de construcciones bajas. ES una edificación entre medianeras y con un atrio central interior al cual abren todas las aulas. El SUM se encuentra en el subsuelo y abre a un patio ingles a través del cual ingresa luz natural.

Las luminarias son de bajo consumo, y recién en el 2018 están comenzando a cambiar a LED a medida que deben reponer las luminarias existentes. Solo las oficinas y las 3 aulas especiales poseen equipos de refrigeración, el resto posee ventiladores de techo y se respalda en una buena protección solar combinada con ventilación cruzada.

Tabla 5.37. Escuela N°8. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Instalaciones técnicas	Calefacción	Sistema de calefacción con caldera central de agua a gas (140000 kcal/h) y radiadores. La temp. del agua es 65°C. Posee encendido automático y timer, encendida entre las 6 a 16 hs cuando la temperatura es menor a 14°C en todos los espacios interiores. Abarca aulas, SUM, oficinas y circulaciones.	Buen control del sistema.	POSITIVO
	Agua caliente	2 termotanques a gas de 50 y 125 litros en terraza para alimentar sanitarios. Termotanque eléctrico de 30 litros en cocina.		
	Iluminación	Luminarias de bajo consumo en aulas, oficinas, SUM y circulación. Las luminarias en aulas y oficinas permanecen encendidas todo el día. Las luminarias de los balcones del atrio están divididas en dos circuitos, lo que permite encender sólo un 50% de luminarias en los meses de mayor luminosidad. Reflectores en atrio central se encienden un par de horas diarias en invierno y en eventos especiales.	Luminarias encendidas de manera continua hasta finalizar horario limpieza.	NEGATIVO
	Refrigeración	3 equipos <i>split</i> en aulas especiales de PB (5000 frigorías) y 5 equipos <i>split</i> en oficinas (900 frigorías).	Equipos encendidos de manera continua hasta finalizar horario de clases.	NEGATIVO
	Sala de máquinas	Bombas pluviales en patios ingleses a nivel de SS, funcionan constantemente cuando llueve. Bombas elevadoras de agua y de recirculación de agua de caldera.	-	-
	Equip. de cocina	Existencia de quiosco con cocina y horno a gas, extractor de humos, heladera, máquina expendedora de gaseosas.	Accionar moderado.	NEUTRO
	Equipamiento escolar y administrativo	Computadoras de escritorio en oficinas y portátiles para aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos e impresoras. <i>Dispenser</i> de agua y cafeteras.	Accionar moderado.	NEUTRO

Tabla 5.38. Escuela N°8. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Diseño pasivo	Ventilación natural	ALTO Buena ventilación natural en general. Todos los ambientes poseen aberturas de fácil accionamiento y a una altura adecuada. Posibilidad de ventilación cruzada en aulas a través de ventanas al atrio central. El atrio, a su vez, posee aberturas en la parte superior. Por lo general estas ventanas están bloqueadas por temas de seguridad ya que abren a nivel de terraza donde los niños juegan, y no tienen accionamiento electrónico. Las carpinterías son de aluminio y vidrio simple. Sistema de abrir corredizo.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	MEDIO Buenos niveles de iluminación natural en general. El uso de toldos para protección solar disminuye la iluminación en interiores. El atrio tiene una iluminación tenue a media, pero suficiente por ser un espacio de circulación. Las luminarias se encienden de acuerdo a la necesidad y disponibilidad de luz natural.	Aprovechamiento de la iluminación natural mientras no existan molestias visuales.	POSITIVO
	Protección solar	ALTO Aleros y toldos en fachadas.	Accionamiento manual de toldos.	POSITIVO

5.10.3 Consumos históricos de electricidad y gas

La Figura 5.44 muestra el consumo mensual de electricidad (kWh) entre 2015 y 2018.

Se observa un consumo bastante uniforme durante el ciclo lectivo con mayores consumos en los meses de marzo, junio y agosto. En marzo hay un mayor consumo equipos de refrigeración y en junio y agosto mayor consumo en iluminación. Los picos de descenso aparecen en julio y septiembre debido a las vacaciones.

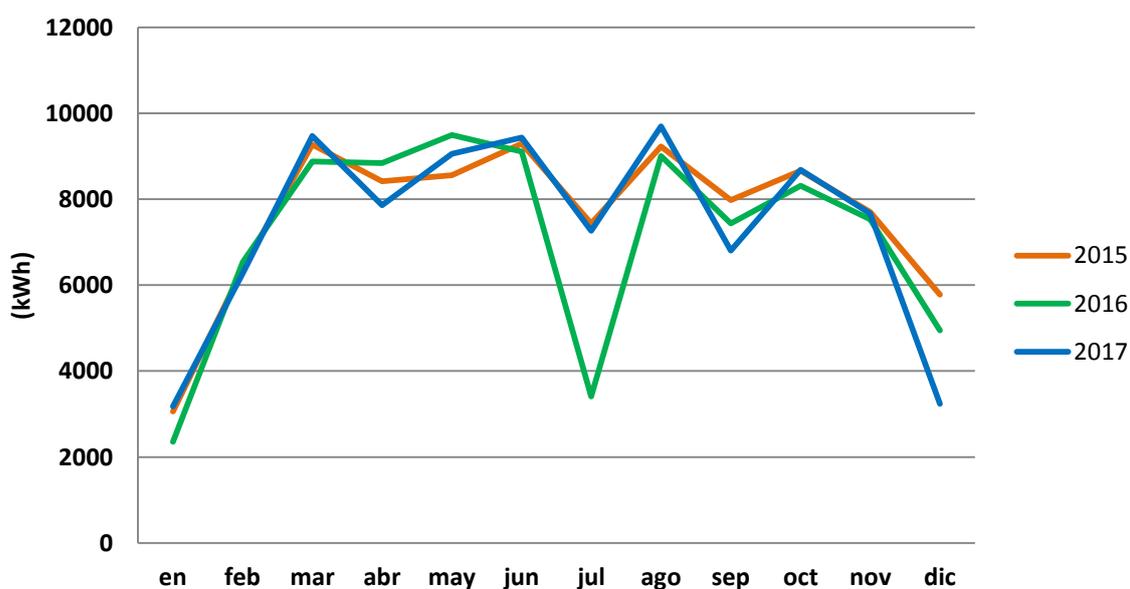


Figura 5.44. Escuela N°7. Consumo mensual de electricidad (kWh).

Se observa en el gráfico de potencia adquirida (Figura 5.45) que la demanda de potencia es

bastante uniforme también, con una leve diferencia en marzo, octubre y noviembre debido a los pocos equipos de refrigeración.

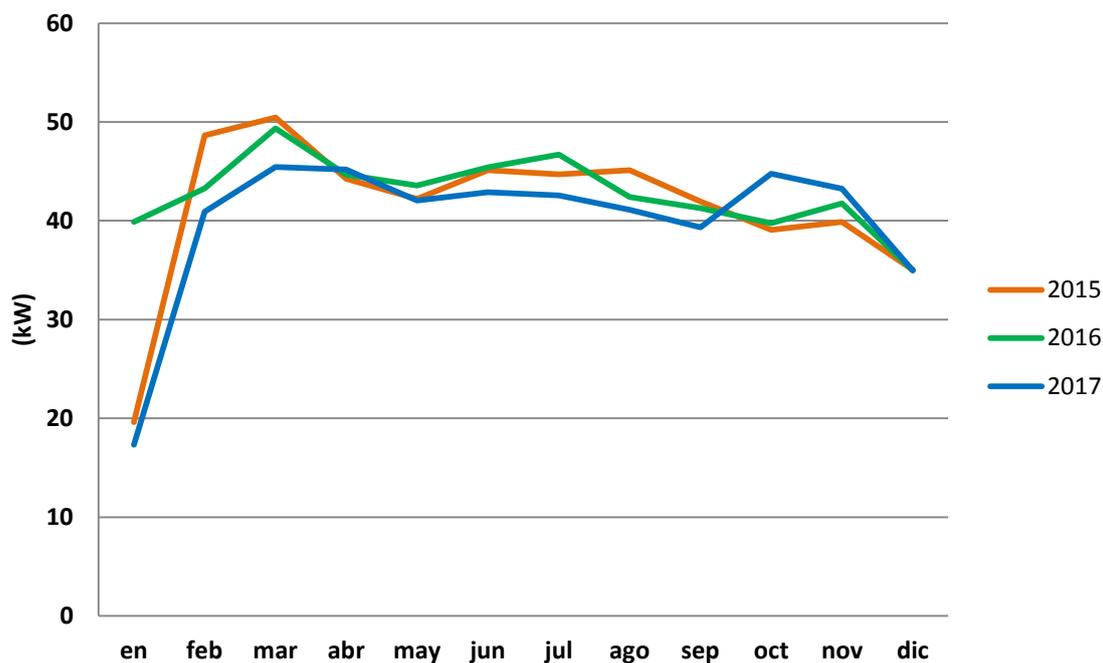


Figura 5.45. Escuela N°8. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 38 kW.

La Figura 5.46 muestra el consumo mensual de gas (m³) entre enero de 2015 y noviembre de 2017. Se puede observar que el consumo de gas aumenta en los meses de invierno debido al sistema de calefacción central.

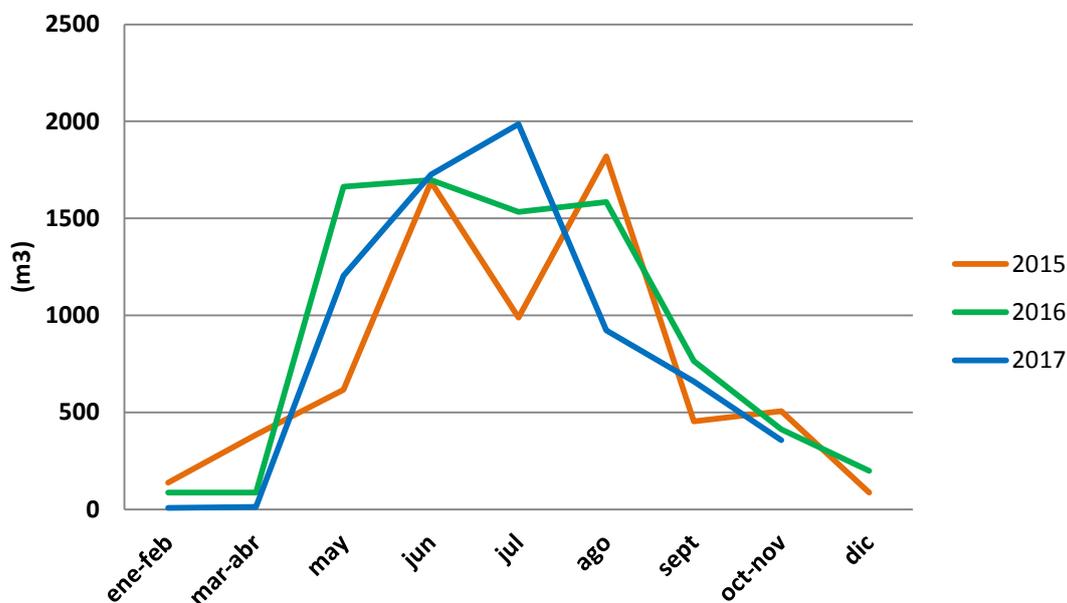


Figura 5.46. Escuela N°8. Consumo mensual de gas (m³).

5.10.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.47), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 73%, seguida por el equipamiento escolar (11%), la cocina (8%), la refrigeración (5%), y la sala de máquinas (3%). La cocina en esta escuela, es un quiosco que sirve comidas rápidas. La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 8.

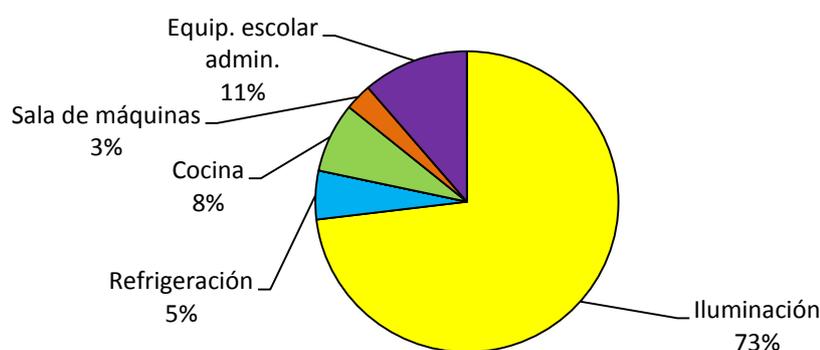


Figura 5.47. Escuela N°8. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Los usos finales varían su participación de acuerdo al periodo climático del año (Figura 5.48), aunque claramente la iluminación representa el mayor consumo en todas las épocas del ciclo lectivo. La refrigeración, con muy pocos equipos, solo alcanza el 22 % en verano. Se puede observar que cuando las luminarias no son LED, la participación de la iluminación dentro de los usos finales, es muy elevada.

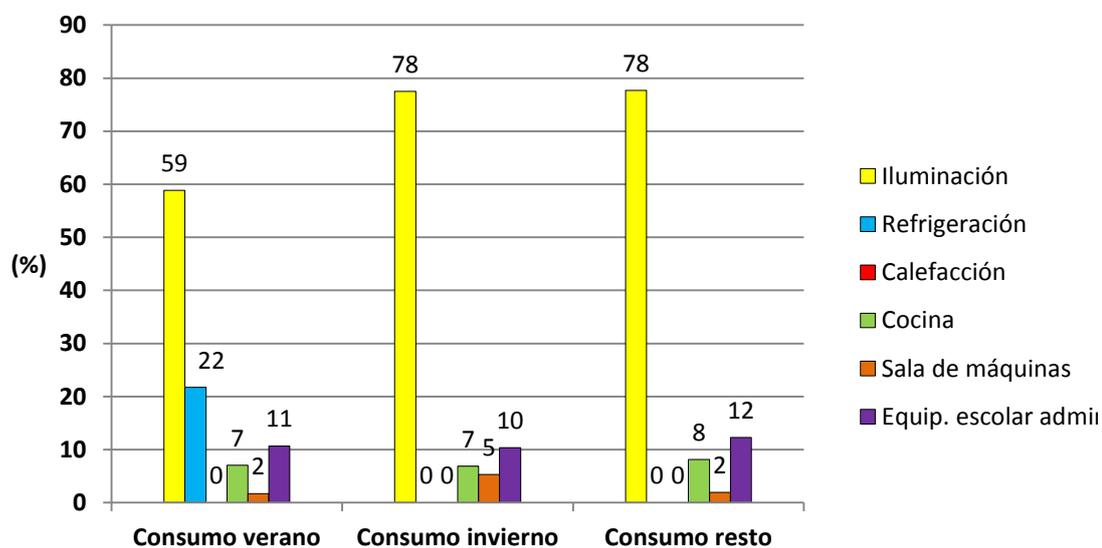


Figura 5.48. Escuela N°8. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.10.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

El uso principal en el consumo de gas es la calefacción (76%), con un sistema central de caldera de agua y radiadores (Figura 5.49). La caldera esta automatizada y se enciende entre las 6 y 16 hs de lunes a viernes cuando la temperatura es menor a 14°C, hecho que refleja un uso optimizado del gas para la calefacción.

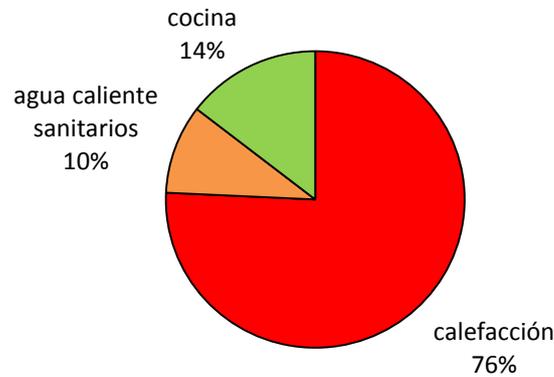


Figura 5.49. Escuela N°8. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.

5.10.6 Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía total del edificio (61 kWh/m² anual) refleja un desempeño bastante eficiente en cuanto al uso de la energía tanto en electricidad (31 kWh/m² anual), como en gas (30 kWh/m² anual).

El tema más relevante a destacar es el control del sistema de calefacción. La caldera esta automatizada y se enciende solo durante el horario escolar con temperaturas menores a 14°C. El consumo de gas para calefacción de esta escuela es aproximadamente el 50% del consumo de las escuelas relevadas que no ejercen un control más riguroso sobre el funcionamiento de la caldera.

En cuanto a la iluminación, existen sectores como el atrio y los balcones de circulación que lo rodean que encienden pocas luminarias, de acuerdo a la luminosidad exterior. Las circulaciones poseen dos circuitos y encienden uno o dos de acuerdo a lo necesario. Sin embargo, en aulas y oficinas no se verifica un control por parte del usuario para apagar luminarias cuando no se necesitan. Para el periodo estudiado, el 100% de luminarias son de bajo consumo, ya que todavía no realizan la transición a LED. Esto implica que un exceso de tiempo de uso de luminarias genera mucho más consumo que con luminarias LED.

En cuanto al diseño pasivo, el edificio presenta estrategias bioclimáticas que otorgan niveles buenos de ventilación natural, iluminación natural y protección solar. La proporción de muros y aberturas, sumado a la utilización de toldos en ambas fachadas y a la ventilación cruzada a través del atrio, protegen los espacios exteriores limitando ganancias térmicas en días de temperaturas elevadas. El edificio solo posee aire acondicionado en oficinas y en 3 aulas especiales. Las aulas comunes poseen ventiladores. La cubierta del atrio central tiene aberturas laterales que generan un mayor movimiento del aire en el edificio y permiten la expulsión del aire caliente en verano.

Un problema que se detectó en el edificio es la falta de uso de las aberturas cenitales por temas de accionamiento y de seguridad. Solo se mantienen abiertas dos ventanas, el resto permanecen cerradas.

5.10.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversas posibilidades de mejora en el desempeño energético del edificio. Teniendo en cuenta que el consumo mayor se debe a la iluminación artificial, es el uso final al cual hay que enfocar para identificar medidas de ahorro. El cambio a tecnología LED generaría sustanciales ahorros en consumo y puede realizarse en una sola intervención o interviniendo uno o varios sectores a medida que el presupuesto lo permita. Modificar la conducta del usuario para apagar luminarias que no se necesitan también puede colaborar en la disminución del consumo de electricidad.

Tabla 5.39. Escuela N°8. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	ALTO (sistema de calefacción automatizado y encendido de 6 a 16 hs con temperaturas menores a 14º C.)	BAJO	BAJO	BAJO
iluminación	ALTO (falta de control en tiempo de encendido y apagado)	ALTO (transición a luminarias LED)	MEDIO (incorporar colores claros en superficies del atrio central)	ALTO (mayor control de encendido y apagado de luminarias)
refrigeración	MEDIO (refrigeración solo en algunos espacios)	MEDIO (transición a tecnología <i>inverter</i>)	BAJO	MEDIO (mayor control de temperatura máxima y apagado de equipos)
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO	MEDIO (equipos más eficientes)	-	ALTO (mayor control de tiempos de encendido y de apagado cuando los equipos no estén en uso)

5.10.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

El edificio presenta características positivas de diseño pasivo y, adicionalmente, potencial para mejorar su desempeño energético (Tabla 5.40). Las aulas del contrafrente tienen orientación noroeste y por las tardes utilizan toldos para frenar la radiación solar directa.

Sería interesante, con el fin de no oscurecer las aulas, evaluar la incorporación de algún dispositivo que permita frenar la radiación directa y a la vez re-direccionar la luz natural disponible hacia el interior del aula.

Tabla 5.40. Escuela N°8. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	ALTO (aberturas suficientes para ventilar aulas y circulaciones; ventilación cruzada por medio de aberturas entre aulas y atrio; expulsión de aire caliente a través de aberturas cenitales en atrio)	MEDIO (mejorar sistema de accionamiento de aberturas cenitales en cubierta del atrio manteniendo segura la zona de juego de niños en terraza para poder abrir ventanas y expulsar el aire caliente del interior.
iluminación natural	MEDIO (iluminación cenital en atrio central; superficies vidriadas generosas aunque los niveles de iluminancia no logran una distribución pareja en los espacios; el uso de toldo disminuye los niveles de iluminación natural)	MEDIO (incorporación de dispositivos en fachada o aberturas para re-direccionamiento y mayor aprovechamiento de la luz natural en las aulas)
protección solar	ALTA (aleros y toldos exteriores en aberturas de ambas fachadas)	BAJO

5.10.9 Elementos positivos de la arquitectura existente para rescatar

Este edificio tiene un buen diseño bioclimático que no se está aprovechando en su totalidad. Sería muy beneficioso potenciar la participación del atrio central para mejorar el confort y así colaborar con un mejor desempeño energético. La habilitación de las ventanas laterales de la cubierta permitiría la expulsión del aire caliente del edificio en períodos de calor, permitiendo un refrescamiento natural de los espacios. La razón por la cual no se utilizan las ventanas para ventilar es de seguridad, ya que éstas abren a una altura de 1 metro del nivel de piso terminado de una terraza que se utiliza para recreo de los niños. Un accionamiento eléctrico de las ventanas resolvería el problema, junto con la extensión de la malla metálica de protección existente entre la ventana y el área de juegos.

5.11.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (tabla 5.42) y del diseño pasivo (tabla 5.43), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

El sistema de calefacción por unidades individuales, en este caso equipos *split*, posibilita una regulación individual por espacio, permitiendo una optimización en el consumo de energía. Un uso eficiente depende en alto grado de los usuarios que habitan cada espacio, a diferencia de los sistemas centrales que dependen del encargado de mantenimiento.

Tabla 5.42. Escuela N°9. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Instalaciones técnicas	Calefacción	Equipos individuales <i>split</i> frío calor en aulas y oficinas.	Falta de control en temperatura máxima y tiempo de encendido de equipos.	NEGATIVO
	Agua caliente	Los termotanques no están en funcionamiento por el momento.		
	Iluminación	Luminarias de bajo consumo en aulas, oficinas y circulación.	Accionar moderado.	NEUTRO
	Refrigeración	Equipos individuales <i>split</i> frío calor en aulas y oficinas.	Falta de control en temperatura mínima y tiempo de encendido de equipos.	NEGATIVO
	Sala de máquinas	Bombas elevadoras de agua y de cloaca.		
	Equip. de cocina	-	-	
	Equipamiento escolar y administrativo	Poco equipamiento. Computadoras de escritorio en oficinas y portátiles para aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos e impresoras. <i>Dispenser</i> de agua y cafetera.	Accionar moderado.	NEUTRO

Tabla 5.43. Escuela N°9. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

		Descripción	Comportamiento del usuario	
			Acción	Impacto
Diseño pasivo	Ventilación natural	ALTO Buena ventilación natural en general. Todos los ambientes poseen aberturas de fácil accionamiento y a una altura adecuada. Posibilidad de ventilación cruzada en aulas a través de ventanas al hall de distribución, que a la vez, tiene ventanas en la parte superior. Todas las ventanas tienen sistema de empuje para abrir.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	ALTO Buenos niveles de iluminación natural. Aunque faltan sistemas de control para evitar molestias visuales.	No existen elementos de control (parasoles, cortinas, etc.)	NEUTRO
	Protección solar	BAJO Ausencia de aleros, parasoles, toldos o dispositivos de protección solar. Todas las aulas tienen orientación noroeste, sin ningún tipo de protección solar.	No existen elementos de control (parasoles, toldos, cortinas, etc.)	NEUTRO

En primer lugar, la Tabla 5.43 indica un alto nivel de ventilación e iluminación naturales debido a la gran cantidad de superficies vidriadas. Sin embargo, también aparece la ausencia de sistemas de protección solar, importantes tanto para evitar excesivas ganancias térmicas en verano como también para evitar molestias visuales en el usuario.

Es interesante señalar, como un conflicto, la imposibilidad del usuario para accionar cuando no están a disposición elementos de control del diseño pasivo como toldos o cortinas para regular la calidad de iluminación natural en el interior, descuidando un recurso importante, que es el usuario.

5.11.3 Consumos históricos de electricidad

La Figura 5.50 muestra el consumo mensual de electricidad (kWh) entre marzo de 2016 y septiembre de 2017.

El aumento en el consumo de 2016 a 2017 se debe a que la escuela se fue ampliando de a poco, agregando equipos e instalaciones a medida que creció el número de alumnos. Los mayores consumos se verifican en los meses cálidos debido al uso de refrigeración y en los meses de invierno debido a la calefacción y al mayor uso de luminarias. La ganancia térmica en la fachada noroeste disminuye el uso de calefacción en las tardes.

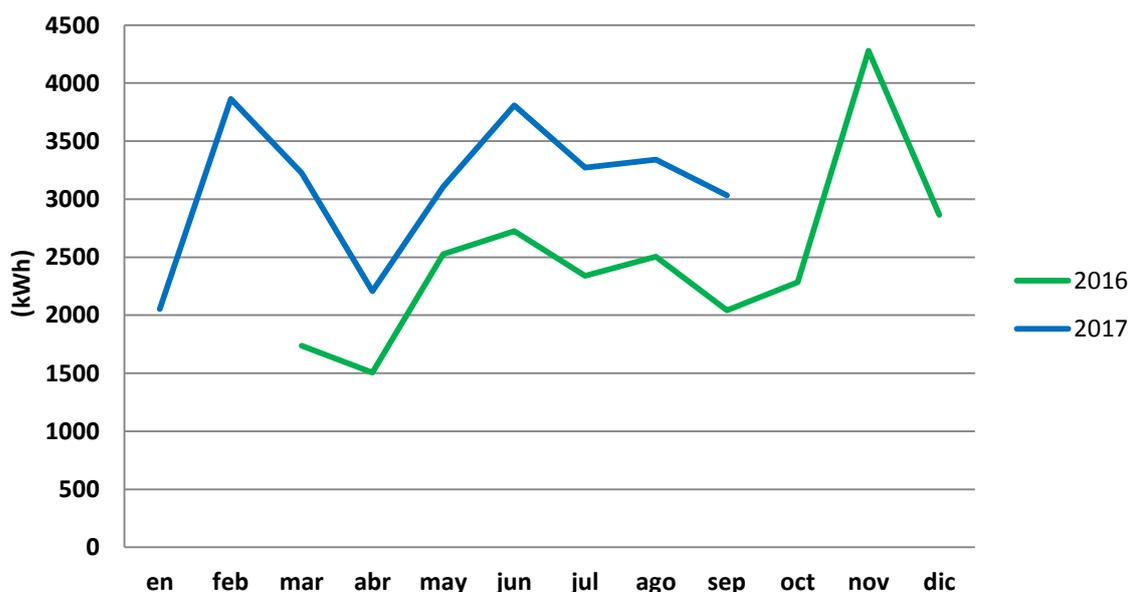


Figura 5.50. Escuela N°9. Consumo mensual de electricidad (kWh).

El gráfico de potencia adquirida señala que los picos de potencia suceden en los meses cálidos y en los meses fríos (Figura 5.51). En el invierno se suma un mayor uso de luminarias.

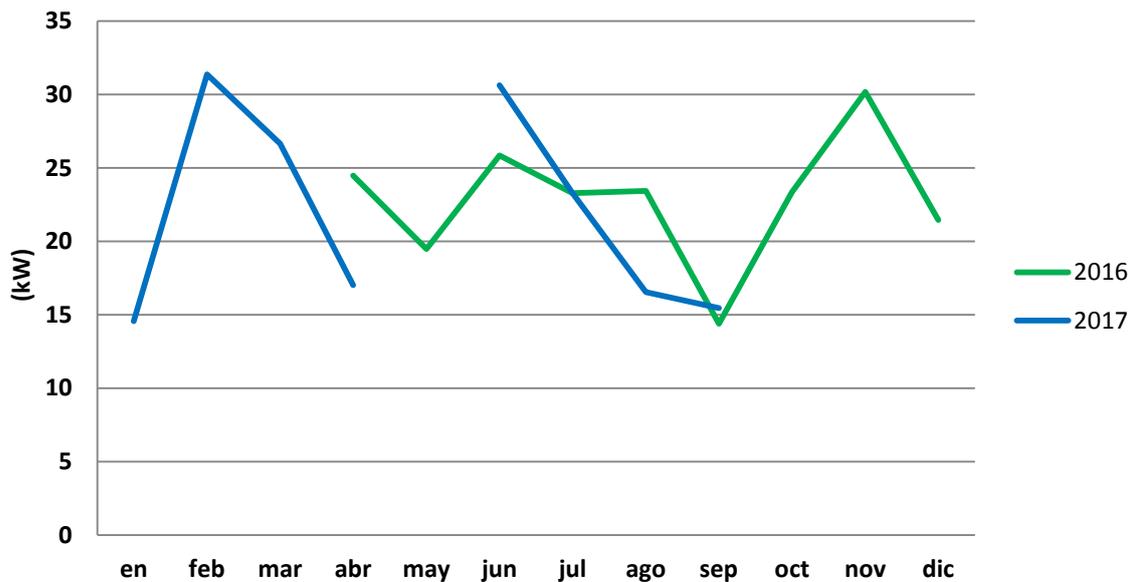


Figura 5.51. Escuela N°9. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 23 kW.

5.11.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.52), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 57%, seguida por el equipamiento escolar (21%), la refrigeración (11%), la calefacción (9%) y la sala de máquinas (2%). La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 9.

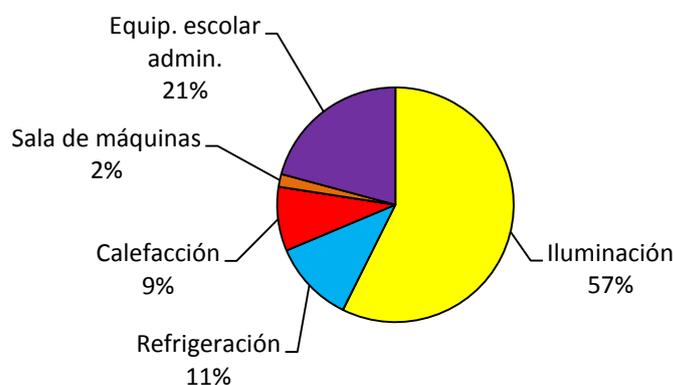


Figura 5.52. Escuela N°9. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Los usos finales varían su participación de acuerdo al periodo climático del año (Figura 5.53). En los meses cálidos, la refrigeración y la iluminación tienen consumos similares (41 y 40%), mientras que en invierno el consumo en iluminación aumenta llegando a 59% y en periodos de media estación, a 68% del consumo eléctrico.

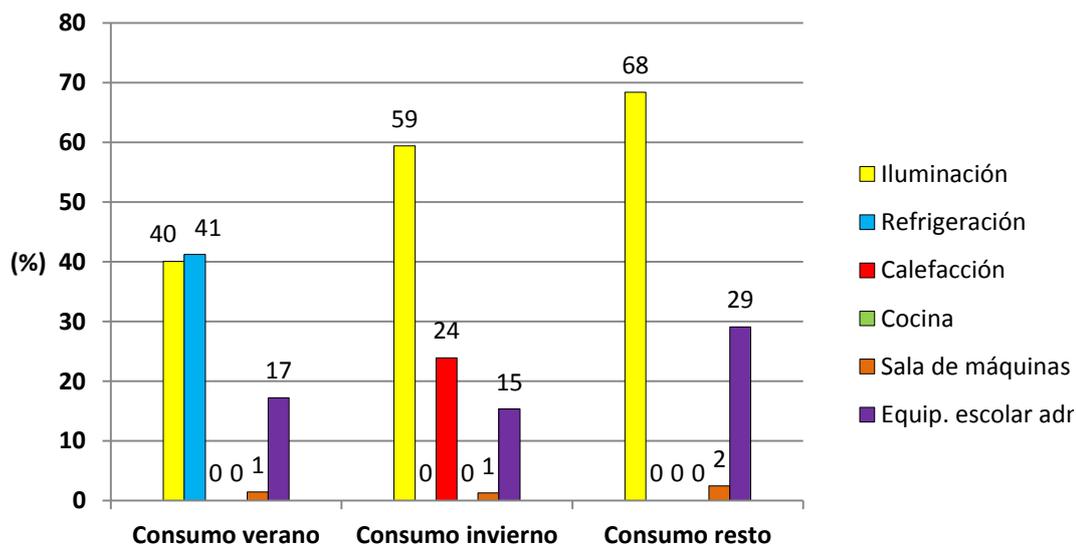


Figura 5.53. Escuela N°9. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según periodo climático.

5.11.5 Observaciones principales sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía total (29 kWh/m² anual) es de los más bajos dentro de las escuelas relevadas. El consumo eléctrico representa el consumo de energía total de la escuela, dado que no hay instalación de gas.

Al ser una escuela que está en su primera etapa de construcción, no posee todavía la totalidad de las instalaciones previstas en el *masterplan*. No tiene cocina, ni gimnasio. Sin embargo, al estar implantada en un terreno amplio, las actividades deportivas se realizan afuera, sin necesidad de luminarias como sucede en los gimnasios. El diseño arquitectónico favorece la ventilación cruzada y altos niveles de iluminación natural. El **conflicto** que salta a la vista para un buen aprovechamiento de la iluminación natural, es la falta de control solar en las aulas, todas orientadas al noroeste, que genera ganancias térmicas en verano y molestias visuales durante todo el año.

En cuanto al sistema de refrigeración y calefacción instalado, por ahora solo en aulas y oficinas (no así en circulaciones y halls de aulas) son equipos *split* individuales de frío y calor que posibilitan el manejo independiente de acuerdo a las necesidades de cada espacio. La razón por la cual se instalaron estos equipos fue de índole económica, permitiendo acondicionar cada espacio con un solo sistema, tanto en verano como en invierno.

5.11.6 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversas posibilidades de mejora en el desempeño energético del edificio. Dentro de las más importantes, y con el objetivo de reducir el consumo de electricidad, es necesario incorporar sistemas de control solar. El recurso lumínico es tan elevado que un buen control solar disminuiría sustancialmente el uso de iluminación artificial. En este edificio sería conveniente utilizar al máximo la iluminación natural e instalar fotosensores para activar luminarias en caso de que los niveles de iluminancia sean bajos. Las aulas poseen doble entrada de luz natural: sobre la fachada noroeste y sobre el lateral vidriado al hall de acceso a aulas, espacio cuya fachada es totalmente transparente de piso a techo.

Por las características de esta escuela, un adecuado comportamiento del usuario tiene un gran potencial, previa mejoras en el diseño pasivo, como se mencionó previamente.

Tabla 5.44. Escuela N°9. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	MEDIO (equipos <i>split</i> clase A en aulas y oficinas)	BAJO	BAJO	MEDIO (control de temperatura máxima y tiempos de encendido)
agua caliente	-			
iluminación	MEDIO (el recurso lumínico es muy elevado pero carece de control de la radiación solar directa)	ALTO (cambio a luminarias LED)	ALTO (incorporación de dispositivos de control solar en fachadas para evitar molestias y oscurecimiento de aulas)	MEDIO (mayor control previa mejora del diseño pasivo)
refrigeración	MEDIO (equipos <i>split</i> clase A)	MEDIO (transición a tecnología <i>inverter</i>)	ALTO (incorporación de protección solar en fachada noroeste para disminuir ganancias térmicas en verano)	ALTO (mayor control de temperatura mínima y apagado de equipos)
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO	MEDIO (equipos más eficientes)	-	MEDIO (mayor control de tiempos de encendido y de apagado cuando los equipos no estén en uso)

5.11.7 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

El edificio presenta características positivas de diseño pasivo y, adicionalmente, potencial para mejorar su desempeño energético (Tabla 5.45). Una decisión adecuada para aprovechar el potencial de mejora en la iluminación natural estaría dada por la incorporación de dispositivos de control solar que impactarían positivamente en la ventilación natural (al evitar radiación directa y sobrecalentamiento sobre aberturas amplía la posibilidad de abrir las ventanas para refrescar) y en la iluminación natural (al evitar molestias visuales). Las condiciones de este edificio tendrían que ser suficientes para aumentar la autonomía de la iluminación natural y depender al mínimo de la iluminación artificial.

Tabla 5.45. Escuela N°9. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

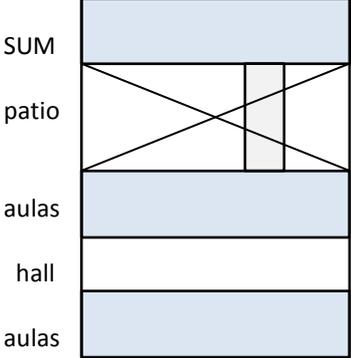
diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	ALTO (aberturas suficientes para ventilar aulas y circulaciones; ventilación cruzada por medio de aberturas entre aulas y hall de circulación)	MEDIO (incorporación de parasoles exteriores en fachadas para optimizar la ventilación natural para refrescamiento)
iluminación natural	MEDIO (superficies vidriadas generosas, imposibilidad de oscurecimiento por no haber cortinas interiores)	ALTO (incorporación de dispositivos en aberturas para control y mejora de la distribución de la iluminación natural)
protección solar	BAJO (ausencia de protección solar)	ALTO (incorporación de parasoles exteriores o toldos)

5.12 Caso de estudio 10

5.12.1 Datos generales

Las características generales de la escuela N°10 se presentan a continuación (Tabla 5.46):

Tabla 5.46. Escuela N°10. Datos generales.

Datos	Identificación	Escuela N°10			
	Ubicación	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires			
	Niveles académicos	Jardín de Infantes			
Características funcionales	Matrícula	300 alumnos			
	Cant. alumnos/ aula	20 alumnos por aula			
	Horario escolar	9 a 17 hs			
	Horario actividades extracurriculares	-			
	Horario de limpieza	17 a 21 hs			
	Calendario escolar	Año	Ciclo lectivo	Vacaciones invierno	
		2015	2/3 al 15/12	20/7 al 31/7	
		2016	29/2 al 16/12	18/7 al 29/7	
2017		6/3 al 16/12	17/7 al 28/7		
Características edilicias	Año de construcción	2007			
	Morfología	Edificio entre medianeras, con dos bloques y patio entre ellos. Primer bloque con aulas y al fondo del terreno bloque con SUM.			
					
		Esquema de planta			
	Orientaciones	Frentes: SO. Contrafrente: NE			
	Niveles	PB y piso 1.			
	Espacios	Bloque frente: 5 aulas en PB y 6 aulas en P1. Oficinas. Bloque fondo: 2 aulas y 2 oficinas en PB y SUM en P1.			
	Sup. total	1277 m ²			
	Sup. promedio de aula	32 m ²			

5.12.2 Características del edificio relacionadas al desempeño energético

A continuación se presentan las características de las instalaciones técnicas (tabla 5.47) y del diseño pasivo (tabla 5.48), ambas en relación al comportamiento del usuario y al impacto positivo, neutro o negativo que éste genera al actuar.

Tabla 5.47. Escuela N°10. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Instalaciones técnicas	Calefacción	4 calderas a gas natural de 30000 kcal/h cada una. Hay una caldera que no está en funcionamiento por tema de rotura de la serpentina. Funcionan 3. Sistema de piso radiante. Temperatura del agua: 40°C. Si la semana es muy fría, no se apagan de noche. Accionamiento manual.	Las calderas no se apagan de noche.	NEGATIVO
	Agua caliente	4 termotanques de 160 l a gas de 13000 kcal/h. Alimentan sanitarios adultos, piletas de aulas y SUM.	-	-
	Iluminación	Las luminarias son fluorescentes. Se encienden manualmente a la mañana. Las luminarias existentes se reemplazaron por luminarias LED en el verano de 2018 (fuera del periodo de estudio)	Luminarias encendidas de manera continua hasta finalizar horario limpieza.	NEGATIVO
	Refrigeración	Equipos <i>split</i> en aulas, oficinas y SUM.	Equipos encendidos continuamente hasta finalizar horario de clases	NEGATIVO
	Sala de máquinas	Bombas elevadoras de agua.		-
	Ascensor	1 ascensor 16 HP	Apagado. Solo se enciende en casos de necesidad.	POSITIVO
	Equipamiento de cocina	No se cocina. Solo equipamiento para calentar comida, heladera, jarra eléctrica y cafetera.	Accionar moderado.	NEUTRO
	Equipamiento escolar y administrativo	Poco equipamiento. Computadoras de escritorio en oficinas y algunas aulas, proyectores, parlantes, <i>routers</i> , teléfonos e impresoras. <i>Dispenser</i> de agua y cafeteras.	Accionar moderado.	NEUTRO

Tabla 5.48. Escuela N°10. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.

	Descripción	Comportamiento del usuario		
		Acción	Impacto	
Diseño pasivo	Ventilación natural	Todos los ambientes poseen aberturas de fácil accionamiento. Las carpinterías son de aluminio con vidrio simple y con sistema de abrir de empuje. Ventanas solo en un lateral. No existe ventilación cruzada, a pesar de haber vidrio por encima de los 2 m de altura entre aulas y hall de distribución.	Apertura manual de ventanas para lograr refrescamiento y renovación del aire.	POSITIVO
	Iluminación natural	Buenos niveles de iluminación natural.	Aprovechamiento de la iluminación natural mientras no existan molestias visuales.	POSITIVO
	Protección solar	Árboles con follaje tupido en la vereda que actúan como protección solar en meses cálidos. Pierden follaje en el otoño. Las aulas tienen cortinas de tela coloridas en el interior.	Accionamiento sencillo de cortinas.	POSITIVO

5.12.3 Consumos históricos de electricidad y gas

La Figura 5.55 muestra el consumo mensual de electricidad (kWh) entre abril de 2016 y diciembre de 2017. Los mayores consumos se verifican en los meses cálidos de marzo y noviembre y diciembre debido al uso de equipos de refrigeración.

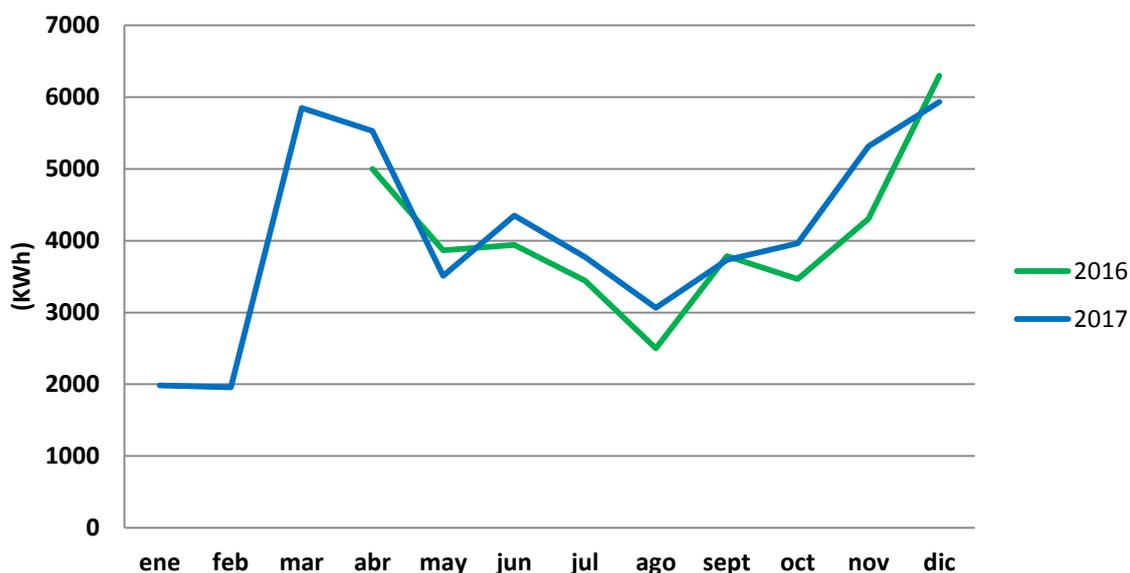


Figura 5.54. Escuela N°10. Consumo mensual de electricidad (kWh).

Se observa en el gráfico de potencia adquirida (Figura 5.56), que abarca de septiembre de 2016 a noviembre de 2017, que los picos de demanda se producen en los meses cálidos en coincidencia con los mayores consumos de energía y el funcionamiento de los equipos de refrigeración.

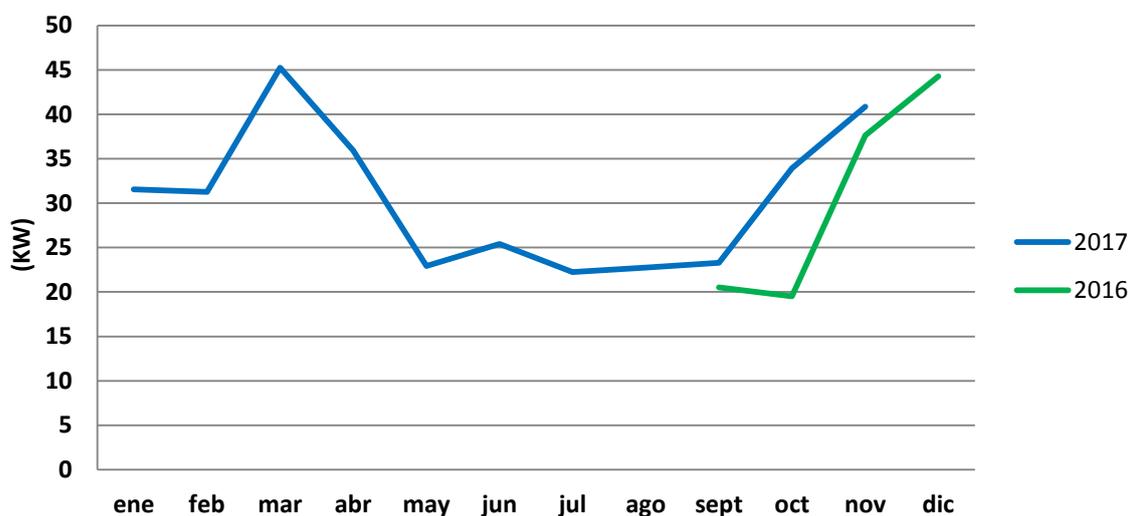


Figura 5.55. Escuela N°10. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 43 kW.

La Figura 5.57 muestra el consumo mensual de gas (m^3) para los años 2016 y 2017. Allí se puede observar que el consumo de gas aumenta en los meses de invierno debido el sistema de calefacción central. En el año 2017 se verifica un descenso del consumo en julio, por el receso de vacaciones. Es probable que en el receso de 2016 no se hayan apagado las calderas.

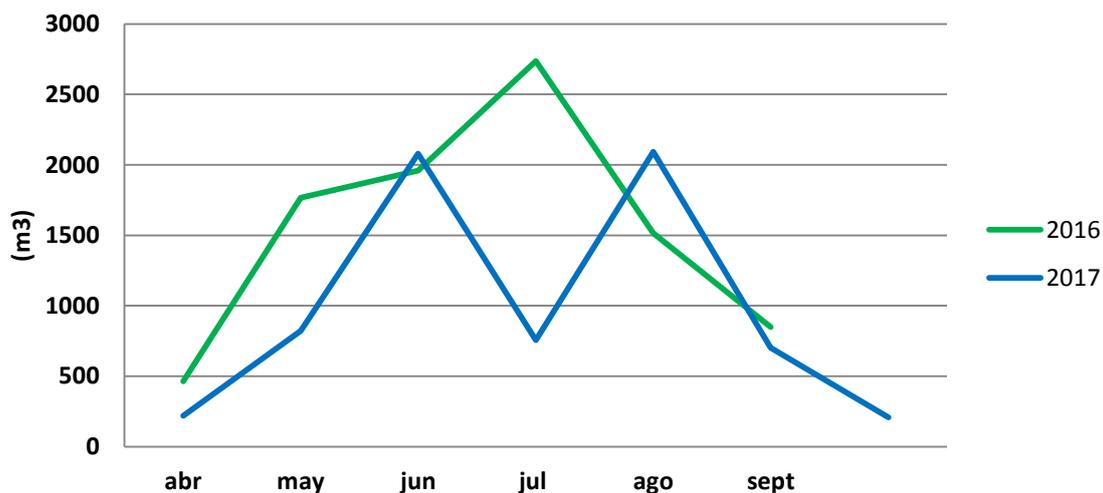


Figura 5.56. Escuela N°10. Sector Consumo mensual de gas (m³).

5.12.4 Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico

Al descomponer el consumo de energía eléctrica según usos finales (Figura 5.58), la iluminación representa el mayor porcentaje en el consumo anual, alcanzando el 71%, seguida por la refrigeración (15%), el equipamiento escolar y administrativo (6%), la cocina (4%), la sala de máquinas (3%) y calefacción (1%). La información sobre los usos finales y el equipamiento correspondiente se presenta en el Anexo 10.



Figura 5.57. Escuela N°10. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.

Los usos finales varían su participación de acuerdo al periodo climático del año (Figura 5.59). La iluminación representa el mayor consumo en todos los periodos del ciclo lectivo alcanzando el 84% en los meses de media estación. En los meses cálidos la refrigeración llega al 43% de participación en el consumo eléctrico. El resto de los usos finales tienen muy poco peso en el consumo anual.

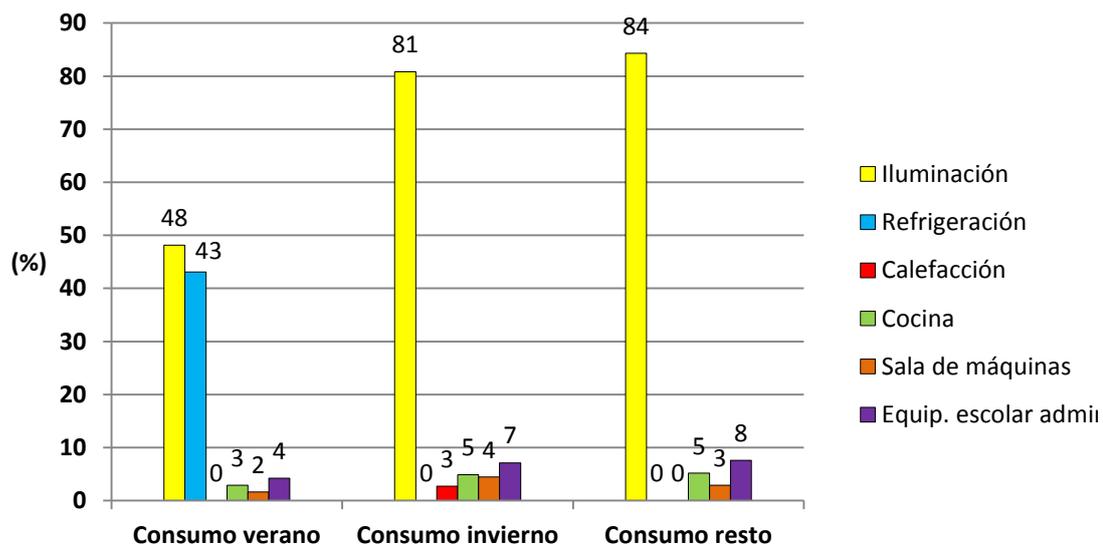


Figura 5.58. Escuela N°10. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.

5.12.5 Participación porcentual por uso final en el consumo de gas

El consumo de gas corresponde en su mayoría a la calefacción (75%), aunque en comparación con las otras escuelas, al ser un edificio exclusivo de jardín de infantes, la provisión de agua caliente para aulas (todas poseen pileta de lavar), sanitarios y SUM (donde calientan comida y funciona de comedor) alcanza una participación del 25% en el consumo anual de gas (Figura 5.60).

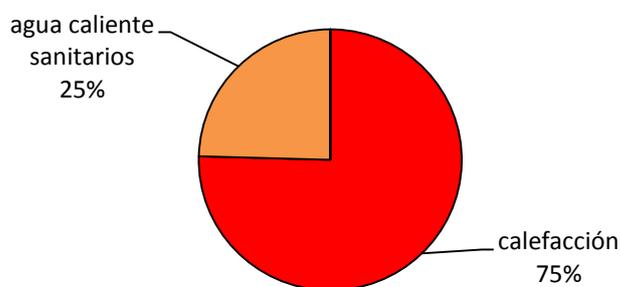


Figura 5.59. Escuela No10. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.

5.12.6 Observaciones sobre el comportamiento energético del edificio

El consumo de energía total (106 kWh/m² anual) es de los más elevados dentro de los casos de estudio analizados, tanto en electricidad (37 kWh/m² anual), como en gas (69 kWh/m² anual).

Dentro de los **conflictos** observados, las calderas del sistema central de calefacción se mantienen encendidas de lunes a viernes sin apagarse por las noches, inclusive también durante algunos fines de semana, ocasionando consumos excesivos. En relación al consumo de energía eléctrica, la iluminación es el uso final de mayor participación. El problema principal reside en la falta de control por parte del usuario para apagar luminarias cuando no son necesarias. Por otro lado, al ser luminarias fluorescentes, el consumo es mucho más elevado que con luminarias LED. El consumo en refrigeración es el segundo en importancia en relación

al consumo eléctrico. Los equipos no tienen etiquetado clase A ni tienen tecnología *inverter*. Adicionalmente, según información del relevamiento, no existe un cuidado por regular un mínimo de temperatura ni por controlar el tiempo de encendido.

En relación al diseño pasivo, las aulas tienen buenos niveles de iluminación natural y de ventilación natural.

5.12.7 Potenciales mejoras en el desempeño energético del edificio por uso final

Existen diversas posibilidades de mejora en el desempeño energético del edificio. Dentro de las más importantes, y con el objetivo de reducir el consumo de gas, la posibilidad de automatizar el sistema de calefacción, incorporando *timer* y termostato exterior o, como alternativa, la posibilidad de establecer horarios más acotados de encendido manual de las calderas, generaría sustanciales ahorros de gas.

A continuación, la Tabla 5.49 presenta el actual desempeño energético del edificio por cada uso final y el correspondiente potencial ahorro en consumo de energía en relación a los tres aspectos evaluados: equipamiento e instalaciones técnicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario. La manera de evaluar el ahorro es cualitativa, ponderando el mismo según el rango estimado de contribución al mismo: bajo, medio y alto.

Tabla 5.49. Escuela N°10. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.

uso final	desempeño energético actual	potencial ahorro en consumo de energía del uso final		
		por equipamiento e instalaciones técnicas	por el diseño pasivo	por el comportamiento del usuario
calefacción	BAJO	ALTO (automatización de calderas)	BAJO	ALTO (mayor control de tiempos de encendido)
iluminación	BAJO	ALTO (cambio a luminarias LED)	BAJO	ALTO (mayor control de encendido y apagado de luminarias)
refrigeración	MEDIO	MEDIO (transición a tecnología <i>inverter</i>)	BAJO	ALTO (control de temperatura mínima y tiempo de encendido)
equipamiento de cocina	MEDIO	MEDIO (equipamiento más eficiente)	BAJO	BAJO
equipamiento escolar y administrativo	MEDIO	BAJO (equipos más eficientes)		BAJO (control tiempo de encendido)

5.12.8 Potenciales mejoras en el diseño pasivo del edificio

El edificio presenta potencial para mejorar su desempeño energético (Tabla 5.50). En relación a las posibles mejoras de la ventilación natural, para lograr un mayor refrescamiento interior, sería aconsejable colocar ventanas de abrir entre aulas y hall de cada piso para permitir ventilación cruzada. Además, sería interesante evaluar la posibilidad de agregar transparencias entre aulas y hall para que la luz natural llegue al espacio de hall, al momento totalmente oscuro si no se encienden las luminarias. Con respecto a la protección solar, sería aconsejable

incorporar parasoles o algún sistema de control de la radiación solar en la fachada interna del SUM.

Tabla 5.50. Escuela N°10. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.

diseño pasivo		
estrategia	desempeño energético actual	potencial mejora del desempeño energético
ventilación natural	MEDIO (aberturas solo sobre un lateral de las aulas; suficientes para ventilar aulas; poca ventilación natural en hall de distribución de aula, inexistencia de ventilación cruzada)	MEDIO (incorporar ventanas entre aulas y hall de circulación para aumentar la ventilación natural)
iluminación natural	MEDIO (superficies vidriadas generosas en aulas; hall de circulación a aulas sin iluminación natural)	MEDIO (incorporar más superficies vidriadas entre aulas y hall de circulación)
protección solar	MEDIO (árboles en vereda con follaje tupido y cortinas interiores)	MEDIO (incorporar protección solar en la fachada interior del SUM)

5.13 Conclusiones

A lo largo de este capítulo se presentó la información relevada y el análisis de cada caso de estudio. Se pudo verificar que, a pesar de las diferencias entre los edificios estudiados, el desempeño energético de ellos muestra varios conflictos en común.

Con respecto al consumo de gas, la falta de control en el tiempo de uso de los sistemas centrales con caldera resulta en excesivos consumos.

En relación al consumo eléctrico, es evidente que las escuelas que han hecho la transición a luminarias LED muestran consumos sustancialmente menores en la iluminación, y al ser ésta el uso final de mayor participación, tiene un impacto significativo en el consumo total de energía eléctrica.

La protección solar es un tema bastante descuidado en los edificios relevados, a pesar de que impacta en usos finales de alto consumo como la iluminación y la refrigeración. Una falta de atención resulta en el uso de cortinas interiores, el consecuente oscurecimiento de espacios y el encendido de luminarias.

El diseño pasivo, sobretodo en edificios existentes, es un elemento que influye en el desempeño energético y también en el confort. En los casos estudiados, se verifica que los edificios con buen diseño pasivo tienen disponibles más herramientas para mejorar, con menos intervenciones de tecnología, los niveles de confort y desempeño energético. Hay casos en que se descuidan estas herramientas disponibles en edificios existentes, como pueden ser patios centrales, aberturas cenitales, aventanamiento en los laterales de aulas que permiten ventilación cruzada, entre otros. Rescatar estos elementos del diseño es muy conveniente, especialmente en un clima templado como el de la Ciudad de Buenos Aires.

A través del estudio de consumos y del relevamiento de los edificios, se ha verificado que el comportamiento del usuario dista todavía de ser responsable hacia el uso racional de la energía. Sin embargo, a partir de finales de 2017 y durante 2018 se empieza a vislumbrar un cambio de conducta en la comunidad escolar, probablemente consecuencia de la reducción de los subsidios energéticos o del interés despertado en la misma por la evaluación energética motivo de este trabajo. Se registraron cambios en el control manual de las calderas, comenzaron a apagarse luminarias y equipos de refrigeración cuando no hay personas en los espacios y más importante aún, se percibe un interés por querer aprender sobre el comportamiento energético del edificio.

6 Diagnóstico general sobre los casos de estudio

6.1 Introducción

Luego de la presentación y análisis de cada caso de estudio, el presente capítulo tiene por objetivo articular la información obtenida y procesada para lograr un diagnóstico general. El mismo considera la comparación de los diferentes edificios en cuanto a consumo de energía total y consumos en electricidad y gas por separado, la identificación de los conflictos más relevantes observados a partir del relevamiento y mejoras puntuales halladas a través del análisis de los consumos históricos. Luego se presenta una tabla con rangos de valoración de potenciales ahorros para cada uso final de acuerdo al factor involucrado, entre ellos las instalaciones técnicas, el diseño pasivo y el comportamiento del usuario. El objetivo final es que ese resultado sirva como herramienta para poder tomar decisiones de mejoras en eficiencia energética en diferentes escuelas de la Ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, de acuerdo a sus posibilidades y necesidades. Para concluir se presenta un aproximación de un valor de referencia de consumo de energía posible de alcanzar tomando como punto de partida algunos de los casos de estudio analizados.

6.2 Análisis comparativo de los 10 casos de estudio

6.2.1 Consideraciones para el análisis

La falta de uniformidad y la diversidad de características de los diez casos de estudio relevados sugieren que el análisis del comportamiento energético debe realizarse detectando y rescatando patrones detectados en cada caso, identificando comportamientos comunes para luego estimar potenciales ahorros particulares y generales.

Los casos de estudio relevados difieren entre sí en varios aspectos. Entre ellos se hallan: el tamaño y tipología del edificio y la cantidad y tamaño de espacios como SUM, gimnasio, comedor, cocina, aulas comunes, aulas especiales, espacios recreativos, laboratorios, circulaciones y oficinas administrativas. En cuanto a las instalaciones técnicas existen diferencias importantes en sistemas de calefacción, refrigeración, tipos de luminarias, presencia o no de cocina, y cantidad y tipo de equipamiento escolar y administrativo como computadoras. A pesar de la diversidad en tantos aspectos, es posible construir un diagnóstico general que presente la situación actual de este pequeño universo seleccionado aportando información relevante que permita direccionar los pasos a seguir para lograr mejoras en eficiencia energética.

La Figura 6.1 muestra el consumo anual de energía (kWh/m²) de las escuelas relevadas en función de la superficie (m²) del establecimiento escolar. Es notoria la amplitud en el consumo de energía, la ausencia de correlación en función de la superficie y la dispersión de consumo dentro de un mismo rango de superficie.

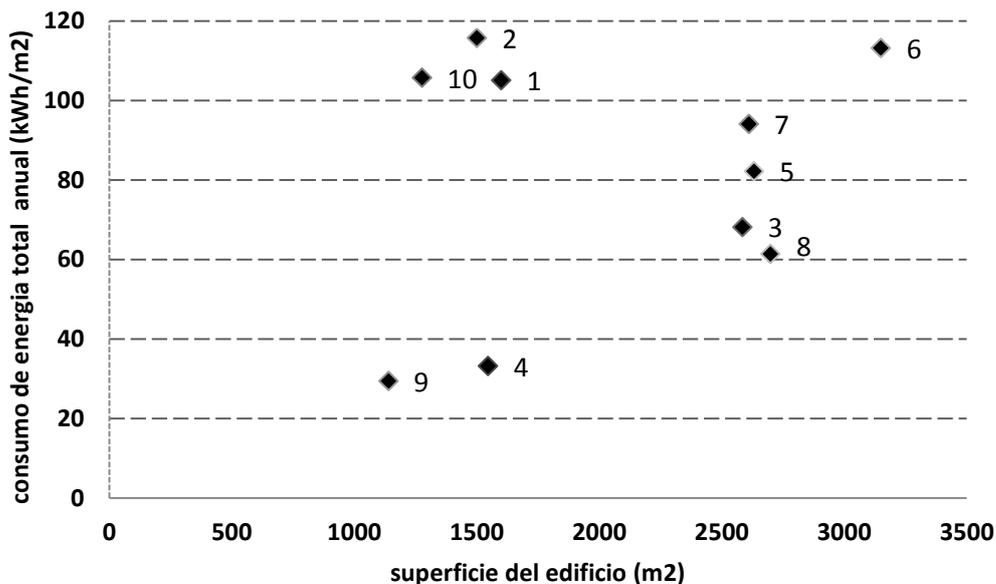


Figura 6.1. Consumo de energía total anual (kWh/m²) y superficie del edificio (m²)

El análisis de los diferentes consumos permitirá obtener una imagen de la situación actual del desempeño energético de las escuelas relevadas, identificar conflictos, analizar oportunidades de mejora y proponer una serie de estrategias para lograr mejoras en eficiencia energética con las diferentes intervenciones e implicancias.

6.2.2 Consumo de energía total

La energía consumida en las escuelas relevadas consiste exclusivamente de gas natural y electricidad. El consumo de electricidad se registra en los usos finales tales como iluminación, refrigeración, calefacción, equipos de salas de máquinas, equipamiento de cocina y equipamiento escolar y administrativo. Por otro lado, el gas natural se utiliza para calefacción y en menor medida para agua caliente y para la cocina.

Para las escuelas relevadas, los valores de consumo de energía total que incluyen electricidad y varían entre 29 y 116 kWh/m² anuales (Figura 6.2). Fuera de dos casos puntuales (la escuela N°4 que posee estufas de tiro balanceado y no posee cocina ni agua caliente, y la escuela N°9 con sistema de calefacción tipo *split* en pocos espacios, sin cocina y todavía con muy poco equipamiento electrónico) el consumo total de las escuelas supera 62 kWh/m² al año y promedia 95 kWh/m².

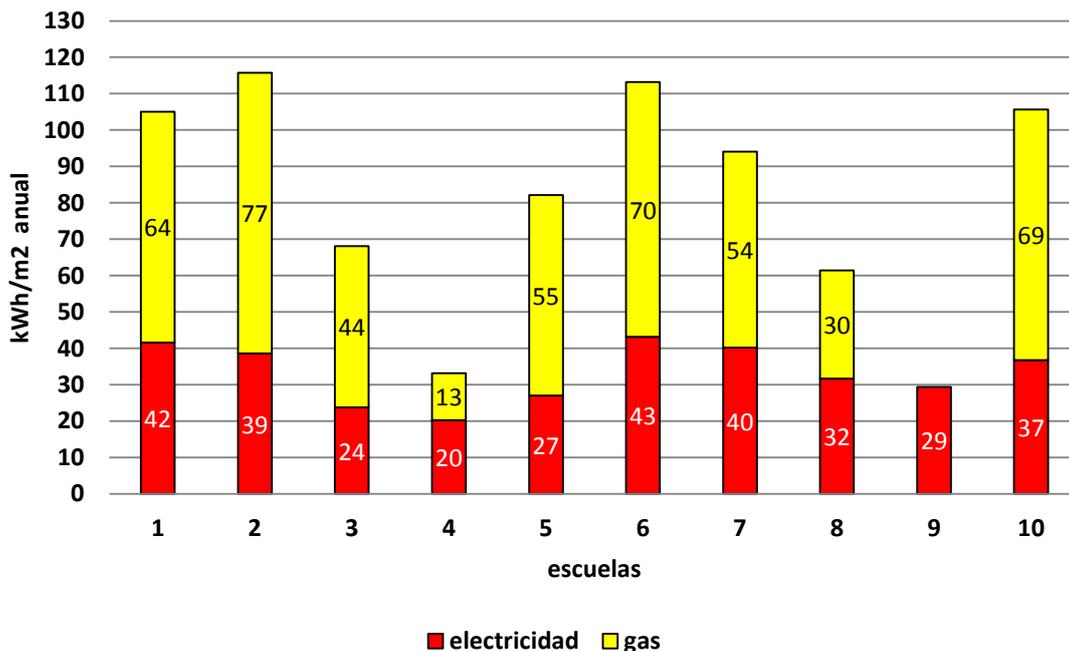


Figura 6.2. Consumo anual de energía total (electricidad + gas).

La participación del consumo de gas en el consumo total de energía de las escuelas relevadas varía entre 39% y 67% (Figura 6.3), aunque 6 de las 10 escuelas muestran valores mayores de 60% para el gas. La tendencia en el diseño de nuevas escuelas refleja un aumento en las instalaciones eléctricas y una disminución en las instalaciones de gas. Entre otras causas, la reciente aceleración en la incorporación de refrigeración en las escuelas abre la posibilidad de incorporar calefacción utilizando el mismo sistema, como también influye la preferencia por evitar instalaciones de gas en el edificio por temas de seguridad. El equipamiento electrónico ha aumentado significativamente en el último tiempo con la incorporación de computadoras, *servers*, pantallas, etc. A pesar de esta tendencia al alza del consumo en electricidad, el stock de escuelas existentes mantiene todavía valores elevados de consumo de gas debido a los sistemas vigentes de calefacción, en general centrales, que necesitan un reacondicionamiento urgente para funcionar de manera más eficiente y consumir menos gas. Los subsidios aplicados en las tarifas de gas a partir de la salida de la convertibilidad y hasta el 2015 no estimularon la actualización de los sistemas de calefacción central, como por ejemplo, la automatización de calderas con la incorporación de temporizadores y de termostato exterior.

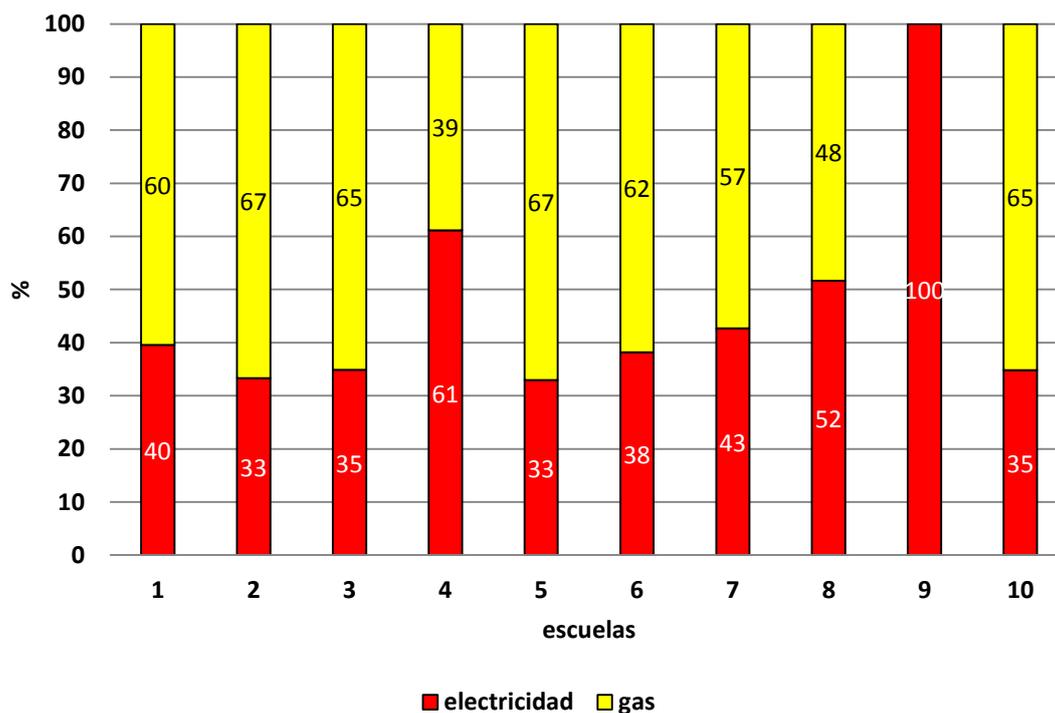


Figura 6.3. Participación porcentual de electricidad y gas natural en el consumo total de energía anual.

6.2.3 Consumo de electricidad

El consumo de electricidad para las diferentes escuelas varía entre 20 y 43 kWh/m² anual con un valor promedio de 33 kWh/m² (Figura 6.4). Las escuelas N^o3 y N^o4, con los valores más bajos de la muestra (24 y 20 kWh/m² respectivamente) poseen luminarias LED desde mayo de 2016. Los valores anteriores al cambio de luminarias eran 36 y 30 kWh/m² para dichas escuelas, lo que indica un ahorro del 33 % en consumo eléctrico por el cambio a tecnología LED. Entre la variedad de factores que determinan valores más altos o bajos, la iluminación es el gran determinante. Como muestra la Figura 6.4, la iluminación como uso final representa el mayor consumo anual en los 10 casos de estudio.

Luego del análisis realizado, es adecuado y realista entrever que estos valores tienen potencial para disminuir, inclusive los casos N^o3 y N^o4, donde se observó que las luminarias están encendidas entre 15 y 17 horas diarias de manera continua. Para el período seleccionado, de junio 2016 a mayo 2017, se estima según relevamientos, que no existió por parte del usuario una conducta cuidadosa en cuanto al encendido y apagado de luminarias, de equipamiento escolar y administrativo como computadoras, o en cuanto a encendido, apagado y temperatura de equipos de aire acondicionado. Es por esto que se estima un potencial de ahorro muy importante por el cambio de la conducta del usuario en estos usos finales.

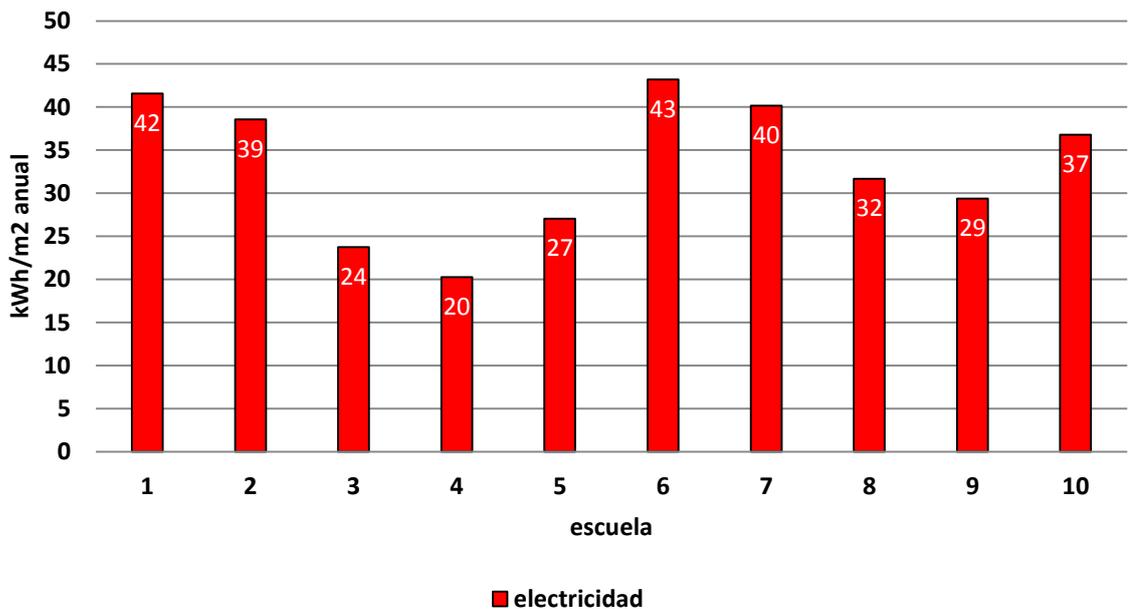


Figura 6.4. Consumo anual de electricidad kWh/m² anual.

Para entender el consumo eléctrico es necesario diferenciar entre los distintos **usos finales** para el consumo eléctrico: iluminación, refrigeración, calefacción, cocina, sala de máquinas y equipamiento escolar y administrativo. La participación de cada uno de ellos varía de acuerdo al caso de estudio relevado y a la cantidad y peso de los demás usos finales activos. Existen casos donde no hay cocina, donde hay pocos equipos de aire acondicionado o pocas computadoras; o al contrario, escuelas con bombas de extracción de agua de napa que funcionan continuamente las 24 hs del día. La Figura 6.5 muestra la participación de cada uso final para cada uno de los 10 casos de estudio.

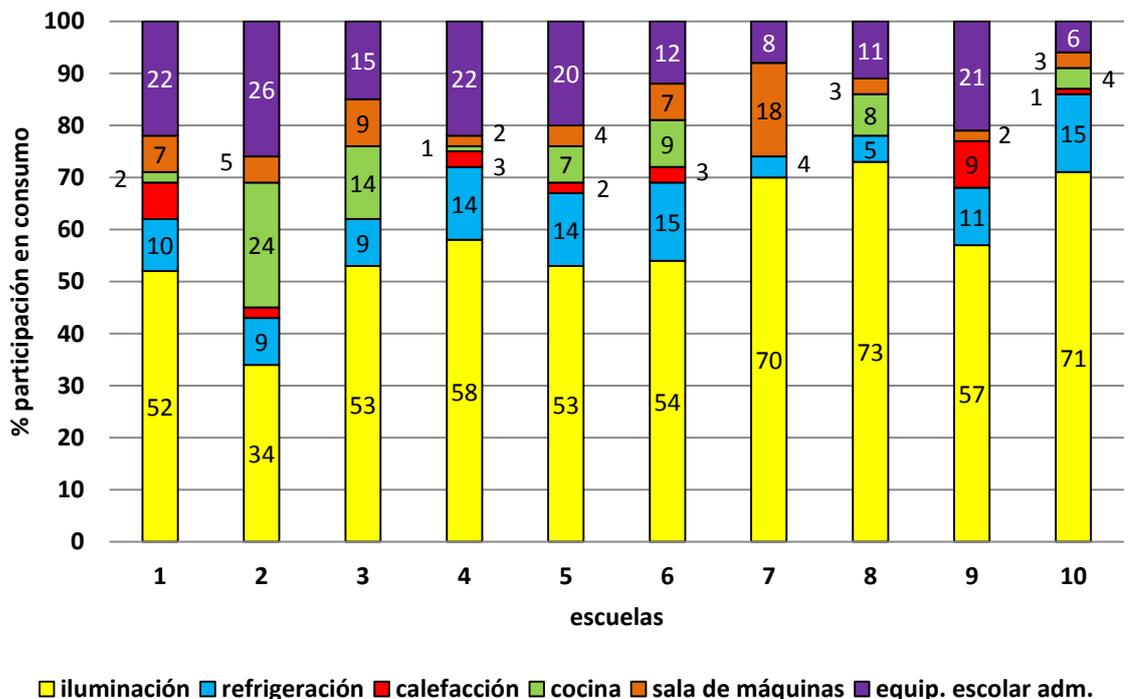


Figura 6.5. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual para cada escuela.

El uso final de mayor participación es la **iluminación**, que varía de 34 a 73% y con un valor promedio es 58%. En las 4 escuelas donde las luminarias son LED los valores van de 34 a 58%, mientras que para los casos donde las luminarias no son LED los valores varían de 53 a 73%. De las 10 escuelas, 9 poseen valores superiores a 52% y solo la escuela N°2 registra un valor menor, de 34%. Estos consumos indican la necesidad de incluir y optimizar estrategias pasivas para aumentar el recurso de iluminación natural en las escuelas, donde el horario de funcionamiento es mayoritariamente diurno. La provisión de iluminación natural y la protección de la radiación solar directa son elementos indispensables en las escuelas para lograr disminuir consumos en iluminación artificial. Un buen diseño pasivo junto a un uso responsable y activo por parte del usuario tendrían que reflejar un consumo mayor en los meses de invierno donde el recurso de la iluminación natural es menor, y un consumo menor en los meses de verano cuando los días son más largos y el recurso lumínico es mayor. En pocas escuelas se ve esta situación, ya que en la mayoría, las luminarias quedan encendidas continuamente durante el horario escolar.

El **equipamiento escolar y administrativo** representa entre un 6 y 26% del consumo eléctrico. El comportamiento responsable del usuario y el equipamiento eficiente (computadoras, impresoras, fotocopiadoras, *dispensers* de agua fría y caliente, cafeteras, etc.) son esenciales para disminuir el consumo de este uso final. Es notoria la diferencia de consumo y de uso entre escuelas que tienen computadoras de escritorio solamente y las que poseen laptops en carros móviles que van rotando entre aulas. Estas últimas consumen mucho menos y al ser compartidas se apagan cuando no están en uso. Este uso final permanece constante durante todo el ciclo escolar, sin sufrir variaciones de acuerdo al período climático.

La **refrigeración** representa entre 4 y 15% del consumo eléctrico y difiere de una escuela a otra por la cantidad de equipos instalados, por su eficiencia energética y por el manejo en cuanto a tiempo de uso y temperatura mínima. Varias escuelas solo tienen equipos *split* en aulas especiales y oficinas, o en aulas que están más expuestas a cargas térmicas por radiación solar o por equipamiento, mientras que otras escuelas tienen refrigeración en todos los espacios con equipos que incluyen desde el tipo ventana hasta equipos *inverter* con etiqueta de eficiencia energética clase AA o equipos de aire central para algunas zonas del edificio. La refrigeración en los meses cálidos representa hasta un 47% del consumo eléctrico, impactando directamente en la suba de la potencia registrada y muchas veces superando el valor de potencia contratado a la empresa distribuidora. Sin embargo, en el impacto total del año, la participación no supera el 15%, debido al corto período de utilización, considerando el receso escolar del verano.

La **calefacción** eléctrica es un uso menor en las escuelas relevadas, ya que 9 de éstas poseen sistemas de calefacción a gas. Solo una escuela climatiza sus ambientes con equipos *split* individuales. En varios casos, para espacios donde no llega el sistema de calefacción principal, se utilizan calefactores portátiles con consumos muy elevados a veces no detectados en los relevamientos. También, en algunos casos existen equipos de aire central que funcionan para calefacción.

La **cocina** representa hasta 24% del consumo eléctrico. Este valor varía considerable de acuerdo a la potencia y tiempo de uso del extractor de humos de la campana y de la existencia y tiempo de uso de la mesada para servir comidas calientes. Por otro lado, las cocinas difieren entre sí por la cantidad y tipo de equipamiento, tipo de servicio y tiempo de funcionamiento diario. El promedio de participación en el consumo eléctrico del edificio considerando solo las 5 escuelas que poseen cocina es de 12,5%. Es un espacio de la escuela que por lo general está a cargo de un concesionario y que carece de control en cuanto a consumo de electricidad y gas y en cuanto a eficiencia energética del equipamiento que instala. La cocina presenta un

consumo constante durante todo el ciclo escolar, sin variaciones de acuerdo al periodo climático.

La **sala de máquinas** representa entre un 2 y 18% del consumo eléctrico anual. Los valores dependen de la existencia y uso de ascensor, de bombas de extracción de agua de napa que funcionan constantemente, de bombas pluviales en casos de patio ingleses y de la bomba de caldera durante el invierno. Además de identificar la modalidad de manejo por parte del personal de administración, la eficiencia y controles de caldera y el uso de agua potable, en la estimación del consumo de la sala de máquinas se le agrega una complejidad adicional, como es determinar la recurrencia de lluvias y/o crecimiento del río, principales factores en el requerimiento de uso de las bombas pluviales.

La Figura 6.6 indica el promedio de participación porcentual de cada **uso final** en el consumo eléctrico para las 10 escuelas relevadas. La mayor participación corresponde a la iluminación con el 57%, luego el equipamiento escolar y administrativo con 16%, la refrigeración con 11%, la cocina con 7%, la sala de máquinas con 6% y la calefacción con 3%. Como se mencionó previamente, solo 5 escuelas poseen cocinas con comedor y es por esa razón que el valor disminuye a 7% de participación cuando se calcula el promedio de las 10 escuelas.

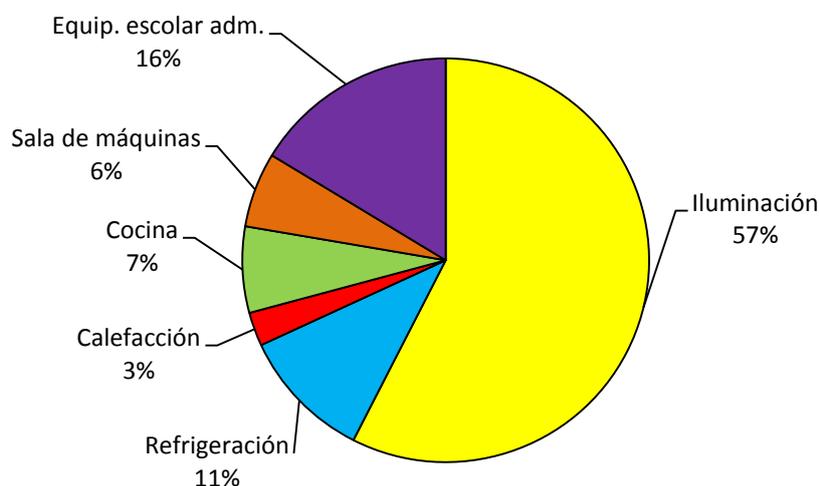


Figura 6.6. Valor promedio de participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual de los 10 casos de estudio.

6.2.4 Consumo de gas natural de red

Como se mencionó previamente, en la mayoría de los casos el consumo de gas en las escuelas supera el consumo de electricidad. Los usos finales relacionados al consumo de gas son la calefacción, el agua caliente, la cocina (equipamiento y termo-tanques para uso de cocina, considerados dentro de cocina) y en algún caso aparece la portería (cocina y termotanque). Entre las escuelas relevadas, solo 5 tienen cocinas completas con comedor, otras poseen espacios para calentar comida o quioscos para comidas rápidas. Solo 5 escuelas poseen termotanques a gas para agua caliente de sanitarios, otras poseen termotanques eléctricos y otras no proveen agua caliente en sanitarios.

En relación al consumo, la Figura 6.7 muestra valores de consumo de gas entre 1,2 y 7,1 m³/m² anual. La escuela N°9 no posee gas natural y la escuela N°4 tiene un sistema de calefacción con estufas individuales de tiro balanceado a gas natural con un consumo de 1,2 m³/m² anual. A excepción de estos dos casos, las demás escuelas tienen sistemas de calefacción central con

calderas de agua caliente y radiadores o piso radiante. La escuela N°8 presenta el mejor desempeño con un consumo de 2,7 m³/m² anual y es la única escuela cuya caldera está automatizada y funciona en el horario de clases cuando la temperatura es inferior a 14° C. Las calderas del resto de las escuelas se encienden manualmente. Las escuelas N° 1, 2, 3, 5 y 10 por lo general dejan las calderas encendidas durante la noche los días de semana en épocas de frío.

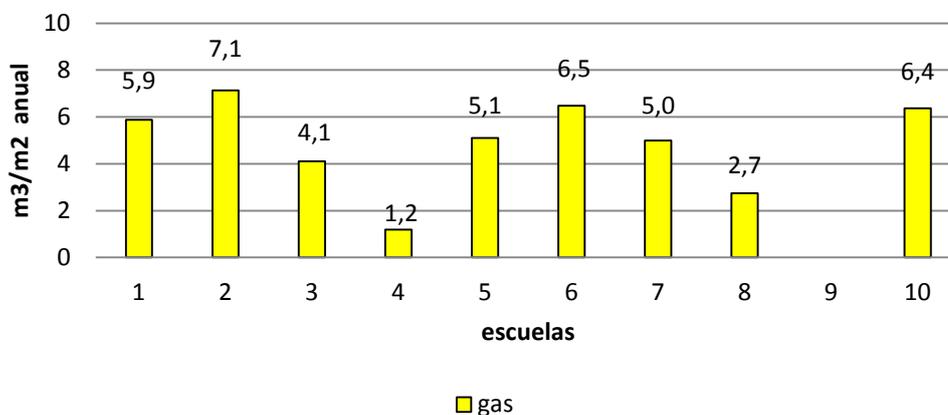


Figura 6.7. Consumo anual de gas natural (m³/m²).

En relación a los **usos finales**, la Figura 6.8 muestra que la **calefacción** representa el mayor consumo de gas, con valores entre 56 y 100% del total. En el caso de las **cocinas**, éstas llegan a representar un 48%, considerando equipamiento y termotanques para uso de la misma. El consumo para **agua caliente** varía entre 2 y 18 %. La escuela N°10, que posee el valor más elevado (25%), es un jardín de infantes con lavabos en cada aula.

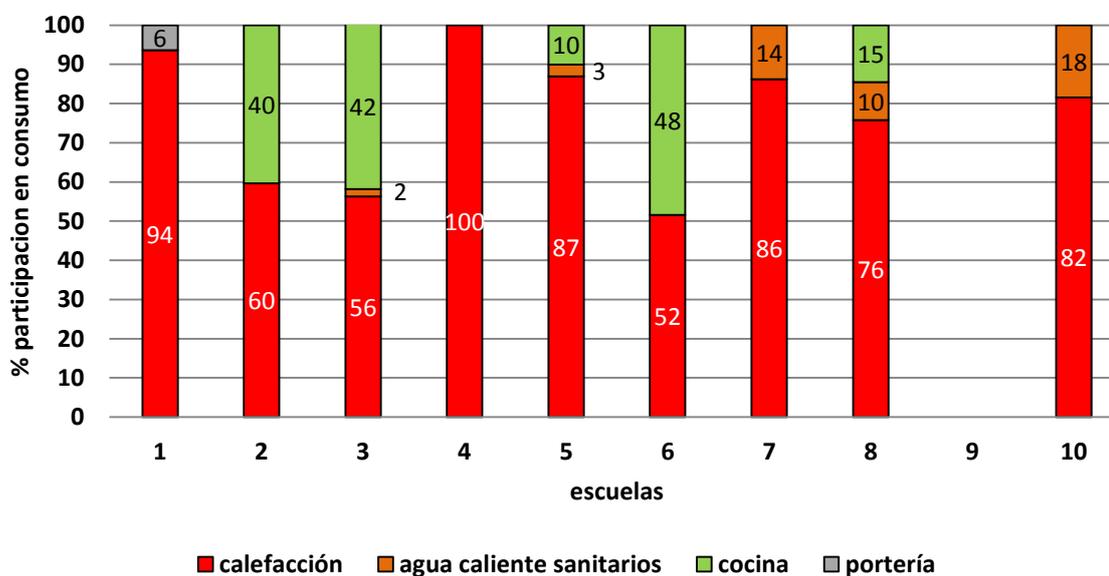


Figura 6.8. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas al año para cada escuela.

La Figura 6.9 muestra los valores de consumos en calefacción. Aquí también es necesario aclarar que algunas escuelas climatizan solo una cierta cantidad de espacios, excluyendo circulaciones y SUM, mientras que otras incluyen la totalidad de los espacios. Dicho lo anterior,

es destacable la situación de la escuela N°8 que, consume $2,1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ anual climatizando todos los espacios incluyendo circulaciones, sanitarios y SUM. Como se mencionó antes, el sistema de calefacción de esta escuela está automatizado. Esto demuestra el enorme potencial de ahorro existente en los sistemas centrales de calefacción a través de estrategias de automatización o de mayor control manual por parte del encargado de mantenimiento de la escuela.

Dentro de los sistemas centrales, otra diferencia a señalar es que las escuelas N°5 y N°10 poseen losa radiante y calderas que calientan el agua a temperaturas entre 40° y 45° C. Por otro lado, las escuelas N° 1, 2, 3, 6, 7 y 8 poseen sistemas de radiadores con calderas que calientan el agua a una temperatura de 70° C aproximadamente, factor que genera mayor consumo de energía para lograr la temperatura del agua adecuada.

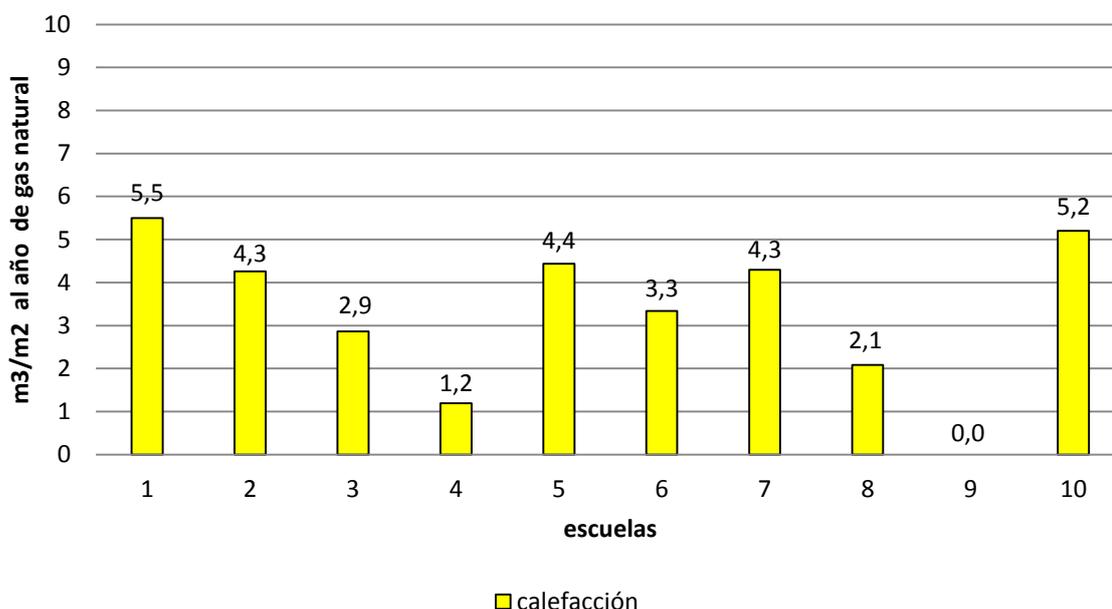


Figura 6.9. Consumo anual de gas natural para calefacción (m^3/m^2).

6.2.5 Emisiones de CO_2

La cantidad de emisiones de CO_2 depende del recurso energético primario consumido y de la matriz eléctrica en el caso del consumo de electricidad. Para este cálculo, se tomó en cuenta el factor de emisión de CO_2 de la Red Argentina de Energía Eléctrica (MINEM, 2016) de acuerdo a la matriz eléctrica de 2015. El factor de emisión del gas natural es $1,936 \text{ tCO}_2/\text{dam}^3$. Según este informe, la matriz eléctrica está conformada por generación térmica en un $63,88 \%$ y por energías limpias en un $36,12\%$. Los combustibles utilizados para la generación térmica y sus respectivas emisiones son carbón mineral ($2,441 \text{ tCO}_2/\text{t}$), gasoil ($3,771 \text{ tCO}_2/\text{t}$) y fuel oil ($3,127 \text{ tCO}_2/\text{t}$). Las energías limpias consideradas son hidroeléctrica ($30,82\%$), eólica y solar ($0,45\%$) y nuclear ($4,85 \%$). Se considera que para cada kWh de electricidad a partir de la matriz eléctrica de 2015, las emisiones correspondientes son $0,535 \text{ kg CO}_2$.

La Figura 6.10 muestra las emisiones correspondientes a la electricidad y al gas natural. Debido a nuestra matriz eléctrica basada en combustibles fósiles, las emisiones derivadas de la electricidad son más elevadas que las derivadas del gas natural. Existe una transición hacia mayor consumo de electricidad en edificios y de ahí, la urgencia de alcanzar una matriz

eléctrica baja en combustibles fósiles y con mayor participación de energías limpias y renovables.

Con los datos disponibles del 2015, una misma unidad de energía entregada por el gas natural contamina 3 veces menos que la proveniente del sistema de generación eléctrica vigente.

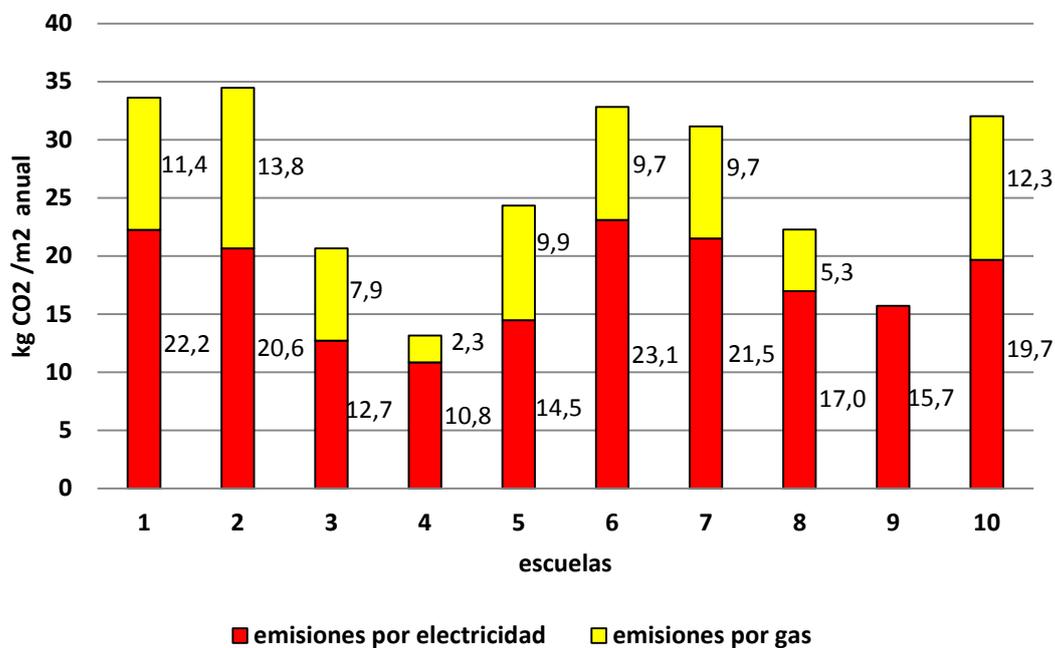


Figura 6.10. Emisiones por electricidad y por gas natural (kg de CO2/ m² anual).

6.3 Potenciales ahorros de energía y estrategias de eficiencia energética

A partir de la definición de los conflictos más relevantes y del análisis del impacto y participación anual de cada uso final en el consumo energético del edificio, se distinguen estrategias de eficiencia energética en relación al tipo de energía consumida, al recurso final que afecta, al potencial ahorro que genera tanto para el uso final como para el consumo total de energía consumida en el edificio y a la inversión requerida (gasto de capital, afectación del uso del edificio por obras, etc.).

La Tabla 6.1 titulada “Potenciales ahorros y estrategias de eficiencia energética” permite seleccionar las estrategias de eficiencia energética adecuadas para una determinada escuela de acuerdo a los conflictos más relevantes obtenidos del relevamiento y análisis de consumos y al tamaño de la inversión posible de realizar. La tabla presenta una valoración del potencial de ahorro de una determinada estrategia para el uso final que afecta y para el consumo total de energía del edificio. La valoración se desarrolla de acuerdo al siguiente rango: muy bueno, bueno, medio, bajo, muy bajo. Esta valoración tiene en cuenta el porcentaje de participación promedio de cada uso final sobre el total del consumo de energía del edificio en base a los 10 edificios relevados. Por lo tanto, una valoración elevada para un uso final de poca participación deviene en una valoración más baja para el consumo total de energía.

Tabla 6.1. Potenciales ahorros y estrategias de eficiencia energética.

TIPO DE ENERGÍA	USO FINAL	ÁREA	POTENCIAL AHORRO EN USO FINAL	POTENCIAL AHORRO CONSUMO TOTAL	INVERSIÓN	ESTRATEGIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	
GAS	CALEF.	IT	MA	MA	B	- Automatización. Temporizador y termostato exterior.	
		DP	M	M	B	- Incorporación de burletes en marcos para reducir filtraciones de aire exterior y disminuir pérdidas de calor.	
			A	A	MA	- Cambio por carpinterías con mayor aislación térmica.	
			A	M	M	- Aumento de aislación térmica en cubiertas.	
			A	A	MA	- Aumento de aislación térmica en muros.	
		CU	MA	MA	MB	- Mayor control manual de horarios diurnos y temperaturas.	
	COC.	IT	B	B	M ⁽¹⁾	- Requerimiento de equipamiento de gas más eficiente al concesionario del comedor.	
		CU/I T	A	M	B	- Control de tiempo de uso de equipamiento. Incorporación de medidor de gas independiente para conocer consumo de la cocina.	
	ELECTRICIDAD	ILUM.	IT	MA	MA	A ⁽²⁾ /B ⁽³⁾	- Transición a luminarias LED.
				M	M	A	- Distinción de circuitos de luminarias por distancia a los aventanamientos y así aumentar el aprovechamiento de la luz natural.
DP			A	A	A	- Incorporación de elementos de protección solar en fachadas, como parasoles, para evitar el uso de cortinas y el consecuente oscurecimiento de los espacios. Y así aumentar el aprovechamiento de la luz natural.	
			M	M	A	- Incorporación de sistemas de re-direccionamiento de la iluminación natural para lograr una distribución más pareja en los espacios.	
CU			A	A	MB	- Apagado de luminarias cuando no se necesiten.	
REFRIG.			IT	A	M	A ⁽²⁾ /M ⁽³⁾	- Incorporación de etiquetado clase A y tecnología <i>inverter</i> de equipos de refrigeración.
		DP	MA	A	A	- Incorporación de elementos de protección solar en fachadas, como parasoles o toldos, para disminuir cargas térmicas y asegurar mayor aprovechamiento de la ventilación natural.	
			A	M	B	- Rehabilitación de ventanas bloqueadas para mejorar la ventilación natural.	
			A	M	A	- Incorporación de nuevas aberturas para mejorar la ventilación natural.	
			M	B	M	- Aumento de la aislación térmica en cubiertas.	
		M	B	MA	- Aumento de la aislación térmica en muros.		
		CU	MA	M	MB	- Control de tiempo de encendido y temperatura a 24°	
		CALEF. (bomba de circ.)	IT	A	M	B	- Automatización del sistema de calefacción.
CU			A	M	MB	- Mayor control manual de horarios diurnos y temperaturas.	
COC.		IT	MA	A	M ⁽¹⁾	- Requerimiento de equipamiento más eficiente al concesionario del comedor.	
			M	B	B	- Verificación del correcto diseño de la campana de extracción de humos y de la potencia adecuada.	
		CU/I T	A	M	MB	- Control de tiempo de uso de equipamiento. Incorporación de medidor de electricidad independiente para conocer consumo de la cocina.	
EQUIP. ESC. ADM.		IT	MA	A	A ⁽²⁾ /B ⁽³⁾	- Transición a equipamiento de mayor eficiencia energética.	
		CU	A	M	MB	- Apagado de equipamiento cuando no está en uso.	

Referencias de tabla:

- (1) Exigir equipamiento eficiente para un nuevo contrato con un concesionario no implica necesariamente gasto de capital para la escuela.
- (2) Cambio de tecnología a gran escala, en un mismo momento.

- (3) Cambio de tecnología a medida que es necesario reemplazar una unidad equipamiento existente y se elige entre uno estándar y otro más eficiente.
- Uso final: calefacción (CALEF.); iluminación (ILUM.); refrigeración (REFRIG.); cocina (COC.); equipamiento escolar y administrativo (EQUIP. ESC. ADM).
- Área: instalaciones técnicas (IT); diseño pasivo (DP); comportamiento del usuario (CU).
- Rangos de potencial ahorro y de gasto de capital: muy alto (MA), alto (A), medio (M), bajo (B), muy bajo (MB).

Teniendo en cuenta que los recursos económicos de las escuelas son limitados por lo general, es evidente que ante la dificultad de realizar gastos de capital, las estrategias de muy baja inversión, son las primeras que deben implementarse. Y si una valoración “muy bajo” (MB) en inversión coincide con un potencial ahorro con valoración “alto” (A) o “muy alto” (MA) es una situación con gran potencial de ahorro que no debería tener limitaciones para su aplicación. Este sería el caso de las estrategias que se focalizan en el **comportamiento del usuario** (CU) como por ejemplo:

- **Mayor control manual de horarios diurnos y temperatura en el uso de la caldera de sistemas de calefacción centrales**, por parte del personal de mantenimiento.
- **Apagado de luminarias** cuando no sea necesario mantenerlas encendidas, por parte de toda la comunidad escolar.
- **Apagado de equipamiento electrónico** cuando no se utilice, por parte de toda la comunidad escolar, en especial docentes y personal administrativo.

El impacto de un mayor control en tiempo de encendido y temperatura a 24°C de los acondicionadores de aire es más moderado que los anteriores por abarcar solo un corto período del año. Pero de todas maneras, al no incluir gastos, debería aplicarse sin dudas. Lo mismo incide en el uso de equipamiento de la cocina, donde puede instruirse al personal de cocina de encender el equipamiento solo el tiempo necesario.

En cuanto a las estrategias que involucran equipamiento e instalaciones técnicas, sobresale la **automatización de la caldera**, puesto que la valoración en inversión es “muy bajo” mientras que el potencial de ahorro es “muy alto”. Ya se ha mencionado que el consumo anual (m^3/m^2) en la escuela N°8 es aproximadamente el 50% del consumo de las otras escuelas con sistemas centrales.

En general, el resto de las estrategias que involucran incorporar equipamiento e instalaciones más eficientes son costosas y entra en la valoración alto (A) o muy alto (A) para la inversión. Para la decisión de aplicar una u otra deberá evaluarse el capital disponible y el potencial de ahorro que la medida generaría.

La estrategia **cambio a luminarias LED** implica una inversión alta sobre todo cuando se lleva a cabo la totalidad del recambio de luminarias en una sola intervención, pero el ahorro posterior en electricidad es muy elevado y es una transición que más temprano que tarde deberá llevarse a cabo en todas las escuelas.

Con respecto a las medidas que involucran al diseño pasivo, es necesario considerar, además de la valoración alta en potencial de ahorro, en cuantos usos finales impactan y de ahí realizar la elección de estrategia a llevar a cabo. Por ejemplo, la **incorporación de protección solar exterior**, como parasoles, impacta en los usos finales de iluminación y refrigeración. En iluminación, una adecuada protección de la radiación solar directa evita molestias visuales y el consecuente oscurecimiento del espacio que lleva al encendido de luminarias. Es muy probable que una correcta protección solar aumente el aprovechamiento de la luz natural en aulas y reduzca la dependencia de la luz artificial. Por otro lado, la protección solar en fachadas

disminuye las cargas térmicas del edificio y por ende la temperatura interior de los espacios resultando en un menor requerimiento de refrigeración. O sea, una protección solar adecuada implica una inversión elevada pero suma el potencial de ahorro “alto” (A) de dos usos finales, iluminación y refrigeración. Y, además, aunque no es tema de analizado en este trabajo, pero válido a tener en cuenta, mejora sustancialmente los niveles de confort higrotérmico y visual. Un aspecto positivo de la incorporación de protección solar exterior es que no afecta el funcionamiento interno del edificio, tema importante en escuelas existentes que están en funcionamiento.

Toda mejora en **aislación térmica** de la envolvente refleja mejoras en los usos finales de calefacción y refrigeración. Incorporar aislación térmica en muros implica un nivel alto de inversión, tanto en el gasto de capital como en la afectación temporaria por obra del edificio. En edificios existentes que poseen carpinterías con poca aislación y vidrio simple es posible agregar **burletes** y disminuir las filtraciones de aire, y disminuir las pérdidas de calor en invierno. Esta opción produce mejoras en los consumos por calefacción y la inversión es baja. El cambio a carpinterías con mayor aislación y con el posible agregado de vidrio doble implica un gasto de capital elevado y la realidad indica que en la Ciudad de Buenos Aires los inviernos son suaves y solo impactan un tercio del ciclo escolar, por lo que no resultan ser una medida prioritaria. La **aislación térmica en cubiertas** puede tener un costo medio y significar grandes mejoras en cuanto a refrigeración y calefacción para los pisos superiores de los edificios. La escuela N°7 posee equipos *split* de refrigeración solo en las aulas del último piso, alegando que son las que sufren más sobrecalentamiento en verano, a pesar de tener orientación SE y no sufrir los efectos de la radiación solar directa en la fachada durante la mayor parte del día. Lo mismo sucede en la escuela N°5, aunque en este caso el sobrecalentamiento también se debe a la orientación NO de la fachada y la gran superficie vidriada de aventanamientos.

Un aspecto interesante del diseño pasivo en edificios existentes es el rescate de elementos que no están aprovechados y que colaborarían en un mejor desempeño energético del edificio. Es el caso de ventanas bloqueadas por temas de seguridad o por difícil accionamiento. La escuela N°8 posee una estrategia de ventilación natural en la cual el aire a mayor temperatura es expulsado por las aberturas cenitales del atrio central de triple altura. Idear una solución que facilita la apertura y que ofrezca seguridad al mismo tiempo sería una estrategia de bajo gasto de capital y que mejoraría notoriamente la ventilación natural y el refrescamiento del edificio. Otros edificios poseen un patio central con la posibilidad de incorporar ventilación cruzada en aulas, ya que estas poseen aberturas en el frente o contrafrente del edificio. Esta medida implica realizar aberturas nuevas con un costo elevado pero que mejoraría la ventilación natural de todo el edificio y a su vez, también mejoraría los niveles de iluminación en aulas ya que se adicionaría una nueva fuente de iluminación natural del lado contrario a la existente, logrando valores de iluminancia más parejos en los espacios.

La cocina es un tema en sí mismo, y actualmente librado a la voluntad del concesionario a cargo de ésta. Varias estrategias son posibles para intervenir en este uso final. Sería conveniente para la escuela conocer el consumo tanto en electricidad como en gas correspondiente a la cocina. Al momento de terminar un contrato la escuela podría establecer requerimientos para el nuevo contrato con un concesionario que incluyera equipamiento eficiente, sobretodo el eléctrico, que es donde más variaciones pueden haber, en equipamiento como heladeras, *freezers*, mesadas frías y calientes para servir comida, amasadoras, etc. En cuanto al equipamiento de gas, como cocinas y hornos, el potencial de ahorro no es elevado como en el eléctrico. El extractor de humos es uno de los elementos de mayor consumo. Es una medida útil y de bajo costo verificar se buen funcionamiento, que incluye la extracción correcta de humos, la potencia adecuada del motor y el adecuado diseño

de la campana. Un exceso de potencia genera gastos innecesarios en consumo al funcionar como aspiradora del aire no viciado de los locales adyacentes a la cocina.

En cuanto a una transición hacia equipamiento electrónico más eficiente, este tema abarca varios elementos. La cantidad de computadoras de escritorio es muy elevada en algunas escuelas, y son una fuente de alto consumo en comparación con las computadoras portátiles. Ante la eventual necesidad de reemplazar computadoras, es conveniente reemplazar por dispositivos portátiles. La opción de carros móviles con computadoras portátiles que puedan rotar entre aulas puede traer beneficios, tanto por ser portátiles con menor potencia como por el hecho de que luego de su uso la computadora debe apagarse para volver al carro móvil. Inclusive para salas de computación, y oficinas administrativas es conveniente reemplazar las computadoras de escritorio por computadoras portátiles donde sea posible.

Por último, el consumo en refrigeración marca una tendencia en ascenso aunque el impacto en el consumo anual no es tan elevado como el consumo por iluminación o inclusive, por el equipamiento escolar y administrativo. Sin embargo, un equipamiento eficiente significa una menor demanda de potencia eléctrica, lo que implica gastos adicionales para la institución cuando se excede la potencia contratada a la empresa distribuidora o la contratación de una potencia superior con un costo mayor. Si no es posible un cambio general de equipos, se debería tener en cuenta, para cuando fuera necesario reemplazar un equipo, seleccionar uno nuevo con etiqueta de eficiencia energética clase A.

6.4 Valores de referencia posibles de alcanzar

Los valores de consumo de energía correspondientes a las escuelas relevadas son muy dispersos entre sí, pero, con la base del análisis previo, se intenta establecer un valor de referencia posible de alcanzar en la Ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, considerando las características del clima y las necesidades de confort adecuadas.

En cuanto a la determinación de **valores de referencia para edificios**, es de especial importancia tener en cuenta la zona bioclimática donde se encuentran, en particular si son localidades frías, templadas o cálidas. Cada zona tiene limitantes y a su vez potenciales recursos para lograr hábitats adecuados para el ser humano. Los usos finales como refrigeración, calefacción, agua caliente e iluminación tienen un impacto diferente en el consumo total de energía de acuerdo a la zona que se analice.

De acuerdo a la duración e intensidad de periodos fríos, y considerando 2 semanas de receso por vacaciones de invierno, se estima que los sistemas de calefacción en escuelas de Buenos Aires se encienden por períodos de 3 meses aproximadamente. Con respecto a los sistemas de refrigeración, se estima alrededor de 2,5 meses. Un manejo eficiente de la iluminación debería reflejar un consumo menor en épocas de mayor disponibilidad de luz natural con días más largos y un consumo mayor en los meses de invierno y otoño con días más cortos.

Los usos finales como cocina y equipamiento escolar y administrativo son independientes de la zona bioclimática y al ser usos constantes durante todo el ciclo lectivo, su impacto en el consumo total de energía anual es importante.

Con el objetivo de generar valores de referencia de consumo de energía posible de alcanzar se toman como puntos de partida algunas de las escuelas relevadas (Figura 6.11).

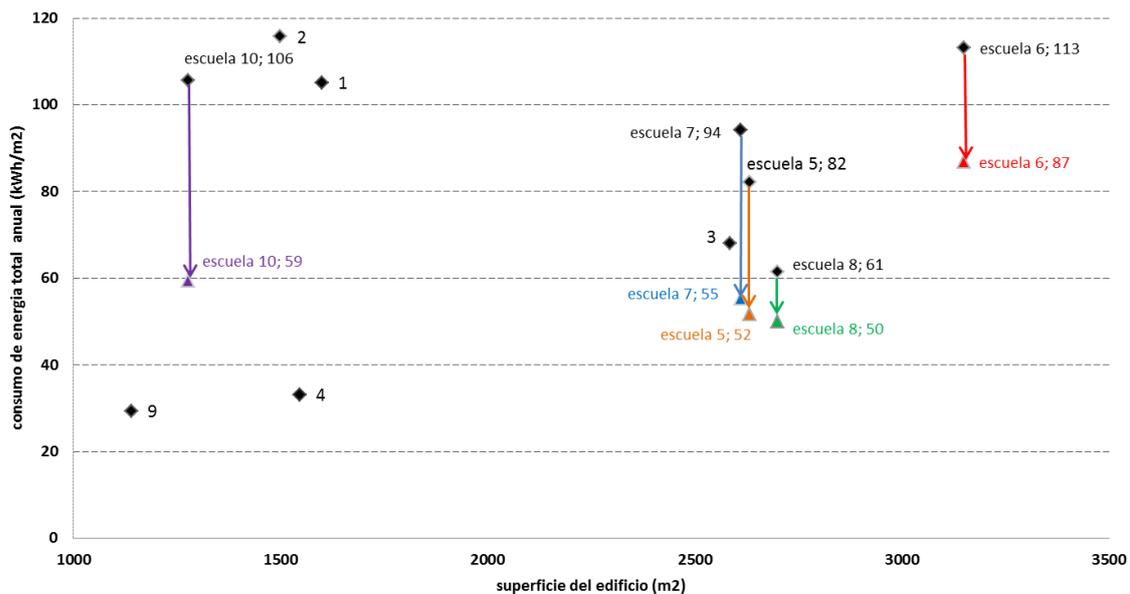


Figura 6.11. Consumos de energía posibles de alcanzar para las escuelas según superficie del edificio

La **escuela N°8** tiene un consumo de 61 kWh/m² anual. Se considera que, aunque factible de optimizar, el edificio tiene un buen diseño pasivo bioclimático. Las condiciones de aislación térmica de la envolvente, de ventilación natural y de protección solar son muy buenas y las condiciones de iluminación natural son aceptables. El mayor potencial de ahorro se da en la iluminación, todavía sin cambio a tecnología LED. De acuerdo a los casos de estudio analizados, un cambio a LED generaría 45% aproximadamente de ahorro en el uso final de iluminación (este valor se toma para todos los casos). Por lo tanto, el consumo eléctrico total se reduce un 33%, pasando de 32 kWh/m² a 21 kWh/m² anual. Adicionalmente, se estima 5% de ahorro por mejoras del comportamiento del usuario logrando un valor de 20 kWh/m² anual en consumo eléctrico total (37% de ahorro). No se estiman mejoras en el consumo de gas ya que la caldera está automatizada. Como consecuencia, el consumo total por año de la escuela sería de **50 kWh/m²**, reflejando un **ahorro de 18% en el consumo de energía total**. Para tener en cuenta, esta escuela posee una cocina muy pequeña que actúa como quiosco y posee equipos de refrigeración solo en 3 aulas especiales y en las 5 oficinas de administración. La participación de la iluminación, antes de ahorros, es del 73% del consumo eléctrico y el 38% del consumo de energía total del edificio.

La **escuela N°7**, tiene un consumo de 94 kWh/m² al año. El edificio tiene muy buena iluminación natural que no se aprovecha como recurso energético al momento. Es un edificio con buena aislación térmica, carpinterías de aluminio y orientación principal SE que no sufre exposición prolongada a la radiación solar directa. Posee refrigeración solo en algunas las aulas del piso superior y en las oficinas. No posee cocina. La sala de máquinas tiene un consumo importante (18% del consumo eléctrico), con bombas de extracción de agua de napa y bombas pluviales para patios ingleses. El mayor potencial de ahorro relacionado al comportamiento del usuario se focaliza en el personal de mantenimiento en el control de encendido de la caldera y en el apagado de luminarias que no son necesarias durante el día, como en las circulaciones, donde hay ventanales grandes que permiten una buena iluminación durante la mayor parte de la jornada escolar. En cuanto al potencial de ahorro en tecnología, está pendiente la transición a luminarias LED. El cambio en el manejo manual de la caldera (sin llegar a la automatización) se está dando en el corriente año 2018, permitiendo ver los ahorros alcanzados. El consumo de gas disminuyó de 54 kWh/m² a 31 kWh/m². Este cambio comenzó a gestarse a finales del periodo de un año de medición de las 10 escuelas relevadas,

por lo que el valor de 54 kWh/m² ya incluye una mejora sustancial de la situación original donde la caldera permanecía encendida de lunes a viernes sin apagarse de noche. En cuanto al ahorro en el consumo por cambio a luminarias LED, significa un 45% en el consumo referido a iluminación y un 30% en el consumo eléctrico total descendiendo de 40 a 28 kWh/m² al año. El ahorro por el manejo de la calefacción y el cambio a LED implicarían un consumo de 58 kWh/m² anual. Esta cifra equivale a un ahorro del 38% en el consumo total de energía del edificio. Todavía puede agregarse un potencial ahorro por disminución de tiempo de luminarias encendidas. Esta escuela enciende luminarias de 7 a 20 hs cuando finaliza el horario de limpieza. El horario escolar es de 7.30 a 16 hs, por lo que se podría agregar un 20% de ahorro en iluminación apagando luminarias de aulas y oficinas una vez terminado el horario escolar y calcular solo 1 hora más de encendido para el momento puntual de la limpieza del sector. También se agrega el apagado de luminarias de circulaciones donde hay disponibilidad de iluminación natural. Podrían estimarse más ahorros con un uso aún más consciente del usuario. Ese ahorro extra del 20% en iluminación significa un descenso de 28 a 24 kWh/m² en el consumo eléctrico y de 58 a **55 kWh/m²** del consumo de energía total del edificio. O sea, en total, **el ahorro en el consumo de energía total sería de 41%.**

La **escuela N°5** posee los dos mayores potenciales de ahorro en el cambio a LED y en el manejo de la calefacción. Este último con la posibilidad de generar aún mayor eficiencia debido a que el sistema de calefacción está dividido en 6 sectores alimentados por 6 calderas de agua para piso radiante. La calefacción se mantiene encendida durante toda la semana, solo se baja la temperatura del agua al mínimo durante la noche. El horario escolar es de 8 a 16,30 hs y luego se utilizan solo algunos sectores para actividades extracurriculares hasta las 18 hs. Podría estimarse un 50% de ahorro en el consumo de calefacción, si se apagaran las calderas al menos 12 horas diarias. Esto resultaría en un ahorro de 43% pasando de 55 a 31 kWh/m² en el consumo de gas. El cambio a luminarias LED resulta en un ahorro del 45% en el consumo de iluminación y un 22% en el consumo total de electricidad pasando de 27 a 21 kWh/m². El **ahorro en el consumo total de energía sería de 38%** disminuyendo de 82 a **52 kWh/m².**

La **escuela N°10**, que funciona como jardín de infantes, consume 106 kWh/m². Los potenciales ahorros de mayor impacto también se focalizan en el cambio a luminarias LED y en el manejo de las calderas de calefacción por piso radiante. La calefacción se mantiene encendida durante toda la semana inclusive durante las noches y las luminarias, tubos fluorescentes, están encendidas de manera continua un promedio de 9 horas en la mayor parte de los espacios. Debido a la buena iluminación natural que poseen varios espacios sería posible disminuir el tiempo de encendido de luminarias logrando un 6% de ahorro en el consumo de iluminación. El ahorro en calefacción podría llegar al 60%, ya que no hay actividades extracurriculares y el jardín funciona de 8 a 16,30 hs. De esta manera el consumo en gas desciende de 69 a 35 kWh/m², representando un ahorro del 50% en el consumo total de gas. El cambio a luminarias LED, implica un 45% de ahorro en consumos por iluminación. Si luego se le agrega un 6% de ahorro por un control mayor del usuario en el encendido y apagado de luminarias, el consumo eléctrico desciende a 24 kWh/m². El consumo total de energía sería de **59 kWh/m²**, equivalente a un **ahorro de 43%.**

La **escuela N°6** tiene un consumo de 113 kWh/m², de los más elevados dentro de los edificios relevados. Los potenciales ahorros se focalizan en calefacción y en cambio a luminarias LED. Con respecto a la calefacción el problema no pasa por el control de horarios, ya que la caldera se enciende solo en el horario escolar y a veces se apaga unas horas antes. La caldera es de 480000 kcal/h para una superficie a climatizar de 2500 m² aproximadamente (descontando patio exterior techado y circulaciones exteriores). El consumo en calefacción es de 36 kWh/m² al año. Con calderas de 140000 kcal/h y para climatizar una superficie semejante, la escuela N°7 consume 22 kWh/m² y la escuela N°8, luego del cambio en el manejo horario de la caldera

consume 23 kWh/m². El exceso de la capacidad de la caldera produce mayores consumos que los necesarios para la superficie actual de la escuela. Un ahorro en calefacción implicaría un cambio de caldera, con un gasto de capital elevado, pero generando ahorros del 35% anual en consumo de gas para calefacción, y un 20% en el ahorro del consumo total de gas al año. El consumo total de gas sin intervención en la cocina, sería de 56 kWh/m² (la cocina tiene una participación elevada del 48% en el consumo total de gas). Un ahorro de un 45% en consumo de iluminación por cambio a tecnología LED significa un ahorro de 23% en el consumo total de electricidad disminuyendo de 43 a 33 kWh/m². Con estas dos medidas, el consumo de energía total anual sería de 89 kWh/m². En esta escuela todas las aulas, oficinas y SUM están climatizados. Cambiando equipos de refrigeración por equipos con etiqueta A y tecnología *inverter*, y disminuyendo las horas de consumo en refrigeración se logra un ahorro del 30 % en este uso final y el consumo de energía eléctrica total disminuye a 31 kWh/m². De esta manera el consumo anual de energía total sería de **87 kWh/m²**.

A partir de las estimaciones realizadas, valores alcanzables de consumo de energía total varían entre 50 y 60 kWh/m² al año. Visto que los ahorros varían entre 18 y 43%, los datos son alentadores para tomar decisiones en pos de un mejor desempeño energético del edificio. **Un consumo de electricidad posible de alcanzar varía entre 20 y 25 kWh/m² al año.** Estas cifras coinciden con las escuelas N^o3 y 4 que poseen 100% de luminarias LED. **Para el gas, el consumo en calefacción por sistema central de caldera debería rondar los 22 kWh/m².**

La escuela N^o6 sobrepasa estas cifras, alcanzando **87 kWh/m²**. Una causa que detiene la caída del valor es la existencia de una cocina con alto consumo de gas (34 kWh/m²)

La cocina es un tema que requiere de mayor estudio para reducir consumos. El consumo de gas de las 3 escuelas con cocinas grandes varía entre 23 y 34 kWh/m². Es un valor que impacta fuertemente en el consumo anual. La escuela N^o5 posee una cocina con menos equipamiento consume un valor semejante a la cocina pequeña de la escuelas N^o7 que funciona como quiosco (aun así incluye cocina con horno y hornallas y extractor de humos) y consumo entre 4 y 6 kWh/m². Una transición a cocinas con mayor equipamiento eléctrico podría resultar más manejable dado que se evoluciona hacia equipamiento más eficiente constantemente. De continuar con equipamiento a gas, queda en el comportamiento responsable del usuario el uso de menor energía en la medida de lo posible. El equipamiento relacionado a heladeras, *freezers* y mesadas para servir comida caliente o fría tiene un potencial de ahorro a medida que se cambia por equipamiento más eficiente.

6.5 Conclusiones

A lo largo de este capítulo se ofreció un diagnóstico general de las escuelas relevadas. En un principio se presentaron los consumos de electricidad y de gas y luego se detallaron los conflictos más relevantes observados en el desempeño energético de los edificios. A pesar de la diversidad de las características de los edificios se identificaron conflictos comunes y se organizaron según **usos finales** y en relación a los tres aspectos estudiados: **instalaciones tecnológicas, diseño pasivo y comportamiento del usuario**. De esta manera se planteó una manera de abordar el tema, con la posibilidad de acceder desde cualquiera de los cuatro frentes. Los mismos conflictos derivan en potenciales ahorros y en las estrategias de eficiencia energética para lograr reducciones en consumos. A este escenario, se agrega el factor inversión, por lo cual es posible valorar el potencial de ahorro de una estrategia en relación al gasto de capital o inversión necesaria y poder de esta manera, seleccionar estrategias de acuerdo a las necesidades de mejora en eficiencia energética y teniendo en cuenta las posibilidades de inversión de una determinada escuela. Para finalizar, y sobre la base de

mejoras puntuales observadas en el análisis de los edificios, se plantean medidas y se estiman ahorros para algunas de las escuelas relevadas y se llegan a obtener valores posibles de alcanzar que sirven de referencia para un sector de escuelas de la Ciudad de Buenos Aires y alrededores.

7 Conclusiones

7.1 Introducción

Este capítulo presenta la verificación de la hipótesis y la respuesta a los objetivos de la tesis. Adicionalmente, propone ampliar, expandir y aplicar los resultados de este trabajo, basado en estudios en escuelas del sector privado, a escuelas del sector público. Ofrece un plan para que cualquier escuela pueda realizar su propia auditoría energética con la metodología utilizada en este trabajo. En el marco de esta auditoría, invita a la propia comunidad escolar, alumnos y docentes, a interesarse en la eficiencia energética de una manera responsable y participativa, considerando la interrelación entre el edificio, su equipamiento e instalaciones y el comportamiento de los usuarios.

7.2 Respuesta a la hipótesis y objetivos de la investigación

La respuesta a la hipótesis planteada en la presente tesis es positiva: ***Sustanciales mejoras en la eficiencia energética de los edificios escolares de la Ciudad de Buenos Aires y alrededores pueden alcanzarse con estrategias de bajo costo y rápida implementación a través del estudio de los consumos energéticos históricos, el relevamiento del equipamiento energético y la observación del modo de uso del edificio; herramientas suficientes para detectar potenciales ahorros de energía y proponer estrategias de eficiencia energética.***

El capítulo 6 demuestra que existen estrategias de bajo costo y alto impacto que pueden generar mejoras sustanciales en el desempeño energético del edificio. Adicionalmente, el trabajo también presenta estrategias que demandan mayor inversión y que requieren ser implementadas en cuanto las posibilidades financieras lo permitan, como son el caso de la transición a luminarias LED y la incorporación de protección solar, dado el alto potencial de ahorro que ofrecen.

Los objetivos de la tesis fueron alcanzados, dado que se logró relevar información sustancial para el conocimiento del comportamiento energético de los casos de estudio relevados y se identificaron conflictos comunes que permitieron localizar potenciales ahorros de energía y proponer estrategias de eficiencia energética para lograr ahorros en consumo. Todo esto, constituye una herramienta para mejorar el desempeño energético de edificios escolares de la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires, con resultados aplicables a zonas con condiciones climáticas similares de la Pampa Húmeda y Litoral.

7.3 Conclusiones más relevantes del análisis de los casos de estudio

- **Para edificios escolares existentes, la identificación de los potenciales ahorros en consumos de energía es la clave para una correcta intervención que asegure mejoras en el desempeño energético con una inversión acotada.** A su vez, para identificar potenciales ahorros, es necesario estudiar el actual desempeño energético del edificio, incluyendo los consumos históricos y el relevamiento del equipamiento energético existente, discriminando usos finales y la participación de éstos en el consumo total de energía del edificio.
- **Toda estrategia de eficiencia energética que dependa de la conducta del usuario es valiosa y válida de ser aplicada, independiente del potencial de ahorro, por cuanto no requiere gastos de capital.**

- En relación a los usos finales de consumo de energía eléctrica, **la iluminación representa el uso de mayor participación en el consumo eléctrico de edificios escolares**, inclusive con 100% de luminarias LED. Este resultado significa que **el diseño de una adecuada iluminación natural en edificios escolares sigue siendo un tema esencial** (y pendiente) que requiere una mayor atención de parte de los diseñadores para lograr que el recurso de la luz natural colabore en reducir el consumo de energía eléctrica de escuelas.
- La calefacción con sistemas centrales de caldera a gas natural representa el mayor consumo de energía en edificios escolares. **En la mayoría de los edificios relevados, el sistema de calefacción muestra deficiencias importantes en cuanto al consumo de energía y requieren de una pronta solución.** Por un lado existe un descuido en la cantidad de horas de encendido de la caldera por parte del usuario, y por otro, estos sistemas no se han actualizado en el último tiempo. La automatización de las calderas es una medida de bajo costo con un altísimo potencial de ahorro.
- **La transición a tecnología LED en iluminación genera ahorros sustanciales**, de aproximadamente 50 % en el uso final de iluminación, y a pesar de tener un costo medio a elevado, es un cambio que en muy poco tiempo será implementado en todo el sector edilicio. Dependiendo de la disponibilidad de presupuesto, el reemplazo se podrá efectuar de manera gradual o en una sola intervención. De ser gradual, es conveniente iniciar el reemplazo dando prioridad a los espacios de mayor utilización y, al mismo tiempo, reemplazar las lámparas convencionales a medida que llegan al fin de su vida útil. El costo depende del tipo de lámpara y luminaria a reemplazar.
- **La protección solar en fachadas es un elemento esencial para reducir ganancias térmicas y estimular un mayor aprovechamiento de la iluminación y ventilación naturales.** Una adecuada protección solar genera ahorros energéticos y mejoras en el confort de los usuarios, ya que permite extender el tiempo de uso de la ventilación natural para refrescar los espacios y a su vez, evitar molestias visuales que terminen en el oscurecimiento de los espacios y una mayor dependencia de la luz artificial.
- **La cocina es un espacio con alta participación en el consumo de energía total del edificio que carece de controles de consumo energético.** Es necesario incorporar controles, mediciones de consumo y exigir equipamiento más eficiente al concesionario a cargo de la cocina.
- **En edificios existentes es muy útil identificar aquellos elementos de la arquitectura que se encuentren bloqueados o no explotados en su totalidad, impidiendo su capacidad de mejorar la eficiencia energética y el confort.** Como ejemplo de estos dos aspectos se puede mencionar las ventanas bloqueadas en aberturas cenitales de un atrio interno o un patio central que habilite ventilación cruzada, entre muchos otros.
- **Es posible generar una reducción importante de consumo eléctrico optimizando el sistema de limpieza.** Esto incluye disminuir la cantidad de horas para limpieza durante la noche y aprovechar más la luz diurna, el control del apagado de luminarias mientras se realiza esta tarea, evitando mantener todas las luminarias encendidas mientras un reducido número de personas realiza la limpieza. En algunas escuelas se realiza la limpieza desde la hora de finalización de clases hasta la hora 5 de la mañana siguiente con muy poco personal trabajando durante todo el tiempo.

7.4 Importancia de identificar el potencial de ahorro en edificios existentes

Como se ha mencionado en el capítulo 2 en relación al contexto mundial, es imperante la necesidad de trabajar sobre el potencial de ahorro en edificios existentes. Según la International Energy Agency, el **potencial de ahorro de energía** en edificios es enorme y aún permanece sin explotar en su mayoría. Asimismo, la renovación en pos de mejoras de eficiencia energética será una prioridad clave en las próximas décadas (IEA, 2017b).

La Ciudad de Buenos Aires posee un importante stock de edificios que necesitan renovaciones y mejoras para su buen funcionamiento. En este punto, es esencial incluir la eficiencia energética y considerar el potencial de ahorro en energía como requisito previo a cualquier intervención importante. En este sentido, para tomar decisiones al respecto, es prudente conocer el desempeño energético del edificio e identificar los potenciales ahorros de energía antes de avanzar en una reforma.

Los edificios escolares son una gran oportunidad para aplicar un programa de evaluación previo a una intervención y de monitoreo luego de ésta. El ámbito académico es ideal para procesar la información y luego compartirla para ser utilizada en otros tipos de edificaciones.

7.5 Propuesta para aplicar el estudio a escuelas públicas

Actualmente la responsabilidad sobre la administración y el manejo edilicio de las escuelas públicas no está descentralizada, generando poco incentivo en las autoridades de las escuelas para intervenir en medidas que generen cambios positivos en su economía. Por otra parte, la ausencia de presupuestos escolares desagregados impide la comparación entre escuelas públicas de un mismo distrito, evitando identificar valores de referencia que generen una sana competencia entre las mismas.

No obstante, la metodología utilizada en el presente trabajo se puede aplicar en escuelas públicas con el fin de obtener un relevamiento general de edificios escolares y proponer medidas de eficiencia energética adecuadas. Sería muy ventajoso tomar ejemplos representativos de diversas tipologías edilicias y constructivas para abarcar un espectro amplio de escuelas.

Con un análisis similar, se pueden obtener valores de referencia de consumo de energía útiles para conocer el desempeño energético actual de los edificios escolares de diversas regiones bioclimáticas del país, y proponer medidas de eficiencia energética acordes a cada región. De la misma manera, se pueden definir valores de referencia de consumo de energía a alcanzar en el diseño de nuevas escuelas públicas o en la renovación de escuelas existentes. La utilización de indicadores puede aplicarse de esta manera, teniendo referencias claras que contemplen el uso del edificio y la región bioclimática.

Si bien se ha analizado una muestra limitada a solo 10 casos de estudio, los resultados obtenidos pueden aplicarse a otras escuelas de la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires. La posibilidad de ampliar el estudio y obtener más información sería de gran utilidad. Estudiar el impacto de cada uso final en las diferentes regiones bioclimáticas del país sería una guía útil para decidir hacia dónde enfocar los esfuerzos en la renovación y mejoras de eficiencia energética en escuelas.

7.6 Las escuelas emprenden su propia auditoría

Otra propuesta de esta tesis es aportar las bases de un programa a partir del cual las escuelas de la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires puedan realizar su propia auditoría energética, con mínima o nula participación de un auditor externo.

En primer lugar es necesario incorporar la Eficiencia Energética dentro de los temas de interés para aquellos que se ocupan de la administración de la escuela (con responsables y objetivos) y, en segundo lugar, potenciar el rol del encargado de mantenimiento de la escuela como responsable del seguimiento del consumo de energía del edificio.

7.6.1 Pasos a seguir para realizar la auditoría

- Identificar a un responsable del seguimiento. Debería ser el encargado de mantenimiento, con la ayuda de una persona del plantel administrativo que colabore con el procesamiento de la información.
- Relevamiento del equipamiento y cantidad de horas de uso diario. Planilla de equipamiento.
- Procesamiento de datos de facturas de electricidad y gas. Gráficos de consumo.
- Con la información procesada, es muy probable que el personal de la escuela ya pueda identificar conflictos, áreas de potenciales ahorros de energía y seleccionar medidas de eficiencia energética acordes para las necesidades del edificio.
- Para temas de mayor relevancia, o para una interpretación más detallada de la información obtenida, se podrá recurrir al asesoramiento profesional y de técnicos.

El trabajo de relevamiento y procesamiento de datos requiere de numerosas horas de trabajo, que puede ser desarrollado por personal propio con alto conocimiento del edificio, evitando así el gasto en contratación de terceros no habituados al manejo del establecimiento escolar.

7.6.2 Actividades de monitoreo para realizar por el encargado del edificio

- Detección de consumos innecesarios fuera del horario de ocupación. La estrategia es medir el consumo de energía por la noche y verificar con la planilla de equipamiento si surgen consumos no registrados o excesivos. De esta manera se puede identificar aquel equipamiento que no necesita mantener su funcionamiento fuera de los horarios de utilización del edificio escolar.
- Monitoreo continuo. Es muy útil comenzar con un programa de seguimiento mes a mes de acuerdo a la información de consumos que aparece en las facturas de electricidad y de gas, y la actualización constante de la planilla de equipamiento y horas de funcionamiento. De esta manera se genera un registro de consumos energéticos que permite evaluar y monitorear el comportamiento energético del edificio a lo largo del tiempo y detectar alteraciones y consumos inusuales.

7.6.3 Actividades prácticas para alumnos y la comunidad escolar

Al mismo tiempo que la escuela logra incorporar la eficiencia energética en la manera de utilizar su propio edificio, es interesante aprovechar la oportunidad para expandir estos conocimientos hacia la comunidad escolar y activar en ella un comportamiento responsable y creativo. Como propuesta de actividades vinculadas a la eficiencia energética para ser

desarrolladas por los alumnos (de acuerdo al nivel educativo) y por la comunidad escolar incluyendo personal docente, administrativo y de mantenimiento, se pueden mencionar:

- Ejercicios para alumnos:
 - Tomar nota de la potencia del equipamiento existente en la escuela y calcular el consumo energético del mismo.
 - Calcular ahorros de energía.
 - Identificar consumos innecesarios.
- Incorporar instrumentos de medición para ejercicios prácticos con alumnos:
 - Medidor de consumo de electricidad individual: para medir consumo de equipos durante un determinado tiempo. Por ejemplo, medición de consumo de una computadora encendida, en *stand by* o apagada, para entender el impacto de apagar equipos.
 - Luxómetro: para medir niveles de iluminancia en aulas y diferentes espacios. Verificar niveles suficientes para diferentes actividades y espacios.
 - Medidor de temperatura, humedad y CO₂: evaluar el confort térmico y la calidad del aire. Identificar a que nivel de CO₂ en el aire es conveniente abrir ventanas para renovarlo.
- Actividades comunitarias:
 - Desafío ahorro de energía: Involucrar a toda la comunidad para activar el “comportamiento del usuario” al máximo por el lapso de un mes y comparar el consumo de la factura de ese mes (o con el medidor) con otra del mismo periodo climático del mes anterior o del mismo mes del año anterior.

Las actividades mencionadas pueden realizarse en el ámbito escolar aprovechando la incorporación de una auditoría y monitoreo del comportamiento energético del edificio.

7.7 Reflexiones finales

Las escuelas son ámbitos de crecimiento, aprendizaje y descubrimiento constante. Asimismo, son focos de expansión del conocimiento. Aunque las escuelas representen una porción mínima del sector edilicio de una ciudad, el aprendizaje que puede obtenerse a partir del comportamiento energético del edificio escolar, posee un potencial indiscutible.

Invertir en mejoras de eficiencia energética que puedan ser identificadas por los alumnos y que generen el interés de los mismos, es una herramienta del conocimiento adicional que se le puede ofrecer a los educandos para que luego la apliquen en la vida diaria y puedan contribuir en el desarrollo y utilización sustentable del ambiente en el que vivimos.

En relación a la metodología aplicada en este trabajo, existen dos etapas importantes para resaltar. Por un lado, el conocimiento de la situación energética de los edificios escolares y, por el otro, la identificación de medidas de eficiencia energética para disminuir consumos. Se podría considerar evitar el primero y pasar directamente al segundo. De la misma manera, al comenzar este estudio, se evaluó el deseo de incorporar sistemas de monitoreo y automatización de instalaciones, como también, el uso de energías renovables. No obstante ello, al comenzar el análisis, se hizo evidente la identificación de temas más básicos. En este orden de cosas, es incuestionable que nuestro país está todavía por detrás de otros países que vienen ocupándose de la eficiencia energética por décadas y de manera muy exitosa. Una actitud responsable nos señala que no se deben saltar etapas y que un stock importante de edificios escolares necesita renovaciones urgentes. Para poder utilizar racionalmente los recursos existentes, es necesario conocer la situación actual de los edificios y entender su

comportamiento energético. Es por ello que el relevamiento de edificios escolares existentes es necesario y, como tal, una tarea pendiente por parte de sus responsables.

Por otro lado, el hecho de no estar entre los países más avanzados en eficiencia energética, no implica que no sepamos explotar el enorme potencial de ahorro de energía presente en el sector edilicio de nuestro país. Particularmente en la Ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, el clima templado beneficia la posibilidad de independencia de tecnologías costosas y permite, con estrategias simples y de bajo costo, disminuir sustancialmente el consumo energético, en este caso, de los edificios escolares. Es por lo tanto importante aplicar los esfuerzos y focalizar las inversiones en aquellas áreas que ofrezcan mayor potencial de ahorro.

Referencias

1. Carbon Trust (2011) A Natural Choice, Lessons learned from low carbon buildings with natural ventilation. Reino Unido.
2. Casabianca, Gabriela Andrea. (2013). Incorporación de variables subjetivas en el desarrollo de un procedimiento para optimizar el confort visual en relación con la luz natural en aulas de edificios destinados a uso educacional. Universidad Nacional de Lanús. Departamento de Humanidades y Artes.
3. Clements-croome, D. J., Awbi, H. B., & Williams, M. (2005). Ventilation rates in schools: 4.4-7. Indoor Air Supplement, 15, 174.
4. Crisp, V. H. C., & Crisp, V. H. C. (1988). Daylighting as a passive solar energy option: an assessment of its potential in non-domestic buildings. Building Research Establishment, Department of the Environment
5. DEF (1994) Passive Solar Schools, A Design Guide, Building Bulletin 79 Architects and Building Division, Department for Education, HMSO, London.
6. Evans, J. M., & De Schiller, S. (1988). Diseño bioambiental y arquitectura solar. Secretaría de Extensión Universitaria, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.
7. Evans, J. M. (2004). Zonificación bioambiental en latinoamérica para una arquitectura sustentable. Avances en Energías Renovables y medio Ambiente, 8(1).
8. Evans, J. M., (2016). Intensidad energética y eficiencia en el sector vivienda en Argentina, 2006-2015. CIHE-SI-FADU-UBA.
9. G. San Juan. (1999-2000). Evaluación de redes edilicias de educación. Variables energo-productivas y de habitabilidad, en el hábitat bonaerense. Proyecto CONICET.
10. G. San Juan, (2008). Comportamiento Energético Productivo – Ambiental de la Gestión de Redes Edilicias de Educación. Un enfoque sistémico en el continuo de escalas del hábitat. Tesis de Doctorado. Salta, Argentina.
11. G. San Juan, Hoses, S., & Martini, I. (2014). Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI: Nota 5: Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares.
12. IEA (2007), Technical Synthesis Report Annex 36, Retrofitting in Educational Buildings - Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures.
13. IEA (2017a). Energy Efficiency 2017.
14. IEA (2017b). Energy Technologies Perspectives 2017.
15. IEA (2017c). Key World Energy Statistics 2017.
16. IEA (2017d). World Energy Outlook 2017 C) OECD/IEA, 2017.
17. IEA (2017e). Global Status Report 2017. Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector.
18. IEA (2018). <https://www.iea.org/topics/energyefficiency/>.
19. IRAM (2012) Norma IRAM 11.603 Zonificación bioambiental de la República Argentina, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
20. IRAM (2017) Etiqueta de eficiencia energética de vivienda, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
21. IRAM AADL (1974), Norma IRAM AADL J 20-04. Iluminación en escuelas. Argentina.
22. IRAM AADL (1996a), Norma IRAM AADL J 20-02, Luminotecnia: Iluminación natural de edificios. Condiciones generales y requisitos especiales. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Asociación Argentina de Luminotecnia, Buenos Aires.
23. IRAM AADL (1996b), Norma IRAM AADL J 20-03, Luminotecnia: Iluminación natural de edificios. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Asociación Argentina de Luminotecnia, Buenos Aires.
24. Liddament, M., Axley, J., Heiselberg, P., Li, Y., & Stathopoulos, T. (2006). Achieving natural and hybrid ventilation in practice. International Journal of Ventilation, 5(1), 115-130.

25. Liddament, M. W. (2009). The applicability of natural ventilation-technical editorial. *International Journal of Ventilation*, 8(3), 189-199.
26. MINEM (2016a) Balance Energético Nacional 2015, Ministerio de Energía y Minería, Buenos Aires.
27. MINEM (2016b) Cálculo del Factor de Emisión de CO₂ de la Red Argentina de Energía Eléctrica 2015, Ministerio de Energía y Minería, Buenos Aires.
28. MINEM (2017a) Balance Energético Nacional 2016, Ministerio de Energía y Minería, Buenos Aires.
29. MINEM (2017b) Consumo de energía del segmento de edificios escolares. Documentación no publicada.
30. MINEM (2018) Lineamientos del Plan Estratégico para el Sector Energético Nacional. Documentación no publicada.
31. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería (2018). Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático.
32. Ministerio de Educación (1998). Criterios de Normativa básica de arquitectura escolar. Ministerio de Educación de la Nación, Buenos Aires.
33. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía y Minería, Presidencia de la Nación (2018). Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático.
34. Monteoliva, J. M., & Pattini, A. (2013). Iluminación natural en aulas: análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en climas soleados. *Ambiente Construido*, 13(4), 235-248.
35. Monteoliva, J. M., Korzeniowski, C. G., Ison, M. S., Santillán, J., & Pattini, A. E. (2016). Estudio del desempeño atencional en niños en aulas con diferentes acondicionamientos lumínicos. *CES Psicología*, 9(2), 68-80.
36. Pattini, A., Villalba, A., Córca, L., Ferrón, L., Del Rosso, R., Científico, C., & Mendoza, T. C. (2009). Elementos de control de luz solar directa en fachadas vidriadas de edificios no residenciales de ciudad oasis. Rediseño para aulas. *Revista: Avances en Energías Renovables y Ambiente*, 13, 05-179.
37. Short, C. A. (2017). *The Recovery of Natural Environments in Architecture: Air, Comfort and Climate*. Taylor & Francis.
38. Short, C. A. (2018). The recovery of natural environments in architecture: Delivering the recovery. *Journal of Building Engineering*, 15, 328-333.

Lista de Tablas

Tabla 2.1. Consumo de energía eléctrica y gas del sector educación.	22
Tabla 3.1. Consumo eléctrico: valor promedio y rango para todos los edificios y países. Fuente: IEA (2007), Technical Synthesis Report Annex 36, Retrofitting in Educational Buildings - Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures	33
Tabla 5.1. Escuela N ^o 1. Datos generales.....	44
Tabla 5.2. Escuela N ^o 1. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	45
Tabla 5.3. Escuela N ^o 1. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	45
Tabla 5.4. Escuela N ^o 1. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	50
Tabla 5.5. Escuela N ^o 1. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	51
Tabla 5.6. Escuela N ^o 2. Datos generales.....	52
Tabla 5.7. Escuela N ^o 2. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	53
Tabla 5.8. Escuela N ^o 2. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	54
Tabla 5.9. Escuela N ^o 2. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	59
Tabla 5.10. Escuela N ^o 2. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	60
Tabla 5.11. Escuela N ^o 3. Datos generales.....	61
Tabla 5.12. Escuela N ^o 3. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	62
Tabla 5.13. Escuela N ^o 3. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	63
Tabla 5.14. Escuela N ^o 3. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	68
Tabla 5.15. Escuela N ^o 3. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	69
Tabla 5.16. Escuela N ^o 4. Datos generales.....	70
Tabla 5.17. Escuela N ^o 4. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	71
Tabla 5.18. Escuela N ^o 4. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	71
Tabla 5.19. Escuela N ^o 4. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	75
Tabla 5.20. Escuela N ^o 4. Potenciales mejoras en diseño pasivo.	76
Tabla 5.21. Escuela N ^o 5. Datos generales.....	77
Tabla 5.22. Escuela N ^o 5. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	78
Tabla 5.23. Escuela N ^o 5. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	79
Tabla 5.24. Escuela N ^o 5. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	84
Tabla 5.25. Escuela N ^o 5. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	85
Tabla 5.26. Escuela N ^o 6. Datos generales.....	87
Tabla 5.27. Escuela N ^o 6. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.	88
Tabla 5.28. Escuela N ^o 6. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	89
Tabla 5.29. Escuela N ^o 6. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	93
Tabla 5.30. Escuela N ^o 6. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	94
Tabla 5.31. Escuela N ^o 7. Datos generales.....	96
Tabla 5.32. Escuela N ^o 7. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	97
Tabla 5.33. Escuela N ^o 7. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	98
Tabla 5.34. Escuela N ^o 7. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	102
Tabla 5.35. Escuela N ^o 1. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	103
Tabla 5.36. Escuela N ^o 8. Datos generales.....	104
Tabla 5.37. Escuela N ^o 8. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	105
Tabla 5.38. Escuela N ^o 8. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	106
Tabla 5.39. Escuela N ^o 8. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	110
Tabla 5.40. Escuela N ^o 8. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	111
Tabla 5.41. Escuela N ^o 9. Datos generales.....	112
Tabla 5.42. Escuela N ^o 9. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	113
Tabla 5.43. Escuela N ^o 9. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	113
Tabla 5.44. Escuela N ^o 9. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	117
Tabla 5.45. Escuela N ^o 9. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	118
Tabla 5.46. Escuela N ^o 10. Datos generales.....	119
Tabla 5.47. Escuela N ^o 10. Instalaciones técnicas y comportamiento del usuario.....	120
Tabla 5.48. Escuela N ^o 10. Diseño pasivo y comportamiento del usuario.	120
Tabla 5.49. Escuela N ^o 10. Potenciales ahorros en consumos de energía para usos finales.....	124
Tabla 5.50. Escuela N ^o 10. Potenciales mejoras del desempeño energético por el diseño pasivo.	125
Tabla 6.1. Potenciales ahorros y estrategias de eficiencia energética.	137

Lista de Figuras

Figura 2.1. Consumo mundial de energía.....	6
Figura 2.2. Emisiones CO ₂	6
Figura 2.3. Emisiones de CO ₂ mundial relacionadas a la energía.....	7
Figura 2.4. Consumo de energía mundial con y sin ahorro de energía debido a mejoras en eficiencia energética.....	7
Figura 2.5. Reducción de emisiones GHI mundial debido a mejoras en eficiencia energética.	7
Figura 2.6. Reducción global de emisiones de CO ₂ por área tecnológica: RTS a 2DS.	8
Figura 2.7. Participación del consumo global de energía final por sector, 2015.	8
Figura 2.8. Participación de las emisiones globales relacionadas a la energía por sector, 2015.	9
Figura 2.9. Consumo de energía e intensidad por m ² en edificios desde 1990.	10
Figura 2.10. Sector edificio: consumo de energía, intensidad energética y superficie (2010-16).....	10
Figura 2.11. Cambios en la demanda de energía.	11
Figura 2.12. Contribuciones claves para la reducción de emisiones de CO ₂ en edificios.	11
Figura 2.13. Ahorros acumulados por uso final en escenarios 2DS y 2BDS en relación al escenario RTS. .	12
Figura 2.14. Participación de cada fuente en la oferta interna total de energía, 2016.....	12
Figura 2.15. Potencia instalada, 2016.....	13
Figura 2.16. Consumo final de energía por sector, 2016.....	13
Figura 2.17. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por sector, 2014.	14
Figura 2.18. Petróleo. Precio en el mercado interno y marcador internacional (2003-2015).....	15
Figura 2.19. Evolución de la producción de petróleo por cuenca (2007-20016).....	15
Figura 2.20. Evolución de la producción de gas natural por cuenca (2007-20016).....	16
Figura 2.21. Importaciones de gas natural, por origen, en millones de m ³ /día.	16
Figura 2.22. Inyección local, comercio exterior y consumo interno.....	16
Figura 2.23. Precio interno del gas natural y referencia de importaciones en USD/MMBTU.	17
Figura 2.24. Consumo de gas natural por tipo de usuario, en millones de m ³ /día.....	17
Figura 2.25. Evolución balanza comercial.....	18
Figura 2.26. Subsidios a la energía eléctrica y al gas natural como porcentaje del PBI.	18
Figura 2.27. Potencia instalada (% del total) y adición de potencia período 2003 a 2015.....	19
Figura 2.28. Evolución de la generación eléctrica por tecnología (2007-2016).	19
Figura 2.29. Consumo de combustibles en generación térmica (TEP) y evolución del costo monómico y del precio estabilizado trimestral.	20
Figura 2.30. Consumo final de energía del sector comercial y público por fuente, 2016.	23
Figura 3.1. Nivel de CO ₂ registrados en las 100 aulas analizadas.	25
Figura 3.2. La calidad del aire en el ciclo de la energía.....	28
Figura 3.3. Ahorro de energía en ventiladores y refrigeración comparados con valores de referencia de aire acondicionado en edificios.....	29
Figura 3.4. Consumo eléctrico promedio para todos los edificios y países (iluminación, equipamiento y refrigeración).....	32
Figura 3.5. Consumo de energía promedio para calefacción para todos los edificios y países.....	33
Figura 4.1. Esquema modelo de un procedimiento de estudio aplicable a cualquier escuela.	40
Figura 4.2. Diferentes puntos de abordaje al tema.	40
Figura 5.1. Escuela N ^o 1. Consumo mensual de electricidad (kWh).	46
Figura 5.2. Escuela N ^o 1. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 35kW.	47
Figura 5.3. Escuela N ^o 1. Consumo mensual de gas (m ³).	47
Figura 5.4. Escuela N ^o 1. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	48
Figura 5.5. Escuela N ^o 1. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	48
Figura 5.6. Escuela N ^o 1. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.....	49
Figura 5.7. Escuela N ^o 2. Consumo mensual de electricidad (kWh).	55
Figura 5.8. Escuela N ^o 2. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 29 kW.	55
Figura 5.9. Escuela N ^o 2. Consumo mensual de gas (m ³).	56
Figura 5.10. Escuela N ^o 2. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	56
Figura 5.11. Escuela N ^o 2. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	57
Figura 5.12. Escuela N ^o 2. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.....	57

Figura 5.13. Escuela N°3. Consumo mensual de electricidad (kWh).....	64
Figura 5.14. Escuela N°3. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 38 kW.....	64
Figura 5.15. Escuela N°3. Consumo mensual de gas (m ³).	65
Figura 5.16. Escuela N°3. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	65
Figura 5.17. Escuela N°3. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	66
Figura 5.18. Escuela N°3. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.....	66
Figura 5.19. Escuela N°4. Consumo mensual de electricidad (kWh).	72
Figura 5.20. Escuela N°4. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 10 kW.	73
Figura 5.21. Escuela N°4. Consumo mensual de gas (m ³).	73
Figura 5.22. Escuela N°4. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	74
Figura 5.23. Escuela N°4. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	74
Figura 5.24. Escuela N°5. Consumo mensual de electricidad (kWh). Sector Casona, bloque medianera y piso 3 bloque SUM.	79
Figura 5.25. Escuela N°5. Consumo bimensual de electricidad (kWh). Sector SUM, cocina, pisos 1 y 2. ..	80
Figura 5.26. Escuela N°5. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 43 kW.	80
Figura 5.27. Escuela N°5. Sector Casona y aulas. Consumo de gas (m ³).	81
Figura 5.28. Escuela N°5. Sector SUM, cocina y aulas entrepiso orientación NO. Consumo de gas (m ³). .	81
Figura 5.29. Escuela N°5. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	82
Figura 5.30. Escuela N°5. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	82
Figura 5.31. Escuela N°5. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.....	83
Figura 5.32. Escuela N°6. Consumo mensual de electricidad (kWh).	89
Figura 5.33. Escuela N°6. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 40 kW.	90
Figura 5.34. Escuela N°6. Consumo mensual de gas (m ³).	90
Figura 5.35. Escuela N°6. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	91
Figura 5.36. Escuela N°6. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	91
Figura 5.37. Escuela N°6. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.....	92
Figura 5.38. Escuela N°7. Consumo mensual de electricidad (kWh).	98
Figura 5.39. Escuela N°7. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 26 kW.	99
Figura 5.40. Escuela N°7. Consumo mensual de gas (m ³).	99
Figura 5.41. Escuela N°7. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	100
Figura 5.42. Escuela N°7. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	100
Figura 5.43. Escuela N°7. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.....	101
Figura 5.44. Escuela N°7. Consumo mensual de electricidad (kWh).	106
Figura 5.45. Escuela N°8. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 38 kW.	107
Figura 5.46. Escuela N°8. Consumo mensual de gas (m ³).	107
Figura 5.47. Escuela N°8. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	108
Figura 5.48. Escuela N°8. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	108
Figura 5.49. Escuela N°8. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.....	109
Figura 5.50. Escuela N°9. Consumo mensual de electricidad (kWh).	114
Figura 5.51. Escuela N°9. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 23 kW.	115
Figura 5.52. Escuela N°9. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.	115
Figura 5.53. Escuela N°9. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	116
Figura 5.54. Escuela N°10. Consumo mensual de electricidad (kWh).	121
Figura 5.55. Escuela N°10. Potencia adquirida mensual (kW). Potencia contratada: 43 kW.	121
Figura 5.56. Escuela N°10. Sector Consumo mensual de gas (m ³).	122
Figura 5.57. Escuela N°10. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual.....	122
Figura 5.58. Escuela N°10. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico según período climático.	123
Figura 5.59. Escuela No10. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas anual.	123
Figura 6.1. Consumo de energía total anual (kWh/m ²) y superficie del edificio (m ²)	128

Figura 6.2. Consumo anual de energía total (electricidad + gas).	129
Figura 6.3. Participación porcentual de electricidad y gas natural en el consumo total de energía anual.	130
Figura 6.4. Consumo anual de electricidad kWh/m ² anual.	131
Figura 6.5. Participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual para cada escuela.	131
Figura 6.6. Valor promedio de participación porcentual por uso final en el consumo eléctrico anual de los 10 casos de estudio.	133
Figura 6.7. Consumo anual de gas natural (m ³ /m ²).....	134
Figura 6.8. Participación porcentual por uso final en el consumo de gas al año para cada escuela.	134
Figura 6.9. Consumo anual de gas natural para calefacción (m ³ /m ²).	135
Figura 6.10. Emisiones por electricidad y por gas natural (kg de CO ₂ / m ² anual).	136
Figura 6.11. Consumos de energía posibles de alcanzar para las escuelas según superficie del edificio	141

Anexos

Anexo 1

ESCUELA N°1													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
ILUMINACIÓN													
LED													
Tubo 20 W													
	PB- of. Adm.	5	20	0,02	0,10	1,00	0,02	16,00	1,60	10,00	1,00	16,00	1,60
	PB-dirección	2	20	0,02	0,04	1,00	0,02	16,00	0,64	10,00	0,40	16,00	0,64
	PB-SUM	36	20	0,02	0,72	1,00	0,02	16,00	11,52	10,00	7,20	16,00	11,52
	P1- 5 aulas	40	20	0,02	0,80	1,00	0,02	16,00	12,80	10,00	8,00	16,00	12,80
	P1- oficinas	10	20	0,02	0,20	1,00	0,02	16,00	3,20	10,00	2,00	16,00	3,20
	P2- 7 aulas	56	20	0,02	1,12	1,00	0,02	16,00	17,92	10,00	11,20	16,00	17,92
	P2- oficinas	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	16,00	2,56	10,00	1,60	16,00	2,56
	P2-sala m.	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	16,00	1,28	10,00	0,80	16,00	1,28
	P3- 5 aulas	40	20	0,02	0,80	1,00	0,02	16,00	12,80	10,00	8,00	16,00	12,80
	P3- aula dib.	18	20	0,02	0,36	1,00	0,02	16,00	5,76	10,00	3,60	16,00	5,76
Tortuga 18 W													
	PB-sanit.	7	18	0,018	0,13	1,00	0,02	16,00	2,02	10,00	1,26	16,00	2,02
	P1- sanit	4	18	0,018	0,07	1,00	0,02	16,00	1,15	10,00	0,72	16,00	1,15
	P2- sanit.	5	18	0,018	0,09	1,00	0,02	16,00	1,44	10,00	0,90	16,00	1,44
Plafón 60x60 48 W													
	PB- hall	15	48	0,048	0,72	1,00	0,05	16,00	11,52	10,00	7,20	16,00	11,52
Dicroica LED													
	PB-oficinas	8	12	0,012	0,10	1,00	0,01	16,00	1,54	10,00	0,96	16,00	1,54
Reflectores LED													
	PB-SUM	12	50	0,05	0,60	1,00	0,05	2,00	1,20	2,00	1,20	2,00	1,20
	PB/Patio	5	50	0,05	0,25	1,00	0,05	1,00	0,25	1,00	0,25	1,00	0,25
Tubos fluorescentes													
	PB-of. Adm.	5	36	0,036	0,18	1,00	0,04	16,00	2,88	10,00	1,80	16,00	2,88
	P1-SUM	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	16,00	9,22	10,00	5,76	16,00	9,22
	P1- circul.	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	16,00	9,22	10,00	5,76	16,00	9,22
	P2- circul.	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	16,00	9,22	10,00	5,76	16,00	9,22
	P3- circul.	12	36	0,036	0,43	1,00	0,04	16,00	6,91	10,00	4,32	16,00	6,91
	P3-aula	8	36	0,036	0,29	1,00	0,04	16,00	4,61	10,00	2,88	16,00	4,61
					8,96			131,24		82,57		131,24	
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN													
Ventiladores													
	Aulas	36	60	0,06	2,16	1,00	0,06			2,00	4,32		
	Oficinas	5	60	0,06	0,30	1,00	0,06			2,00	0,60		
Equipos Split													
Inverter 4500 frig													
	P1- 5 Aulas	5	1560	1,56	7,80	0,20	0,31			7,00	10,92		
	P2- 7 aulas	7	1560	1,56	10,92	0,20	0,31			7,00	15,29		
	P3- 5 aulas	5	1560	1,56	7,80	0,20	0,31			7,00	10,92		
Inverter 6000 frig													
	P1-Aulas	1	1995	1,995	2,00	0,20	0,40			7,00	2,79		
No inverter 2300 Frig													
	PB- direc	1	990	0,99	0,99	0,30	0,30			4,00	1,19	4,00	1,19
	PB-server	1	990	0,99	0,99	0,30	0,30			24,00	7,13	24,00	7,13
	PB-ofic	3	990	0,99	2,97	0,30	0,30			7,00	6,24	7,00	6,24
	PB-server	1	990	0,99	0,99	0,30	0,30			7,00	2,08		
No inverter 3000 Frig													
	P1- of.adm.	1	1200	1,2	1,20	0,30	0,36			7,00	2,52		
	P2- of. Adm	1	1200	1,2	1,20	0,30	0,36			7,00	2,52		
No inverter 6000 Frig													
	P3- sala dib.	1	2640	2,64	2,64	0,30	0,79			7,00	5,54		
A.C. 18 Frig. BGH													
	PB-SUM	2	6500	6,5	13,00	0,30	1,95			7,00	27,30	4,00	15,60
Caloventor portátil 2000 W													
	of. Pedag.	1	2000	2	2,00	1,00	2,00					4,00	8,00
	portería	2	2000	2	4,00	1,00	2,00					5,00	20,00
		32			54,96			0,00		99,36		58,15	
COCINA - KITCHENETTE													
Microondas													
		2	1000	1	2,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00
Heladera													
		2	250	0,25	0,50	0,30	0,08	24,00	3,60	24,00	3,60	24,00	3,60
					2,50			4,60		4,60		4,60	
SALA DE MÁQUINAS													
Bombas tanque agua 1 HP													
	SS	2	740	0,74	1,48	1,00	0,74	2,00	2,96	2,00	2,96	2,00	2,96
Bomba ROWA de caldera													
	SS	1	1500	1,5	1,50	1,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	18,00
Extractores de aire													
		1	25	0,025	0,03	1,00	0,03	3,00	0,08	3,00	0,08	3,00	0,08
Termotanque													
	sanitarios	1	1640	1,64	1,64	1,00	1,64	1,00	1,64	1,00	1,64	2,00	3,28
Termotanque ecotermo L20													
	sanitarios	4	1400	1,4	5,60	1,00	1,40	1,00	5,60	1,00	5,60	2,00	11,20
					10,25			10,28		10,28		35,52	

ESCUELA N°1													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (2/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/ hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO													
PC escritorio	oficinas	18	150	0,15	2,70	1,00	0,15	5,00	13,50	5,00	13,50	5,00	13,50
	sala comp.	8	150	0,15	1,20	1,00	0,15	5,00	6,00	5,00	6,00	5,00	6,00
PC portátil	aulas	21	50	0,05	1,05	1,00	0,05	2,00	2,10	2,00	2,10	2,00	2,10
Proyector	aulas	21	200	0,2	4,20	1,00	0,20	1,00	4,20	1,00	4,20	1,00	4,20
Parlantes en aulas	aulas	21	50	0,05	1,05	1,00	0,05	1,00	1,05	1,00	1,05	1,00	1,05
Sener		1	450	0,45	0,45	1,00	0,45	24,00	10,80	24,00	10,80	24,00	10,80
Router		8	18	0,018	0,14	1,00	0,02	24,00	3,46	24,00	3,46	24,00	3,46
Cargador smart phone		10	5	0,005	0,05	1,00	0,01	5,00	0,25	5,00	0,25	5,00	0,25
Teléfonos		10	10	0,01	0,10	1,00	0,01	24,00	2,40	24,00	2,40	24,00	2,40
Circuito cerrado cámaras		1	4	0,004	0,00	1,00	0,00	24,00	0,10	24,00	0,10	24,00	0,10
Fotocopiadora			650	0,65	0,00	1,00	0,65	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00
Impresora multifunción		1	350	0,35	0,35	1,00	0,35	3,00	1,05	3,00	1,05	3,00	1,05
Impresora chorro tinta		2	17	0,017	0,03	1,00	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02
											0,00		0,00
Dispenser agua fría		3	100	0,1	0,30	0,30	0,03	24,00	1,20	24,00	1,20	24,00	1,20
Cafetera	P1 y P2	2	900	0,9	1,80	1,00	0,90	2,00	3,60	2,00	3,60	2,00	3,60
	PB adm	1	900	0,9	0,90	1,00	0,90	2,00	1,80	2,00	1,80	2,00	1,80
					14,33				51,52		51,52		51,52

ESCUELA N°1							
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL							
Uso final	Consumo diario en media estación		Consumo diario en verano		Consumo diario en invierno		
	KWh	%	KWh	%	KWh	%	
Iluminación	131	66	83	33	131	47	
Refrigeración	0	0	99	40		0	
Calefacción		0		0	58	21	
Cocina	5	2	5	2	5	2	
Sala de máquinas	10	5	10	4	36	13	
Equip. escolar admin.	52	26	52	21	52	18	
TOTAL	198	100	248	100	281	100	

ESCUELA N°1		
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL		
Uso final	Consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	8800	94
Agua caliente		
Cocina		
Portería	600	6
Total	9400	100

ESCUELA N°1			
CONSUMO DE GAS			
Equipos	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Caldera	Sala de máquinas	1	90000

Anexo 2

ESCUELA N°2

CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1/2)

Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno		
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	
ILUMINACIÓN														
LED														
Tubo 20 W														
	PB- of. Adm.	6	20	0,02	0,12	1,00	0,02	13	1,56	8	0,96	13	1,56	
	PB-direccion	2	20	0,02	0,04	1,00	0,02	13	0,52	8	0,32	13	0,52	
	PB-Comedor	11	20	0,02	0,22	1,00	0,02	13	2,86	8	1,76	13	2,86	
	P1- 4 aulas	48	20	0,02	0,96	1,00	0,02	13	12,48	8	7,68	13	12,48	
	P1-circul.	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	13	2,08	8	1,28	13	2,08	
	P1-escalera	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	13	1,04	8	0,64	13	1,04	
	P2- 4 aulas	48	20	0,02	0,96	1,00	0,02	13	12,48	8	7,68	13	12,48	
	P2-circul.	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	13	2,08	8	1,28	13	2,08	
	P1-escalera	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	13	1,04	8	0,64	13	1,04	
	P3- 3 aulas	48	20	0,02	0,96	1,00	0,02	13	12,48	8	7,68	13	12,48	
	P3-circul.	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	13	2,08	8	1,28	13	2,08	
	P1-escalera	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	13	1,04	8	0,64	13	1,04	
	P4- aula comp 1	12	20	0,02	0,24	1,00	0,02	13	3,12	8	1,92	13	3,12	
	P4- aula comp 2	12	20	0,02	0,24	1,00	0,02	13	3,12	8	1,92	13	3,12	
	P4- lab	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	13	1,04	8	0,64	13	1,04	
	P4-salas	12	20	0,02	0,24	1,00	0,02	13	3,12	8	1,92	13	3,12	
	P4- circ	6	20	0,02	0,12	1,00	0,02	13	1,56	8	0,96	13	1,56	
Tortuga 18 W														
	PB-sanit.	6	18	0,018	0,11	1,00	0,02	13	1,40	8	0,86	13	1,40	
	P1- san./dep.	3	18	0,018	0,05	1,00	0,02	13	0,70	8	0,43	13	0,70	
	P1- san./dep.	3	18	0,018	0,05	1,00	0,02	13	0,70	8	0,43	13	0,70	
	P1- san./dep.	3	18	0,018	0,05	1,00	0,02	13	0,70	8	0,43	13	0,70	
Plafón LED diam 20 20 W														
	P1-oficina	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	13	1,04	8	0,64	13	1,04	
	P2-oficina	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	13	1,04	8	0,64	13	1,04	
	P3-oficina	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	13	1,04	8	0,64	13	1,04	
Dicroica LED														
	PB-circul.	10	12	0,012	0,12	1,00	0,01	13	1,56	8	0,96	13	1,56	
Tubos fluorescentes														
	PB-cocina	8	36	0,036	0,29	1,00	0,04	13	3,74	8	2,30	13	3,74	
Reflectores														
Dicroicas tradicionales														
	PB- comedor	13	50	0,05	0,65	1,00	0,05	8	5,20	8	5,20	8	5,20	
					6,47				80,83		51,74		80,83	
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN														
Ventiladores														
	12 Aulas	24	60	0,06	1,44	1,00	0,06			2,00	2,88			
	4 Oficinas	8	60	0,06	0,48	1,00	0,06			2,00	0,96			
	SUM	3	60	0,06	0,18	1,00	0,06			2,00	0,36			
Caloventor														
	comedor	3	60	0,06	0,18	1,00	0,06					5,00	0,90	
Equipos Split														
Inverter 6000 frig														
	P4-salas	2	1995	1,995	3,99	0,20	0,40			6,00	4,788		0,00	
No inverter 2300 Frig														
	PB- direc	1	990	0,99	0,99	0,30	0,30			6,00	1,78		0,00	
	PB-ofic	4	990	0,99	3,96	0,30	0,30			6,00	7,13		0,00	
	PB-sever	1	990	0,99	0,99	0,30	0,30			6,00	1,78		0,00	
No inverter 3000 Frig														
	PB-oficinas	1	1200	1,2	1,20	0,30	0,36			6,00	2,16		0,00	
	P1 a P3 3 ofic.	3	1200	1,2	3,60	0,30	0,36			6,00	6,48		0,00	
	P4-salas	2	1200	1,2	2,40	0,30	0,36			6,00	4,32		0,00	
No inverter 4500 Frig														
	11 Aulas	12	2100	2,1	25,20	0,30	0,63			6,00	45,36		0,00	
	P4-sala	1	2100	2,1	2,10	0,30	0,63			6,00	3,78		0,00	
caloventor portatil														
		1	2000	2	2,00	1,00	2,00					7,00	14,00	
		28			48,71						81,78		14,9	
COCINA														
	Heladera 4 puertas ac. Inox. Motoc. TECUMSEH-1/2HP-R22-AE4460EFZ1B-BR	cocina	1	370	0,37	0,37	0,20	0,07	24,00	1,78	24,00	1,78	24,00	1,78
	Heladera de bebidas	cocina	1	300	0,3	0,30	0,20	0,06	24,00	1,44	24,00	1,44	24,00	1,44
	Heladera mostrador	cocina	1	370	0,37	0,37	0,20	0,07	24,00	1,78	24,00	1,78	24,00	1,78
	Mostrador frio 4 fuentes	cocina	1	370	0,37	0,37	0,20	0,07	6,00	0,44	6,00	0,44	6,00	0,44
	Mostrador caliente 4 fuentes	cocina	1	2500	2,5	2,50	1,00	2,50	7,00	17,50	7,00	17,50	7,00	17,50
	Freezer	cocina	2	250	0,25	0,50	0,20	0,05	24,00	2,40	24,00	2,40	24,00	2,40
	Extractor de humos (4,5 HP)	cocina	1	3300	3,3	3,30	1,00	3,30	7,00	23,10	7,00	23,10	7,00	23,10
	Microondas	cocina	5	1000	1	5,00	1,00	1,00	0,50	2,50	0,50	2,50	0,50	2,50
	Microondas	kitchenette	1	1000	1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Heladera	kitchenette	2	200	0,2	0,40	0,20	0,04	24,00	1,92	24,00	1,92	24,00	1,92
						14,11			52,86		52,86		52,86	

ESCUELA N°2													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (2/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
SALA DE MÁQUINAS													
Bombas de agua	SS	2	2250	2,25	4,50	1,00	2,250	2,00	9,00	2,00	9,00	2,00	9,00
Bomba caldera	SS	1	950	0,95	0,95	1,00	0,950	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	11,40
Extractores de aire	SS	1	25	0,025	0,03	1,00	0,025	2,00	0,05	2,00	0,05	2,00	0,05
Bomba Jockey de incendio agregada en 2018 para ambos edificios													
					5,48				9,05		9,05		20,45
EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO													
PC escritorio													
	P4- salas comp.	10	150	0,15	1,50	1,00	0,15	5,00	7,50	5,00	7,50	5,00	7,50
	P4- sala comp.2	13	150	0,15	1,95	1,00	0,15	5,00	9,75	5,00	9,75	5,00	9,75
	oficinas	15	150	0,15	2,25	1,00	0,15	5,00	11,25	5,00	11,25	5,00	11,25
PC portátil	12 aulas	12	50	0,05	0,60	1,00	0,05	2,00	1,20	2,00	1,20	2,00	1,20
Proyector	12 aulas	12	200	0,2	2,40	1,00	0,20	1,00	2,40	1,00	2,40	1,00	2,40
Monitores / TV							0,00		0,00				
Parlantes en aulas	12 aulas		50	0,05	0,00	1,00	0,05	2,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00
Server		1	450	0,45	0,45	1,00	0,45	24,00	10,80	24,00	10,80	24,00	10,80
Router		8	5	0,005	0,04	1,00	0,01	24,00	0,96	24,00	0,96	24,00	0,96
Cargador Smart Phone		10	5	0,005	0,05	1,00	0,01	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30
Cargador tablet		2	10	0,01	0,02	1,00	0,01	3,00	0,06	3,00	0,06	3,00	0,06
teléfonos		10	10	0,01	0,10	1,00	0,01	24,00	2,40	24,00	2,40	24,00	2,40
Circuito Cerrado cámaras		3	4	0,004	0,01	1,00	0,00	24,00	0,29	24,00	0,29	24,00	0,29
Fotocopiadora		1	650	0,65	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65
Impresora Multifunción		1	350	0,35	0,35	1,00	0,35	1,00	0,35	1,00	0,35	1,00	0,35
Impresora chorro tinta		1	17	0,017	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02
Dispenser Agua Fría y cal.		3	100	0,1	0,30	0,30	0,03	1,00	0,09	1,00	0,09	1,00	0,09
Cafetera		3	900	0,9	2,70	1,00	0,90	2,00	5,40	2,00	5,40	2,00	5,40
Cafetera administración		1	901	0,901	0,90	1,00	0,90	5,00	4,51	5,00	4,51	5,00	4,51
					14,29				57,92		57,92		57,92

ESCUELA N°2						
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL						
Uso Final	Consumo diario en media estación		Consumo diario en verano		Consumo diario en invierno	
	KWh	%	KWh	%	KWh	%
Iluminación	81	41,01	52	20,42	81	35,52
Refrigeración	0	0,00	82	32,28		
Calefacción		0,00			15	6,55
Cocina	53	26,82	53	20,86	53	23,23
Sala de máquinas	5	2,78	9	3,57	21	9,25
Equip. escolar admin.	58	29,39	58	22,86	58	25,45
TOTAL	197	100	253	100	228	100

ESCUELA N°2		
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL		
Uso final	Consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	6385	60
Agua caliente		
Cocina	4320	40
Otros		
Total	10705	100

ESCUELA N°2			
CONSUMO DE GAS			
Equipos	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Caldera	Sala de máquinas	1	90000
Cocina de 3 hornallas y plancha	cocina	1	16000
Cocina de 4 hornallas con homo	cocina	1	25000
Freidora	cocina	1	
Térmotanco 80 l (verificar consumo)	cocina	1	8000

Anexo 3

ESCUELA N°3
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1/2)

Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/ hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
ILUMINACIÓN													
LED													
Tubo 20 W													
	SS- sanit.	10	20	0,02	0,20	1,00	0,02	17,00	3,40	17,00	3,40	17,00	3,40
	SS- circ	15	20	0,02	0,30	1,00	0,02	17,00	5,10	17,00	5,10	17,00	5,10
	SS- s. maq	7	20	0,02	0,14	1,00	0,02	17,00	2,38	17,00	2,38	17,00	2,38
	PB-comedor	16	20	0,02	0,32	1,00	0,02	17,00	5,44	17,00	5,44	17,00	5,44
	PB-cocina	16	20	0,02	0,32	1,00	0,02	17,00	5,44	17,00	5,44	17,00	5,44
	PB-Hall Cent.	10	20	0,02	0,20	1,00	0,02	17,00	3,40	17,00	3,40	17,00	3,40
	PB-2 oficinas	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	17,00	2,72	17,00	2,72	17,00	2,72
	PB-acceso	6	20	0,02	0,12	1,00	0,02	17,00	2,04	17,00	2,04	17,00	2,04
	P1-2 oficinas	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	17,00	2,72	17,00	2,72	17,00	2,72
	P1-aulas esp.	32	20	0,02	0,64	1,00	0,02	17,00	10,88	17,00	10,88	17,00	10,88
	P1-circ.	11	20	0,02	0,22	1,00	0,02	17,00	3,74	17,00	3,74	17,00	3,74
	P1- 4 sanit.	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	17,00	2,72	17,00	2,72	17,00	2,72
	P1- 2 aulas	24	20	0,02	0,48	1,00	0,02	17,00	8,16	17,00	8,16	17,00	8,16
	P2- 8 aulas	78	20	0,02	1,56	1,00	0,02	17,00	26,52	17,00	26,52	17,00	26,52
	P2- circ	6	20	0,02	0,12	1,00	0,02	17,00	2,04	17,00	2,04	17,00	2,04
	P2- 2 sanit.	5	20	0,02	0,10	1,00	0,02	17,00	1,70	17,00	1,70	17,00	1,70
	P3- 4 aulas	44	20	0,02	0,88	1,00	0,02	17,00	14,96	17,00	14,96	17,00	14,96
	P3- circ	6	20	0,02	0,12	1,00	0,02	17,00	2,04	17,00	2,04	17,00	2,04
	P3- aula	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	17,00	2,72	17,00	2,72	17,00	2,72
Luminaria LED 100w													
	escaleras	6	100	0,1	0,60	1,00	0,10	17,00	10,20	17,00	10,20	17,00	10,20
Plafón LED 30x30 24 W													
	PB- hall	18	24	0,024	0,43	1,00	0,02	17,00	7,34	17,00	7,34	17,00	7,34
Reflector LED													
	SS- gimnasio	8	100	0,1	0,80	1,00	0,10	12,00	9,60	12,00	9,60	12,00	9,60
Reflectores escenario (no led)													
	SS- gimnasio	4	100		0,00	1,00	0,00		0,00		0,00		0,00
					7,23				135,26		135,26		135,26
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN													
Ventiladores													
	Gimnasio	4	200	0,2	0,80	1,00	0,20			7,00	5,60		
	Comedor	2	60	0,06	0,12	1,00	0,06			7,00	0,84		
	Cocina	2	60	0,06	0,12	1,00	0,06			7,00	0,84		
	Aulas	36	60	0,06	2,16	1,00	0,06			7,00	15,12		
	Oficinas	5	60	0,06	0,30	1,00	0,06			7,00	2,10		
Equipos Split													
No inverter 2300 Frig													
	P4- aula	2	900	0,9	1,80	0,30	0,27			7,00	3,78		
No inverter 3000 Frig													
	P1- aulas esp.	3	1200	1,2	3,60	0,30	0,36			7,00	7,56		
Split clase A 5500 frig													
	P2-4 aulas	4	2140	2,14	8,56	0,25	0,54			7,00	14,98		
A.C. 12 Frig. BGH													
	PB-SUM	3	6463	6,463	19,39	0,30	1,94			7,00	40,72		
	PB- COMEDOR	1	6463	6,463	6,46	0,30	1,94			7,00	13,57		
					35,81						105,11		
COCINA													
Heladera de bebidas		4	300	0,3	1,20	0,20	0,06	24,00	5,76	24,00	5,76	24,00	5,76
Heladera industrial 4 puertas		1	370	0,37	0,37	0,20	0,07	24,00	1,78	24,00	1,78	24,00	1,78
Heladera industrial 6 puertas		1	740	0,74	0,74	0,20	0,15	24,00	3,55	24,00	3,55	24,00	3,55
Freezer		3	250	0,25	0,75	0,20	0,05	24,00	3,60	24,00	3,60	24,00	3,60
Mesada fria para postres		1	370	0,37	0,37	0,20	0,07	4,00	0,30	4,00	0,30	4,00	0,30
Amasadora		1	2900	2,9	2,90	1,00	2,90	1,00	2,90	1,00	2,90	1,00	2,90
Sobadora		1	1500	1,5	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50
Mesada caliente para comida		1	2500	2,5	2,50	1,00	2,50	4,00	10,00	4,00	10,00	4,00	10,00
Microondas		2	1000	1	2,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00
Extractor de humos		1	1110	1,11	1,11	1,00	1,11	6,00	6,66	6,00	6,66	6,00	6,66
					13,44				37,04		37,04		37,04
SALA DE MÁQUINAS													
Bomba tanque de agua	SS	2	740	0,74	1,48	1,00	0,74	2	2,96	2	2,96	2	2,96
Bomba de achique por napa	SS	1	740	0,74	0,74	1,00	0,74	12	8,88	12	8,88	12	8,88
Bomba de achique por napa	SS	1	740	0,74	0,74	1,00	0,74	12	8,88	12	8,88	12	8,88
Bomba de caldera	SS	1	740	0,74	0,74	1,00	0,74	0	0,00	0	0,00	12	8,88
Extractores de aire			25	0,025	0,00	1,00	0,03	10	0,00	10	0,00	10	0,00
Bomba de incendio Jockey		1	7360	7,36	7,36	1,00	7,36	0	0,00	0	0,00	0	0,00
					11,06				20,72		20,72		29,60

ESCUELA Nº3													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (2/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/ hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO													
PC escritorio	P1- sala comp.	15	150	0,15	2,25	1,00	0,15	6	13,50	6	13,50	6	13,50
	Aulas	15	150	0,15	2,25	1,00	0,15	1	2,25	1	2,25	1	2,25
	Oficinas	4	151	0,15	0,60	1,00	0,15	6	3,62	6	3,62	6	3,62
PC portátil		2	50	0,05	0,10	1,00	0,05	2	0,20	2	0,20	2	0,20
Proyector		3	400	0,40	1,20	1,00	0,40	2	2,40	2	2,40	2	2,40
Monitores			100	0,10	0,00	1,00	0,10	1	0,00	1	0,00	1	0,00
Parlantes en aulas		3	50	0,05	0,15	1,00	0,05	2	0,30	2	0,30	2	0,30
Router		8	5	0,01	0,04	1,00	0,01	24	0,96	24	0,96	24	0,96
Server		1	450	0,45	0,45	1,00	0,45	24	10,80	24	10,80	24	10,80
Cargador smart phone		10	5	0,01	0,05	1,00	0,01	3	0,15	3	0,15	3	0,15
Cafetera		1	900	0,90	0,90	1,00	0,90	1	0,90	1	0,90	1	0,90
Jarra Eléctrica		1	900	0,90	0,90	1,00	0,90	0,5	0,45	0,5	0,45	0,5	0,45
Microondas		1	1200	1,20	1,20	1,00	1,20	0,5	0,60	0,5	0,60	0,5	0,60
					10,09				36,13		36,13		36,13

ESCUELA Nº3						
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL						
Uso Final	Consumo diario en media estación		Consumo diario en verano		Consumo diario en invierno	
	KWh	%	KWh	%	KWh	%
Iluminación	135	59	135	40	135	57
Refrigeración		0	105	31		
Calefacción		0				
Cocina	37	16	37	11	37	16
Sala de máquinas	21	9	21	6	30	12
Equip. escolar adm.	36	16	36	11	36	15
TOTAL	229	100	334	100	238	100

ESCUELA Nº3		
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL		
Uso final	consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	5973	56
Agua caliente vestuarios	200	2
Cocina	4500	42
Otros	0	
Total	10673	100

ESCUELA Nº3			
CONSUMO DE GAS			
Equipamiento	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Caldera	Sala de máquinas	1	70000
Estufa tiro balanceado	terracea	1	3000
Cocina 6 hornallas con horno	cocina	1	40000
Cocina 4 hornallas	cocina	1	19000
Freidora	cocina	1	
Horno	cocina	1	5500
Termotanque Sair 120 litros para cocina y vestuarios	cocina	2	7500

Anexo 4

ESCUELA N°4

CONSUMO DE ELECTRICIDAD

Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno		
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	
ILUMINACIÓN														
LED														
Tubo 20 W														
	PB-Oficinas	30	20	0,02	0,60	1,00	0,02	14,50	8,7	14,50	8,7	14,50	8,7	
	PB- semicub.	16	20	0,02	0,32	1,00	0,02	14,50	4,64	14,50	4,64	14,50	4,64	
	EP- oficinas	24	20	0,02	0,48	1,00	0,02	14,50	6,96	14,50	6,96	14,50	6,96	
	EP-sala lectura	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	14,50	1,16	14,50	1,16	14,50	1,16	
	P1- 3 aulas	18	20	0,02	0,36	1,00	0,02	14,50	5,22	14,50	5,22	14,50	5,22	
	P1- 2 aulas	16	20	0,02	0,32	1,00	0,02	14,50	4,64	14,50	4,64	14,50	4,64	
	P1-circulacion	8	20	0,02	0,16	1,00	0,02	14,50	2,32	14,50	2,32	14,50	2,32	
	P1- sanit.	7	20	0,02	0,14	1,00	0,02	14,50	2,03	14,50	2,03	14,50	2,03	
	P1- escalera	2	20	0,02	0,04	1,00	0,02	14,50	0,58	14,50	0,58	14,50	0,58	
	P2- 4 aulas	32	20	0,02	0,64	1,00	0,02	14,50	9,28	14,50	9,28	14,50	9,28	
	P2- circulacion	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	14,50	1,16	14,50	1,16	14,50	1,16	
	P2-sanit.	6	20	0,02	0,12	1,00	0,02	14,50	1,74	14,50	1,74	14,50	1,74	
	P2- escalera	2	20	0,02	0,04	1,00	0,02	14,50	0,58	14,50	0,58	14,50	0,58	
	P3- 4 aulas	32	20	0,02	0,64	1,00	0,02	14,50	9,28	14,50	9,28	14,50	9,28	
	P3- circulacion	4	20	0,02	0,08	1,00	0,02	14,50	1,16	14,50	1,16	14,50	1,16	
	P3-sanit.	6	20	0,02	0,12	1,00	0,02	14,50	1,74	14,50	1,74	14,50	1,74	
	P3- escalera	2	20	0,02	0,04	1,00	0,02	14,50	0,58	14,50	0,58	14,50	0,58	
	P4- 3 aulas	24	20	0,02	0,48	1,00	0,02	14,50	6,96	14,50	6,96	14,50	6,96	
	P4 - sala	1	20	0,02	0,02	1,00	0,02	14,50	0,29	14,50	0,29	14,50	0,29	
	P4- escalera	1	20	0,02	0,02	1,00	0,02	14,50	0,29	14,50	0,29	14,50	0,29	
	Plafón LED 20x20													
	PB- hall	2	20	0,02	0,04	1,00	0,02	15	0,6	15	0,6	15	0,6	
	Reflector mercurio													
	PB- patio	6	500	0,5	3,00	1,00	0,50	1	3	1	3	1	3	
					7,82				72,91		72,91		72,91	
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN														
Ventiladores														
	patio	2	200	0,2	0,40	1,00	0,20			8,00	3,20			
	aulas	5	60	0,06	0,30	1,00	0,06			8,00	2,40			
	patio extraccion	16	100	0,1	1,60	1,00	0,10			0,00	0,00			
	Calefactor en patio cubierto Circ- 19700 kcal/h													
	SUMPB	1	80	0,08	0,08	1,00	0,08					9	0,72	
Equipos Split														
Split 3000 Frig														
	aulas	3	1200	1,2	3,60	0,30	0,36			6,00	6,48			
	Split clase A 6000 frig													
	aulas	10	2140	2,14	21,40	0,25	0,54			6,00	32,10			
	Split clase C 6000 frig													
	aulas	5	2600	2,6	13,00	0,30	0,78			6,00	23,40			
	A.C. central oficinas													
	PB y EP ofic.	1	10000	10	10,00	0,30	3,00			6,00	18,00			
	Calefactor portátil	1	2000	2,00	2,00	1,00	2,00					6,00	12,00	
					52,38						79,98		12,72	
COCINA														
	Heladera	1	200	0,2	0,20	0,20	0,04	24,00	0,96	24,00	0,96	24,00	0,96	
	Microondas	1	1000	1	1,00	1,00	0,20	0,50	0,1	0,50	0,1	0,50	0,1	
	Termotanque electrico 20 l	1	1500	1,5	1,50	1,00	0,30	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	
	Dispenser agua fria y caliente	1	100	0,1	0,10	0,10	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	
	Extractor cocina (verif. Motor)	1	25	0,025	0,03	1,00	0,01	4,00	0,02	4,00	0,02	4,00	0,02	
					2,83				1,4		1,4		1,4	
SALA DE MÁQUINAS														
	Bomba tanque de agua	SS	1	740	0,74	0,74	1,00	0,74	3,00	2,22	3,00	2,22	3,00	2,22
	Extractores de aire sanit.	sanit	1	25	0,025	0,03	1,00	0,03	4,00	0,1	4,00	0,1	4,00	0,1
					0,77				2,32		2,32		2,32	
EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO														
PC escritorio														
	P1- sala comp.15	17	150	0,15	2,55		0,15	5,00	12,75	5,00	12,75	5,00	12,75	
	Aulas	6	150	0,15	0,90		0,15	1,00	0,9	1,00	0,90	1,00	0,90	
	PC portátil	2	50	0,05	0,10		0,05	2,00	0,2	2,00	0,20	2,00	0,20	
	Proyector	2	200	0,2	0,40		0,20	2,00	0,8	2,00	0,80	2,00	0,80	
	Parlantes aula	2	50	0,05	0,10		0,05	1,00	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	
	Router	8	5	0,005	0,04		0,01	24,00	0,96	24,00	0,96	24,00	0,96	
	Server	1	450	0,45	0,45		0,45	24,00	10,8	24,00	10,80	24,00	10,80	
	Cargador smart phone	5	5	0,005	0,03		0,01	3,00	0,075	3,00	0,08	3,00	0,08	
	Impresora chorro de tinta	1	17	0,017	0,02		0,02	1,00	0,017	1,00	0,02	1,00	0,02	
	teléfonos	7	10	0,01	0,07		0,01	24,00	1,68	24,00	1,68	24,00	1,68	
					4,65				28,28		28,28		28,28	

ESCUELA N°4						
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL						
Uso Final	Consumo diario en media estación		Consumo diario en verano		Consumo diario en invierno	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%
Iluminación	73	69	73	39	73	62
Refrigeración		0	80	43		
Calefacción		0			13	11
Cocina	1	1	1	1	1	1
Sala de máquinas	2	2	2	1	2	2
Equip. escolar adm.	28	27	28	15	28	24
TOTAL	105	100	185	100	118	100

ESCUELA N°4		
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL		
Uso final	Consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	1845	100
Agua caliente vestuarios		
Cocina		
Otros		
Total	1845	100

ESCUELA N°4			
CONSUMO DE GAS			
Equipamiento	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Estufas tiro balanceado Vesubio TB-3000	aulas	17	3000
Estufas tiro balanceado	aulas	4	3000
Calefactor en patio cubierto Ciroc	patio cubierto	1	19700

Anexo 5

ESCUELA N°5

CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1/2)

Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
ILUMINACIÓN													
Tubos fluorescentes													
Tubo fluorescente 36 W													
	PB-SUM	60	36	0,036	2,16	1,00	0,04	8,00	17,28	8,00	17,28	8,00	17,28
	PB-cocina	9	36	0,036	0,32	1,00	0,04	8,00	2,59	8,00	2,59	8,00	2,59
	PB-sanit.	6	36	0,036	0,22	1,00	0,04	8,00	1,73	8,00	1,73	10,00	2,16
	PB aula y sala	14	36	0,036	0,50	1,00	0,04	8,00	4,03	8,00	4,03	10,00	5,04
	PB-escaleras	3	36	0,036	0,11	1,00	0,04	2,00	0,22	2,00	0,22	8,00	0,86
	P1-sanit.	12	36	0,036	0,43	1,00	0,04	8,00	3,46	8,00	3,46	10,00	4,32
	P1-escaleras	6	36	0,036	0,22	1,00	0,04	4,00	0,86	2,00	0,43	8,00	1,73
	P1- oficinas	6	36	0,036	0,22	1,00	0,04	8,00	1,73	8,00	1,73	8,00	1,73
	P1- aulas medianera	12	36	0,036	0,43	1,00	0,04	8,00	3,46	8,00	3,46	10,00	4,32
	P2-escaleras	9	36	0,036	0,32	1,00	0,04	2,00	0,65	2,00	0,65	8,00	2,59
	P2-sanit.	14	36	0,036	0,50	1,00	0,04	8,00	4,03	8,00	4,03	8,00	4,03
	P2- aulas medianera y SO	31	36	0,036	1,12	1,00	0,04	8,00	8,93	8,00	8,93	8,00	8,93
	P3- circ	5	36	0,036	0,18	1,00	0,04	2,00	0,36	2,00	0,36	5,00	0,90
Tubo fluorescente 58 W													
	P3- aulas NO	106	58	0,058	6,15	1,00	0,06	5,00	30,74	5,00	30,74	8,00	49,18
	P3-sanit	15	58	0,058	0,87	1,00	0,06	5,00	4,35	5,00	4,35	8,00	6,96
Fluorescente PLC 26 W													
	PB- circulo cocina	10	26	0,026	0,26	1,00	0,03	8,00	2,08	8,00	2,08	8,00	2,08
	PB-2 aulas	21	26	0,026	0,55	1,00	0,03	8,00	4,37	8,00	4,37	8,00	4,37
	PB- hall acceso	10	26	0,026	0,26	1,00	0,03	8,00	2,08	8,00	2,08	8,00	2,08
	PB- oficinas	8	26	0,026	0,21	1,00	0,03	8,00	1,66	8,00	1,66	8,00	1,66
	PB-salas	19	26	0,026	0,49	1,00	0,03	8,00	3,95	8,00	3,95	8,00	3,95
	PB- circ. Exterior	14	26	0,026	0,36	1,00	0,03	2,00	0,73	2,00	0,73	4,00	1,46
	P1-oficinas	18	26	0,026	0,47	1,00	0,03	8,00	3,74	8,00	3,74	8,00	3,74
	P1- circ	9	26	0,026	0,23	1,00	0,03	8,00	1,87	8,00	1,87	8,00	1,87
	P1- circ. Exterior	8	26	0,026	0,21	1,00	0,03	2,00	0,42	2,00	0,42	4,00	0,83
	P1-2 aulas NO	20	26	0,026	0,52	1,00	0,03	4,00	2,08	4,00	2,08	8,00	4,16
	P1-3 aulas interiores	24	26	0,026	0,62	1,00	0,03	8,00	4,99	8,00	4,99	8,00	4,99
	P2- circ	40	26	0,026	1,04	1,00	0,03	8,00	8,32	8,00	8,32	8,00	8,32
	P2- circ. Exterior	9	26	0,026	0,23	1,00	0,03	2,00	0,47	2,00	0,47	4,00	0,94
	P2-4 aulas NO	72	26	0,026	1,87	1,00	0,03	6,00	11,23	4,00	7,49	8,00	14,98
	P2- 4 aulas interiores	50	26	0,026	1,30	1,00	0,03	8,00	10,40	8,00	10,40	8,00	10,40
					22,38				142,81		138,63		178,46
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN													
Ventiladores													
			60	0,06	0,00	1,00	0,06			5,00	0,00		
			60	0,06	0,00	1,00	0,06			5,00	0,00		
Equipos Split													
No inverter 2300 Frig													
	PB- direc		990	0,99	0,00	0,30	0,30				0,00		
											0,00		
											0,00		
No inverter 3000 Frig													
	oficinas	3	1200	1,2	3,60	0,30	0,36			8,00	8,64		0,00
											0,00		
No inverter 4500 Frig													
	Aulas	24	2100	2,1	50,40	0,30	0,63			8,00	120,96		
	SUM	2	2100	2,1	4,20	0,30	0,63			8,00	10,08		
A.C. central SUM y aulas Pedraza piso 2													
		1	8000	8,00	8,00	0,30	2,40			8,00	19,20		
A.C. central oficinas 20000 frig.													
		1	8000	8,00	8,00	0,30	2,40			8,00	19,20	8,00	19,20
Calefactor portátil (Liliana Sahara)													
	recepción	1	2000	2,00	2,00	1,00	2,00					6,00	12,00
					74,20						178,08		19,20

ESCUELA Nº5													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (2/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
COCINA													
Heladera 2 puertas ac. Inox.	cocina	1	370	0,37	0,37	0,30	0,11	24,00	2,66	24,00	2,66	24,00	2,66
Heladera de bebidas	cocina	2	300	0,3	0,60	0,20	0,06	24,00	2,88	24,00	2,88	24,00	2,88
Mostrador frío 4 fuentes	cocina	1	370	0,37	0,37	0,20	0,07	3,00	0,22	3,00	0,22	3,00	0,22
Motrador caliente 4 fuentes	cocina	1	2500	2,5	2,50	1,00	2,50	3,00	7,50	3,00	7,50	3,00	7,50
Freezer	cocina	2	250	0,25	0,50	0,20	0,05	24,00	2,40	24,00	2,40	24,00	2,40
Extractor de humos	cocina	1	740	0,74	0,74	1,00	0,74	4,00	2,96	4,00	2,96	4,00	2,96
Extractor a la calle	cocina	1	90	0,09	0,09	1,00	0,09	6,00	0,54	6,00	0,54	6,00	0,54
					5,17				19,17		19,17		19,17
SALA DE MÁQUINAS													
Bombas de agua	SS	3	740	0,74	2,22	1,00	0,74	2,00	4,44	2,00	4,44	2,00	4,44
Bombas termostanques	terrazza	2	186	0,19	0,37	1,00	0,19	1,00	0,37	1,00	0,37	1,00	0,37
Bombas calderas	terrazza	6	96	0,10	0,58	1,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	4,61
Bomba incendio Jockey		1											
Motor ascensor 16 HP	terrazza	1	11931	11,93	11,93	1,00	11,93	0,50	5,97	0,50	5,97	0,50	5,97
					15,10				10,78		10,78		15,39
EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO													
PC escritorio	aulas	25	150	0,15	3,75	1,00	0,15	1,00	3,75	1,00	3,75	1,00	3,75
	PB- salas comp.	12	150	0,15	1,80	1,00	0,15	4,00	7,20	4,00	7,20	4,00	7,20
	P2- sala comp.2	12	150	0,15	1,80	1,00	0,15	4,00	7,20	4,00	7,20	4,00	7,20
	oficinas	15	150	0,15	2,25	1,00	0,15	4,00	9,00	4,00	9,00	4,00	9,00
PC portátil		0	50	0,05	0,00	1,00	0,05	2,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00
Proyector	aulas	25	200	0,2	5,00	1,00	0,20	1,00	5,00	1,00	5,00	1,00	5,00
Monitores / TV		0	100	0,1	0,00	1,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Parlantes en aulas	aulas	24	50	0,05	1,20	1,00	0,05	1,00	1,20	1,00	1,20	1,00	1,20
Monitores / TV		0	100	0,1	0,00	1,00	0,10	3,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00
Parlantes en aulas		24	50	0,05	1,20	1,00	0,05	1,00	1,20	1,00	1,20	1,00	1,20
Server		1	450	0,45	0,45	1,00	0,45	24,00	10,80	24,00	10,80	24,00	10,80
Router		10	5	0,005	0,05	1,00	0,01	24,00	1,20	24,00	1,20	24,00	1,20
Cargador smart phone		10	5	0,005	0,05	1,00	0,01	5,00	0,25	5,00	0,25	5,00	0,25
Teléfonos		8	10	0,01	0,08	1,00	0,01	24,00	1,92	24,00	1,92	24,00	1,92
Circuito cerrado cámaras		6	10	0,01	0,06	1,00	0,01	24,00	1,44	24,00	1,44	24,00	1,44
Fotocopiadora		0	650	0,65	0,00	1,00	0,65	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00
Impresora		1	350	0,35	0,35	1,00	0,35	0,50	0,18	0,50	0,18	0,50	0,18
Dispenser Agua Fria y cal.	halles	5	100	0,1	0,50			1,00	1,50	1,00	1,50	24,00	1,50
Heladera	sala maestros	1	300	0,3	0,30	0,20	0,06	24,00	1,44	24,00	1,44	24,00	1,44
Cafetera	sala maestros	1	900	0,9	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90
Jarra Eléctrica	sala maestros	1	900	0,9	0,90	1,00	0,90	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50	0,45
Microondas	sala maestros	1	1000	1	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Extractores de aire	sanit.		25	0,025	0,00	1,00	0,03	9,00	0,00	9,00	0,00	9,00	0,00
Termotanque agua	sanit.	1	1400	1,4	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40
					23,04				56,53		56,53		56,53

ESCUELA Nº5						
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL						
Uso Final	Consumo diario en media estación		Consumo diario en verano		Consumo diario en invierno	
	KWh	%	KWh	%	KWh	%
Iluminación	143	62	139	34	178	62
Refrigeración		0	178	44		
Calefacción		0			19	7
Cocina	19	8	19	5	19	7
Sala de máquinas	11	5	11	3	15	5
Equip. escolar adm.	57	25	57	14	57	20
TOTAL	229	100	403	100	289	100

ESCUELA Nº5		
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL		
Uso final	Consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	11668	87
Agua caliente sanitarios	400	3
Cocina	1350	10
Otros		
Total	13418	100

ESCUELA Nº5			
CONSUMO DE GAS			
Equipos	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Sector Casona			
Caldera mural Orbis termocentral (a 24 grados)	terrazza - Grecia	5	30000
Termotanques Saiar TPG150 de 150 l para sanitarios	terrazza - Grecia	2	8000
Sector SUM			
Caldera SUM y aulas piso 1	PB lado pedraza	1	30000
termotanque 80 litros	cocina	1	6000
Cocina industrial 6 quemadores y horno	cocina	1	40000
Horno pizzeria 2 puertas	cocina	1	24000

Anexo 6

ESCUELA N°6
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1/2)

Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
ILUMINACIÓN													
Tubos fluorescentes													
Tubo fluorescente 110 W (2 m)													
	PB- 6 aulas	12	110	0,11	1,32	1,00	0,11	14	18,48	12	15,84	14	18,48
	P1- 6 aulas	26	110	0,11	2,86	1,00	0,11	12	34,32	10	28,60	12	34,32
	P2- 6 aulas	26	110	0,11	2,86	1,00	0,11	12	34,32	10	28,60	12	34,32
	P3- 2 aulas	16	110	0,11	1,76	1,00	0,11	12	21,12	10	17,60	12	21,12
	P2- 2 aulas espec.	9	110	0,11	0,99	1,00	0,11	12	11,88	10	9,90	12	11,88
	P3- 7 aulas esp.	27	110	0,11	2,97	1,00	0,11	12	35,64	10	29,70	12	35,64
	PB- SUM	8	110	0,11	0,88	1,00	0,11	12	10,56	12	10,56	12	10,56
	P1- SUM	6	110	0,11	0,66	1,00	0,11	12	7,92	12	7,92	12	7,92
	PB- oficinas	2	110	0,11	0,22	1,00	0,11	12	2,64	10	2,20	12	2,64
	P1-oficinas	2	110	0,11	0,22	1,00	0,11	12	2,64	10	2,20	12	2,64
Tubo fluorescente 36 W													
	PB- aulas	12	36	0,036	0,43	1,00	0,04	12	5,18	12	5,18	12	5,184
	PB-oficinas	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	12	6,91	10	5,76	12	6,912
	PB- acceso hall	8	36	0,036	0,29	1,00	0,04	14	4,03	10	2,88	14	4,032
	P1- SUM	8	36	0,036	0,29	1,00	0,04	12	3,46	10	2,88	12	3,456
	P1-oficinas	24	36	0,036	0,86	1,00	0,04	12	10,37	10	8,64	12	10,368
	P1- circul. Int.	3	36	0,036	0,11	1,00	0,04	14	1,51	10	1,08	14	1,512
	P2- aulas esp.	20	36	0,036	0,72	1,00	0,04	12	8,64	10	7,20	12	8,64
	P2- circul. Int.	6	36	0,036	0,22	1,00	0,04	12	2,59	10	2,16	12	2,592
	P2- laboratorio	12	36	0,036	0,43	1,00	0,04	12	5,18	10	4,32	12	5,184
	PB- sanit	6	36	0,036	0,22	1,00	0,04	5	1,08	5	1,08	5	1,08
	P1- sanit	5	36	0,036	0,18	1,00	0,04	5	0,90	5	0,90	5	0,9
	P2-sanit	6	36	0,036	0,22	1,00	0,04	5	1,08	5	1,08	5	1,08
	Circ ext. patio	10	36	0,036	0,36	1,00	0,04	12	4,32	3	1,08	12	4,32
	Dep.y salas maq.		36	0,036	0,00	1,00	0,04	2	0,00	2	0,00	2	0
	PB- cocina	14	36	0,036	0,50	1,00	0,04	12	6,05	10	5,04	12	6,048
	PB- dep.cocina	4	36	0,036	0,14	1,00	0,04	12	1,73	10	1,44	12	1,728
Fluorescente PLC 26 W													
	Sanitarios	18	26	0,026	0,47	1,00	0,03	5	2,34	5	2,34	5	2,34
	PB- circul ext	29	26	0,026	0,75	1,00	0,03	12	9,05	2	1,51	12	9,048
													0
Fluorescente PLC 10 W													
	P2- biblioteca	24	10	0,01	0,24	1,00	0,01	11	2,64	11	2,64	11	2,64
													0
Lamp. Incand. bajo cons.													
	PB- sanit aulas	13	20	0,02	0,26	1,00	0,02	5	1,30	5	1,30	5	1,3
													0
Lamp. Dicroicas 50W													
	Sanitarios	54	50	0,05	2,70	1,00	0,05	5	13,50	5	13,50	5	13,5
	Hall directora	6	50	0,05	0,30	1,00	0,05	12	3,60	12	3,60	12	3,6
Lamp. Halógena Par AR 11													
	SUM	24	50	0,05	1,20	1,00	0,05	2	2,40	2	2,40	2	2,4
													0
Reflectores													
	SUM	4	500	0,5	2,00	1,00	0,50	4	8,00	4	8,00	4	8
													0
Tachos para escenario													
	SUM	18	100	0,1	1,80	1,00	0,10	1	1,80	1	1,80	1	1,8
Reflectores ext. de noche													
	Patio Deportes	1	1000	1	1,00	1,00	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1
	Patio central	2	1000	1	2,00	1,00	1,00	4	8,00	1	2,00	4	8
					33,01				296,18		243,93		296,18
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN													
Ventiladores													
	aulas	49	60	0,06	2,94	1,00	0,06			9	26,46		
	oficinas	5	60	0,06	0,30	1,00	0,06			9	2,70		
	SUM	12	60	0,06	0,72	1,00	0,06			9	6,48		
Equipo aire ac. de ventana grandes													
	aulas oeste	8	2250	2,25	18,00	0,50	1,13			10	90,00		
	P2- aulas Armenia	2	2250	2,25	4,50	0,40	0,90			10	18,00		
pequeños													
	oficinas	3	1850	1,85	5,55	0,40	0,74			10	22,20		
Equipos Split													
No inverter 2300 Frig													
	PB- oficinas	2	990	0,99	1,98	0,30	0,30			10	5,94		
	P1- oficinas	3	990	0,99	2,97	0,30	0,30			10	8,91		
No inverter 3000 Frig													
	PB- aulas oeste	6	1280	1,28	7,68	0,40	0,51			12	36,86		
	P1- 3 aulas Armenia	3	1280	1,28	3,84	0,30	0,38			10	11,52		
	P3- 5 aulas	5	1280	1,28	6,40	0,30	0,38			10	19,20		
No inverter 4500 Frig													
	P1-SUM	2	2100	2,1	4,20	0,30	0,63			10	12,60		
	P3-aulas oeste	2	2100	2,1	4,20	0,40	0,84			10	16,80		
No inverter 4500 Frig. Ef.A													
	P1-Aulas oeste	2	1650	1,65	3,30	0,40	0,66			10	13,20		
	P2-Aulas oeste	2	1650	1,65	3,30	0,40	0,66			10	13,20		
Equipo piso techo 12 Frig.													
	PB-SUM	2	6500	6,5	13,000	0,30	1,95			10	39,00		
Calefactor eléctrico Alex (750, 1250 o 2000 W)													
	PB-oficina	3	2000	2	6,00	1,00	2,00					8,00	48,00
Calefactor eléctrico en recep.													
	P1 direccion hall	1	500	0,5	0,50	1,00	0,50					10,00	5,00
		46			82,88						343,07		53,00

ESCUELA N°6													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (2/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo/hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
COCINA													
Heladera 6 puertas ac. Inox.		1	740	0,74	0,74	0,20	0,15	24	3,55	24	3,55	24	3,55
Heladera 4 puertas ac. Inox.		1	370	0,37	0,37	0,20	0,07	24	1,78	24	1,78	24	1,78
Heladera 2 puertas ac. Inox.		1	740	0,74	0,74	0,20	0,15	24	3,55	24	3,55	24	3,55
Heladera doble de bebidas		1	450	0,45	0,45	0,20	0,09	24	2,16	24	2,16	24	2,16
Heladera de bebidas		2	300	0,3	0,60	0,20	0,06	24	2,88	24	2,88	24	2,88
Mesada caliente 4 fuentes		2	2500	2,5	5,00	1,00	2,50	2,5	12,50	2,5	12,50	2,5	12,50
Freezer		2	250	0,25	0,50	0,20	0,05	24	2,40	24	2,40	24	2,40
Freidora		1	3000	3	3,00	1,00	3,00	0,5	1,50	0,5	1,50	0,5	1,50
Amasadora		1	2960	2,96	2,96	1,00	2,96	0,5	1,48	0,5	1,48	0,5	1,48
Sobadora		1	1500	1,5	1,50	1,00	1,50	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75
Pastera		1							0,00				
Microondas		5	1000	1	5,00	1,00	1,00	1	5,00	1	5,00	1	5,00
Extractor de humos (1,5 HP?)		1	1110	1,11	1,11	1,00	1,11	7	7,77	7	7,77	7	7,77
Extractor a patio		2	60	0,06	0,12	1,00	0,06	7	0,84	7	0,84	7	0,84
					21,97				46,16		46,16		46,16
SALA DE MÁQUINAS													
Bomba de agua	SS	2	1100	1,1	2,20	1,00	1,10	2	4,40	2	4,40	2,00	4,4
Bomba caldera		2	1500	1,5	3,00	1,00	1,50		0,00			5,00	15
Motor ascensor	terrazza	1	14900	14,9	14,90	1,00	14,90	2	29,80	2	29,80	2,00	29,8
Iluminación cabina		1	100	0,1	0,10	1,00	0,10	12	1,20	12	1,20	12,00	1,2
Motor despl. techo patio	terrazza	1	1400	1,4	1,40	1,00	1,40	0,20	0,28	0,2	0,28		
					21,60				35,68		35,68		50,4
EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO													
PC escritorio													
	sala computacion	38	150	0,15	5,70	1,00	0,15	5	28,50	5	28,50	5	28,5
	oficinas	12	150	0,15	1,80	1,00	0,15	5	9,00	5	9,00	5	9
													0
PC portátil	carro movl	60	50	0,05	3,00	1,00	0,05	2	6,00	2	6,00	2	6
Proyector		17	200	0,2	3,40	1,00	0,20	1	3,40	1	3,40	1	3,4
Monitores / TV		1	100	0,1	0,10	1,00	0,10	1	0,10	1	0,10	1	0,1
Parlantes en aulas	aulas	16	50	0,05	0,80	1,00	0,05	1	0,80	1	0,80	1	0,8
Router		8	5	0,005	0,04	1,00	0,01	24	0,96	24	0,96	24	0,96
Server		1	450	0,45	0,45	1,00	0,45	24	10,80	24	10,8	24	10,8
Cargador smart phone		10	5	0,005	0,05	1,00	0,01	4	0,20	4	0,2	4	0,2
Fotocopiadora		0	650	0,65	0,00	1,00	0,65	0,5	0,00	0,5	0,00	0,5	0
Impresora		2	350	0,35	0,70	1,00	0,35	1	0,70	1	0,70	1	0,7
											0,00		0
Dispenser Agua Fría y cal.	circulacion	8	100	0,1	0,80	0,30	0,03	24	3,20	24	3,20	24	3,2
Cafetera	office	1	900	0,9	0,90	1,00	0,90	1	0,90	1	0,90	1	0,9
Microondas	office	1	1000	1	1,00	1,00	1,00	0,5	0,50	0,5	0,50	0,5	0,5
anafe eléctrico	office	1	1000	1	1,00	1,00	1,00	0,2	0,20	0,2	0,20	0,2	0,2
											0,00		0
					19,74				65,26		65,26		65,26

ESCUELA N°6						
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL						
Uso Final	Consumo diario en media estación		Consumo diario en verano		Consumo diario en invierno	
	KWh	%	KWh	%	KWh	%
Iluminación	296	67	244	33	296	58
Refrigeración		0	343	47		
Calefacción		0			53	10
Cocina	46	10	46	6	46	9
Sala de máquinas	36	8	36	5	50	10
Equip. escolar adm.	65	15	65	9	65	13
TOTAL	443	100	734	100	511	100

ESCUELA N°6		
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL		
Uso final	Consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	8158	52
Agua caliente sanitarios		
Cocina	7650	48
Otros		
Total	15808	100

ESCUELA N°6			
CONSUMO DE GAS			
Equipos	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Caldera	terracea	1	480000
Termotanques Eskabe Acquapiú alta recuperacion para cocina	cocina	2	21000
Cocina con 6 hornallas y horno	cocina	1	40000
Cocina con 4 hornallas y horno	cocina	1	25000
Horno pizzeros	cocina	2	20000
Freidora	cocina	1	20000

Anexo 7

ESCUELA N°7

CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1/2)

Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
ILUMINACIÓN													
Tubos fluorescentes 36 W													
	PB- 4 aulas	48	36	0,036	1,73	1,00	0,04	12,00	20,74	12,00	20,74	12,00	20,74
	PB- 2 aulas	24	36	0,036	0,86	1,00	0,04	6,00	5,18	6,00	5,18	6,00	5,18
	P1-Aulas	48	36	0,036	1,73	1,00	0,04	12,00	20,74	12,00	20,74	12,00	20,74
	P2-Aulas	48	36	0,036	1,73	1,00	0,04	12,00	20,74	12,00	20,74	12,00	20,74
	P1- oficina	4	36	0,036	0,14	1,00	0,04	12,00	1,73	12,00	1,73	12,00	1,73
	P2-oficina	4	36	0,036	0,14	1,00	0,04	12,00	1,73	12,00	1,73	12,00	1,73
	P1- hall y of.	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	12,00	6,91	12,00	6,91	12,00	6,91
	P2- SUM	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	12,00	6,91	12,00	6,91	12,00	6,91
	PB-oficinas	12	36	0,036	0,43	1,00	0,04	12,00	5,18	12,00	5,18	12,00	5,18
	PB-Círcul.	30	36	0,036	1,08	1,00	0,04	12,00	12,96	12,00	12,96	12,00	12,96
	P1-Círcul.	26	36	0,036	0,94	1,00	0,04	12,00	11,23	12,00	11,23	12,00	11,23
	P2-Círcul.	26	36	0,036	0,94	1,00	0,04	12,00	11,23	12,00	11,23	12,00	11,23
	SS-depos.	18	36	0,036	0,65	1,00	0,04	2,00	1,30	2,00	1,30	2,00	1,30
	SS-vestuarios	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	5,00	2,88	5,00	2,88	5,00	2,88
	SS-circulación	6	36	0,036	0,22	1,00	0,04	12,00	2,59	12,00	2,59	12,00	2,59
	Azot- sala m.	8	36	0,036	0,29	1,00	0,04	2,00	0,58	2,00	0,58	2,00	0,58
Lamp. Fluoresc. Comp. 26 W													
	PB- círcul.	16	26	0,026	0,42	1,00	0,03	13,00	5,41	13,00	5,41	13,00	5,41
	P1- círcul.	8	26	0,026	0,21	1,00	0,03	12,00	2,50	12,00	2,50	12,00	2,50
	P2- círcul.	4	26	0,026	0,10	1,00	0,03	12,00	1,25	12,00	1,25	12,00	1,25
	SS-circulación	3	26	0,026	0,08	1,00	0,03	12,00	0,94	12,00	0,94	12,00	0,94
Lampara fluoresc. 14 W													
	PB-sanit.	12	14	0,014	0,17	1,00	0,01	12,00	2,02	12,00	2,02	12,00	2,02
	P1-sanit.	12	14	0,014	0,17	1,00	0,01	12,00	2,02	12,00	2,02	12,00	2,02
	P2-sanit.	12	14	0,014	0,17	1,00	0,01	12,00	2,02	12,00	2,02	12,00	2,02
Reflectores													
	SS- Gimnasio	24	400	0,4	9,60	1,00	0,40	11,00	105,60	11,00	105,6	11,00	105,60
Reflectores													
	Exterior	5	500	0,5	2,50	1,00	0,50	14,00	35,00	14,00	35	14,00	35,00
					26,01				289,36		289,36		289,36
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN													
Ventiladores													
	PB- Aulas	8	90	0,09	0,72	1,00	0,09			8,00	5,76		
	P1-Aulas	8	90	0,09	0,72	1,00	0,09			8,00	5,76		
	P2-Aulas	8	90	0,09	0,72	1,00	0,09			0,00	0,00		
	Oficinas	4	90	0,09	0,36	1,00	0,09			1,00	0,36		
Equipos Split													
	Piso techo 9000 frig	1	4022	4,022	4,02	0,30	1,21			6,00	7,24		
	Piso techo 12000 frig	4	6463	6,463	25,85	0,25	1,62			6,00	38,78		
	No inverter 4500 Frig	2	2100	2,1	4,20	0,30	0,63			6,00	7,56		
	No inverter 6000 Frig	1	2640	2,64	2,64	0,30	0,79			6,00	4,75		
Equipos Ventana													
	A.C. ventana 3000 Frig												
	P1 y P2 ofic.	2	1850	1,85	3,70	0,30	0,56			6,00	6,66		
Caloventiladores													
	SS-SUM	6	126	0,126	0,76		0,13					10,00	7,56
					43,69						76,87		7,56

ESCUELA N°7
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (2/2)

Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo/hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
SALA DE MÁQUINAS													
Motor ascensor hidráulico	terrazza	1	7500	7,5	7,50	1,00	7,50	1,00	7,50	1,00	7,50	1,00	7,50
Motor extracción sanitarios	terrazza	2	750	0,75	1,50	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Motor extracción sanitarios	terrazza	1	550	0,55	0,55	1,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Electrobombas cent. (elevación agua potable)	SS1	2	1500	1,5	3,00	1,00	1,50	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	3,00
Bomba pluvial	SS1	1	2250	2,25	2,25	1,00	2,25	2,00	4,50	2,00	4,50	2,00	4,50
Bomba pluvial	SS1	1	1000	1	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Bomba pluvial grupo	SS2	1	8000	8	8,00	1,00	8,00	2,00	16,00	2,00	16,00	2,00	16,00
Bombas centr. Vertical (desagote cloacal)	SS1	2	1000	1	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
Bombas de napa, funicon 1 constantemente	SS2	2	1500	1,5	3,00	1,00	1,50	12,00	36,00	12,00	36,00	12,00	36,00
Electrobombas centr. ROWA (agua caliente caldera)	SS1	2	372	0,372	0,74	1,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	6,70
Bombas sala de maq. incendio	SS1	1	7300	7,3	7,30	1,00	7,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					36,84				71,00		71,00		77,70

EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO													
PC escritorio	oficinas	10	150	0,15	1,50	1,00	0,15	6,00	9,00	6,00	9,00	6,00	9,00
PC portátil	aulas	10	50	0,05	0,50	1,00	0,05	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00
Proyector		14	200	0,2	2,80	1,00	0,20	1,00	2,80	1,00	2,80	1,00	2,80
Monitores / TV		1	100	0,1	0,10	1,00	0,10	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80
Parlantes en aulas		12	50	0,05	0,60	1,00	0,05	1,00	0,60	1,00	0,60	1,00	0,60
Server		1	450	0,45	0,45	1,00	0,45	24,00	10,80	24,00	10,80	24,00	10,80
Router		8	5	0,005	0,04	1,00	0,01	24,00	0,96	24,00	0,96	24,00	0,96
Cargador smart phone		20	5	0,005	0,10	1,00	0,01	6,00	0,60	6,00	0,60	6,00	0,60
Teléfonos		8	10	0,01	0,08	1,00	0,01	24,00	1,92	24,00	1,92	24,00	1,92
Circuito cerrado cámaras		5	4	0,004	0,02	1,00	0,00	24,00	0,48	24,00	0,48	24,00	0,48
Fotocopiadora		1	650	0,65	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65
Impresora Multifunción		2	350	0,35	0,70	1,00	0,35	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70
Impresora Chorro tinta		1	17	0,017	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02
Dispenser Agua Fría		1	100	0,1	0,10	1,00	0,10	1,00	0,40	1,00	0,40	1,00	0,40
Maquina de café grande de pie		1	900	0,9	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90
Microondas		1	1000	1	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Heladera		1	250	0,25	0,25	0,20	0,05	24,00	1,20	24,00	1,20	24,00	1,20
					9,81				34,33		34,33		34,33

ESCUELA N°7
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL

Uso Final	Consumo diario en media estación		Consumo diario en verano		Consumo diario en invierno	
	KWh	%	KWh	%	KWh	%
Iluminación	289	73	289	61	289	71
Refrigeración			77	16		
Calefacción					8	2
Cocina						
Sala de máquinas	71	18	71	15	78	19
Equip. escolar adm.	34	9	34	7	34	8
TOTAL	395	100	472	100	409	100

ESCUELA N°7
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL

Uso final	Consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	11221	86
Agua caliente vestuarios	1800	14
Cocina		
Otros		
Total	13021	100

ESCUELA N°7
CONSUMO DE GAS

Equipos	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Caldera	SS	1	140000
Termotanque Rheem de 200 litros para vestuarios	SS	1	50000
Anafe 2 hornallas	ofice	1	3000

Anexo 8

ESCUELA N°8													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/ hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
ILUMINACIÓN													
Tubos fluorescentes													
Tubo fluorescente 36W													
	SS-SUM	52	36	0,036	1,87	1,00	0,04	8	14,98	8	14,98	8	14,98
	PB- 3 aulas	72	36	0,036	2,59	1,00	0,04	8	20,74	7	18,14	9	23,33
	P1- 10 aulas	180	36	0,036	6,48	1,00	0,04	8	51,84	7	45,36	9	58,32
	P1-oficinas	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	9	5,18	9	5,18	9	5,18
	P1-depos.	8	37	0,037	0,30	1,00	0,04	0,5	0,15	0,5	0,15	0,5	0,15
	P2- 10 aulas	180	36	0,036	6,48	1,00	0,04	8	51,84	7	45,36	9	58,32
	P2-oficinas	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	9	5,18	9	5,18	9	5,18
	P1-depos.	8	37	0,037	0,30	1,00	0,04	1	0,30	1	0,30	0,5	0,15
	SS- sala maq.	5	36	0,036	0,18	1,00	0,04	1	0,18	1	0,18	1	0,18
	PB-oficinas	84	36	0,036	3,02	1,00	0,04	8	24,19	7	21,17	9	27,22
	PB-depositos	22	36	0,036	0,79	1,00	0,04	1	0,79	1	0,79	0,5	0,40
	PB- circ. Adm.	18	36	0,036	0,65	1,00	0,04	5	3,24	5	3,24	10	6,48
	P3-	8	36	0,036	0,29	1,00	0,04	1	0,29	1	0,29	3	0,86
													0,00
Lámpara bajo consumo 40W	PB- circulación lat.	8	40	0,04	0,32	1,00	0,04	10	3,20	10	3,20	10	3,20
	P1-escalera	3	40	0,04	0,12	1,00	0,04	10	1,20	10	1,20	10	1,20
	P2-escalera	3	40	0,04	0,12	1,00	0,04	10	1,20	10	1,20	10	1,20
													0,00
Lámpara PLC 26W	PB- circul. Atrio	64	26	0,026	1,66	1,00	0,03	8	13,31	6	9,98	12	19,97
	P1- circul. Atrio	56	26	0,026	1,46	1,00	0,03	8	11,65	6	8,74	12	17,47
	P1- aulas frente	40	26	0,026	1,04	1,00	0,03	8	8,32	7	7,28	9	9,36
	P2- circul. Atrio	56	26	0,026	1,46	1,00	0,03	8	11,65	6	8,74	12	17,47
	P1- aulas frente	40	26	0,026	1,04	1,00	0,03	8	8,32	4	4,16	9	9,36
	PB- quiosco	8	26	0,026	0,21	1,00	0,03	6	1,25	6	1,25	6	1,25
	PB- semicubierto	36	26	0,026	0,94	1,00	0,03	1	0,94	1	0,94	1	0,94
Lámpara PLC 18 W	PB- sanitarios	20	18	0,018	0,36	1,00	0,02	6	2,16	6	2,16	6	2,16
	PB- sanitarios	10	18	0,018	0,18	1,00	0,02	6	1,08	6	1,08	6	1,08
	P1- sanitarios	40	18	0,018	0,72	1,00	0,02	6	4,32	6	4,32	6	4,32
	P2- sanitarios	40	18	0,018	0,72	1,00	0,02	6	4,32	6	4,32	6	4,32
Luminarias vigía de noche	general	12	40	0,04	0,48	1,00	0,04	12	5,76	12	5,76	12	5,76
Lámparas halógenas	Cerchas madera	6	500	0,5	3,00	1,00	0,50	0,5	1,50	0	0,00	2	6,00
Reflectores hacia techo	techo madera	10	500	0,5	5,00	1,00	0,50	0,5	2,50	0,5	2,50	0,5	2,50
													0,00
Reflectores en escalera	escalera princ.	4	500	0,5	2,00	1,00	0,50	0,5	1,00	0,5	1,00	0,5	1,00
													0,00
Reflectores patio	patio	10	150	0,15	1,50	1,00	0,15	0,5	0,75	0,5	0,75	2	3,00
					46,42				263,32		228,89		312,30
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN													
Ventiladores													
	aulas	96	60	0,06	5,76	1,00	0,06			8	46,08		
	oficinas	10	60	0,06	0,60	1,00	0,06			8	4,80		
	SUM	12	60	0,06	0,72	1,00	0,06			8	5,76		
Equipos Split													
Equipo piso techo 12 Frig.													
	aula computacion	2	5000	5	10,00	0,30	1,50			5	15,00		
	biblioteca	1	5000	5	5,00	0,30	1,50			5	7,50		
	Split 2500 frig	5	900	0,9	4,50	0,30	0,27			5	6,75		
					26,58						85,89		
COCINA/QUIOSCO													
	Heladeras	2	300	0,30	0,60	0,20	0,06	24	2,88	24	2,88	24	2,88
	Freezer	1	300	0,30	0,30	0,20	0,06	24	1,44	24	1,44	24	1,44
	Extractor de humos	1	1110	1,11	1,11	1,00	1,11	5	5,55	5	5,55	5	5,55
	Termotanque electrico 30 l.	1	1500	1,50	1,50	1,00	1,50	2	3,00	2	3,00	2	3,00
	Microondas	15	1000	1,00	15,00	1,00	1,00	0,5	7,50	0,5	7,50	0,5	7,50
	Expendidora de gaseosas	1	1200	1,20	1,20	0,20	0,24	24	5,76	24	5,76	24	5,76
	Pava eléctrica	2	900	0,90	1,80	1,00	0,90	0,5	0,90	0,5	0,90	0,5	0,90
	Cafetera	1	900	0,90	0,90	1,00	0,90	1	0,90	1	0,90	1	0,90
					22,41				27,93		27,93		27,93
SALA DE MÁQUINAS													
	Bomba de caldera	1	3000	3	3,00	1,00	3,00	0	0,00	0	0,00	5	15,00
	Bomba incendio	1	7360	7,36	7,36	1,00	7,36	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	Bomba de agua	2	1100	1,1	2,20	1,00	1,10	1	2,20	1	2,20	1	2,20
	Bomba cloacal	1	1100	1,1	1,10	1,00	1,10	2	2,20	2	2,20	2	2,20
	Bomba pluvial	1	1100	1,10	1,10	1,00	1,10	2	2,20	2	2,20	2	2,20
					14,76				6,60		6,60		21,60

ESCUELA Nº8													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (2/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/ hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO													
PC escritorio	aulas	5	150	0,15	0,75	1,00	0,15	1	0,75	1	0,75	1	0,75
	sala computación	20	150	0,15	3,00	1,00	0,15	3	9,00	3	9,00	3	9,00
	oficinas	15	150	0,15	2,25	1,00	0,15	4	9,00	4	9,00	4	9,00
PC portátil	carro móvil	10	50	0,05	0,50	1,00	0,05	1	0,50	1	0,50	1	0,50
Proyector		7	100	0,1	0,70	1,00	0,10	1	0,70	1	0,70	1	0,70
Monitores / TV	hall	1	150	0,15	0,15	1,00	0,15	8	1,20	8	1,20	8	1,20
Parlantes en aulas	aulas	7	50	0,05	0,35	1,00	0,05	1	0,35	1	0,35	1	0,35
Server		1	450	0,45	0,45	1,00	0,45	24	10,80	24	10,80	24	10,80
Router		5	18	0,018	0,09	1,00	0,02	24	2,16	24	2,16	24	2,16
Cargador celulares		15	5	0,005	0,08	1,00	0,01	5	0,38	5	0,38	5	0,38
central telefónica		1	230	0,23	0,23	1,00	0,23	24	5,52	24	5,52	24	5,52
Circuito de seguridad cámaras		12	4	0,004	0,05	1,00	0,00	24	1,15	24	1,15	24	1,15
Fotocopiadora		1	650	0,65	0,65	1,00	0,65	0,5	0,33	0,5	0,33	0,5	0,33
Impresora		1	350	0,35	0,35	1,00	0,35	1	0,35	1	0,35	1	0,35
					9,59				42,18		42,18		42,18

ESCUELA Nº8						
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL						
	Consumo diario media estación		Consumo diario verano		Consumo diario invierno	
	KWh	%	KWh	%	KWh	%
Iluminación	263	77	229	58	312	77
Refrigeración		0	86	22		
Calefacción		0				0
Cocina	28	8	28	7	28	7
Sala de máquinas	7	2	7	2	22	5
Equip. escolar admin.	42	12	42	11	42	10
TOTAL	340	100	391	100	404	100

ESCUELA Nº8		
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL		
Uso final	consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	5616	76
Agua caliente sanitarios	720	10
Cocina	1080	15
Otros	0	
Total	7416	100

ESCUELA Nº8			
CONSUMO DE GAS			
Equipos	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Caldera	azotea	1	140000
termotanque 50 l para lavabos de sanit.	azotea	1	4000
termotanque 125 l para lavabos de sanit.	azotea	1	8000
cocina con 4 hornallas y horno	quiosco	1	25000

Anexo 9

ESCUELA N°9													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/ hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
ILUMINACIÓN													
Tubos fluorescentes													
Lámpara fluorescente compacta	PB-sanit, dep	58	26	0,03	1,51	1,00	0,03	10,00	15,08	10,00	15,08	10,00	15,08
	PB- Circul.	92	26	0,03	2,39	1,00	0,03	5,00	11,96	4,00	9,57	10,00	23,92
	PA- sanit	24	26	0,03	0,62	1,00	0,03	10,00	6,24	10,00	6,24	10,00	6,24
	PA- escaleras	7	26	0,03	0,18	1,00	0,03	2,00	0,36	2,00	0,36	6,00	1,09
Tubo TL 5 14W	PB-Aulas	108	14	0,01	1,51	1,00	0,01	5,00	7,56	4,00	6,05	8,00	12,10
	PA- balcon ext	3	14	0,01	0,04	1,00	0,01	2,00	0,08	1,00	0,04	4,00	0,17
Tubo 28 W	PB-oficinas	8	28	0,03	0,22	1,00	0,03	9,00	2,02	9,00	2,02	9,00	2,02
	PA- aulas y ofic.	92	26	0,03	2,39	1,00	0,03	5,00	11,96	4,00	9,57	8,00	19,14
	PA- circul y sanit	62	26	0,03	1,61	1,00	0,03	4,00	6,45	2,00	3,22	8,00	12,90
Reflectores exteriores	exterior	5	150	0,15	0,75	1,00	0,15	12	9,00	12	9,00	12	9,00
					11,24				61,71		61,15		101,64
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN													
Equipos Split													
No inverter 2300 Frig Ef. A	PB- ofic	2	990	0,99	1,98	0,25	0,25	0,00	0,00	9,00	4,46	8,00	3,96
	PA-ofic	3	990	0,99	2,97	0,25	0,25	0,00	0,00	9,00	6,68	8,00	5,94
No inverter 3000 Frig Ef. A	PB-aulas	8	1150	1,15	9,20	0,25	0,29	0,00	0,00	10,00	23,00	6,00	13,80
	PA-aulas	10	1150	1,15	11,50	0,25	0,29	0,00	0,00	10,00	28,75	6,00	17,25
					25,65				0,00		62,89		40,95
SALA DE MÁQUINAS													
Bomba de agua		2	740	0,74	1,48	1,00	0,74	1,00	1,48	1,00	1,48	1,00	1,48
Bombas cloaca		1	740	0,74	0,74	1,00	0,74	1,00	0,74	1,00	0,74	1,00	0,74
					2,22				2,22		2,22		2,22
EQUIPAMIENTOS VARIOS													
PC escritorio	oficinas	6	100	0,10	0,60	1,00	0,10	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00
PC portátil		3	50	0,05	0,15	1,00	0,05	2,00	0,30	2,00	0,30	2,00	0,30
Proyector		8	100	0,10	0,80	1,00	0,10	1,00	0,80	1,00	0,80	1,00	0,80
Monitores / TV									0,00				
Parlantes en aulas	aulas	8	50	0,05	0,40	1,00	0,05	1,00	0,40	1,00	0,40	1,00	0,40
Server		1	450	0,45	0,45	1,00	0,45	24,00	10,80	24,00	10,80	24,00	10,80
Router		4	18	0,02	0,07	1,00	0,02	24,00	1,73	24,00	1,73	24,00	1,73
Fotocopiadora		1	1200	1,20	1,20	1,00	1,20	1,00	1,20	1,00	1,20	1,00	1,20
Dispenser Agua Fría y cal.		2	100	0,10	0,04	0,30	0,03	24,00	0,80	24,00	0,80	24,00	0,80
Heladera	sala maestros	1	300	0,30	0,30	0,20	0,06	24,00	1,44	24,00	1,44	24,00	1,44
Cafetera	sala maestros	1	900	0,90	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90
Jarra Eléctrica		1	900	0,90	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90
Microondas		4	1000	1,00	4,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	4,00
					9,81				26,27		26,27		26,27

ESCUELA N°9						
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL						
	Consumo diario media estación		Consumo diario verano		Consumo diario invierno	
	KWh	%	KWh	%	KWh	%
Iluminación	62	68	61	40	102	59
Refrigeración		0	63	41		
Calefacción					41	24
Cocina						
Sala de máquinas	2	2	2	1	2	1
Equip. escolar admin.	26	29	26	17	26	15
TOTAL	90	100	153	100	171	100

Anexo 10

ESCUELA Nº10

CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1/2)

Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
ILUMINACIÓN													
Tubos fluorescentes													
Tubo fluorescente 36 W													
	PB-5 aulas	30	36	0,036	1,08	1,00	0,04	9,00	9,72	10,00	10,80	10,00	10,80
	PB-recepción	6	36	0,036	0,22	1,00	0,04	9,00	1,94	10,00	2,16	10,00	2,16
	PB- circulación	16	36	0,036	0,58	1,00	0,04	9,00	5,18	10,00	5,76	10,00	5,76
	P1 oficinas	5	36	0,036	0,18	1,00	0,04	9,00	1,62	10,00	1,80	10,00	1,80
	P1- circulación	15	36	0,036	0,54	1,00	0,04	9,00	4,86	10,00	5,40	10,00	5,40
	P1- SUM	30	36	0,036	1,08	1,00	0,04	1,00	1,08	1,00	1,08	1,00	1,08
	P1- Biblioteca	2	36	0,036	0,07	1,00	0,04	1,00	0,07	1,00	0,07	1,00	0,07
	P1- Puente	18	36	0,036	0,65	1,00	0,04	1,00	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65
Tubo fluorescente 58 W													
	PB-5 aulas	30	58	0,058	1,74	1,00	0,06	9,00	15,66	9,00	15,66	9,00	15,66
	PB-recepción	6	58	0,058	0,35	1,00	0,06	9,00	3,13	9,00	3,13	9,00	3,13
	PB- circulación	24	58	0,058	1,39	1,00	0,06	9,00	12,53	9,00	12,53	9,00	12,53
	PB- escalera circ	4	58	0,058	0,23	1,00	0,06	9,00	2,09	9,00	2,09	9,00	2,09
	PB-escalera	4	58	0,058	0,23	1,00	0,06	9,00	2,09	9,00	2,09	9,00	2,09
	PB- 2 aulas	9	58	0,058	0,52	1,00	0,06	9,00	4,70	9,00	4,70	9,00	4,70
	PB-2 oficinas	10	58	0,058	0,58	1,00	0,06	9,00	5,22	9,00	5,22	9,00	5,22
	PB-circ	5	58	0,058	0,29	1,00	0,06	9,00	2,61	9,00	2,61	9,00	2,61
	PB-sanitarios	4	58	0,058	0,23	1,00	0,06	9,00	2,09	9,00	2,09	9,00	2,09
	P1- 6 aulas	72	58	0,058	4,18	1,00	0,06	9,00	37,58	9,00	37,58	9,00	37,58
	P1- oficinas	6	58	0,058	0,35	1,00	0,06	9,00	3,13	9,00	3,13	9,00	3,13
	P1- circulación	17	58	0,058	0,99	1,00	0,06	9,00	8,87	9,00	8,87	9,00	8,87
	PB- escalera circ	4	58	0,058	0,23	1,00	0,06	9,00	2,09	9,00	2,09	9,00	2,09
	PB-escalera	4	58	0,058	0,23	1,00	0,06	9,00	2,09	9,00	2,09	9,00	2,09
Halogenas 27 W													
	PB-sanitarios	2	27	0,027	0,05	1,00	0,03	9,00	0,49	9,00	0,49	9,00	0,49
	P1-sanitarios	4	27	0,027	0,11	1,00	0,03	9,00	0,97	9,00	0,97	9,00	0,97
	Terraza	8	27	0,027	0,22	1,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					16,31				130,46		133,06		133,06
REFRIGERACIÓN/ CALEFACCIÓN													
Ventiladores													
			60	0,06	0,00	1,00	0,06						
Equipos Split													
No inverter 2300 Frig	oficinas	6	990	0,99	5,94	0,30	0,30			10,00	17,82		
No inverter 3000 Frig	aulas	13	1200	1,2	15,60	0,30	0,36			10,00	46,80		
	recepción	1	1200	1,2	1,20	1,30	1,56			10,00	15,60		
A.C. 12000 Frigorias	SUM	2	6463	6,46	12,93	0,30	1,94			10,00	38,78		
Calefactor mural ecosol	SUM	2	450	0,45	0,90	0,50	0,23					10,00	4,50
					35,67						119,00		4,50
COCINA EN SUM													
Horno eléctrico Pauna	cocina	1	5400	5,4	5,40	0,20	1,08	0,50	0,54	0,50	0,54	0,50	0,54
Horno eléctrico Atma	cocina	1	2700	2,7	2,70	1,00	2,70	0,50	1,35	0,50	1,35	0,50	1,35
Heladera	cocina	1	300	0,3	0,30	0,20	0,06	24,00	1,44	24,00	1,44	24,00	1,44
Cafetera	cocina	1	900	0,9	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90
Jarra Eléctrica	cocina	1	900	0,9	0,90	1,00	0,90	2,00	1,80	2,00	1,80	2,00	1,80
Microondas	cocina	4	1000	1	4,00	1,00	1,00	0,50	2,00	0,50	2,00	0,50	2,00
					14,20				8,03		8,03		8,03
SALA DE MÁQUINAS													
Bombas de agua	SS	1	740	0,74	0,74	1,00	0,74	2,00	1,48	2,00	1,48	2,00	1,48
Bombas calderas	terrazza	3	80	0,08	0,24	1,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	2,88
Motor ascensor 16 HP	terrazza	1	11931	11,93	11,93	1,00	11,93	0,25	2,98	0,25	2,98	0,25	2,98
					12,91				4,46		4,46		7,34

ESCUELA Nº10													
CONSUMO DE ELECTRICIDAD (2/2)													
Artefacto	Ubicación	Cantidad	Potencia		Potencia instalada kW	factor consumo /hora	Consumo/hora kWh	Consumo media estación		Consumo verano		Consumo invierno	
			Watts	kW				Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día	Total horas/día	Consumo diario kWh/día
EQUIPAMIENTO ESCOLAR Y ADMINISTRATIVO													
PC escritorio													
	aulas	1	150	0,15	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15
	oficinas	6	150	0,15	0,90	1,00	0,15	5,00	4,50	5,00	4,50	5,00	4,50
Proyector	aulas	1	200	0,2	0,20	1,00	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
Parlantes en aulas	aulas	10	50	0,05	0,50	1,00	0,05	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00
Monitores / TV		0	100	0,1	0,00	1,00	0,10	3,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00
Server		1	100	0,1	0,10	1,00	0,10	24,00	2,40	24,00	2,40	24,00	2,40
Router		4	5	0,005	0,02	1,00	0,01	24,00	0,48	24,00	0,48	24,00	0,48
Cargador smart phone		10	5	0,005	0,05	1,00	0,01	5,00	0,25	5,00	0,25	5,00	0,25
teléfonos		8	10	0,01	0,08	1,00	0,01	24,00	1,92	24,00	1,92	24,00	1,92
Circuito cerrado cámaras		2	10	0,01	0,02	1,00	0,01	24,00	0,48	24,00	0,48	24,00	0,48
Fotocopiadora		0	650	0,65	0,00	1,00	0,65	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00
Impresora		1	350	0,35	0,35	1,00	0,35	0,50	0,18	0,50	0,18	0,50	0,18
					2,37				11,76		11,76		11,76

ESCUELA Nº10						
CONSUMO DE ELECTRICIDAD DIARIO SEGÚN USO FINAL						
Uso Final	Consumo diario en media estación		Consumo diario en verano		Consumo diario en invierno	
	KWh	%	KWh	%	KWh	%
Iluminación	130	84	133	48	133	81
Refrigeración		0	119	43		
Calefacción		0			5	3
Cocina	8	5	8	3	8	5
Sala de máquinas	4	3	4	2	7	4
Equip. escolar admin.	12	8	12	4	12	7
TOTAL	155	100	276	100	165	100

ESCUELA Nº10		
CONSUMO ANUAL DE GAS SEGÚN USO FINAL		
Uso final	Consumo gas anual (m3)	%
Calefacción	6141	75
Agua caliente	2000	25
Cocina		
Otros		
Total	8141	100

ESCUELA Nº10			
CONSUMO DE GAS			
Equipos	Ubicación	Cantidad	kcal/h
Caldera mural Baxi Eco 3 Compact 1240 iR	azotea	3	19800
Termotanques Rheem alta potencia de 160l para sanitarios y piletas de aulas	azotea	4	8000