



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**GESTIÓN DE DEMANDA EN EDIFICIOS EN EL CONTEXTO DE LA LEY
21.305 SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL ELÉCTRICA

AMANDA IGNACIA JOFRÉ ESCÁRATE

PROFESOR GUÍA:
PATRICIO MENDOZA ARAYA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
CONSTANZA AHUMADA SANHUEZA
FRANCISCO RIVERA SERRANO

SANTIAGO DE CHILE
2022

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
ELÉCTRICA
POR: AMANDA IGNACIA JOFRÉ ESCÁRATE
FECHA: 2022
PROF. GUÍA: PATRICIO MENDOZA

GESTIÓN DE DEMANDA EN EDIFICIOS EN EL CONTEXTO DE LA LEY 21.305 SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Dado que en febrero del año 2021, se promulgo la nueva ley de eficiencia, donde se propone el primer plan nacional de eficiencia energética con el propósito de reducir en un 10 % la intensidad energética para el 2030 en comparación con el 2019, se propone estudiar la gestión de demanda en edificios para lograr cumplir con las metas de este plan. La gestión de demanda trabaja desde el lado del cliente, se logra de distintas maneras, una de ellas es coordinar los bloques de demanda energética, para que estos se distribuyan a lo largo del día, es decir, influir en los hábitos de consumo de las personas, logrando una reducción de consumo. En la presente memoria se planea hacer una revisión de la nueva ley de eficiencia, entender a cabalidad que implica y que otras leyes están relacionadas, estudiar las distintas estrategias de gestión de demanda y ver cómo esta lograría una reducción de consumo en edificios en el contexto de esta ley.

Dentro de la ley de eficiencia existe un punto que afecta directamente a las grandes empresas, donde se menciona que estas deben generar sistemas de gestión de energía, además de informar sus consumos anualmente. Debido a esto, se realizará un estudio y posterior gestión de demanda en una estación de servicio de la cadena Copec. A modo piloto se realizó un monitoreo de 6 meses en la estación de servicio de Vitacura, esto para ver si se consiguen ahorros considerables para replicar en otras estaciones a lo largo de Chile.

El aire acondicionado es un elemento que consume aproximadamente un 21 % del total de energía de la estación de servicio, es decir, 1/5 de la energía esta dedicada a esta, al realizar un estudio de este elemento se puede ver que este consume en la noche, siendo que en ese horario no hay personas al interior del local, produciendo un gasto innecesario. Para esto se realiza una gestión manual de este, realizando un encendido y apagado según el horario de funcionamiento.

Al finalizar los 6 meses de monitoreo y seguimiento del caso, se puede comprobar que existe un ahorro significativo mensualmente, de aproximadamente 27 %. Al obtener este resultado se puede ver que existe mucha dispersión de datos durante la noche, lo que se debe a días en que hubo olvido de apagado del aire o cambio en la hora de encendido u apagado. Es por esto que a partir de estos datos, se simula como hubiera sido el ahorro si la gestión hubiese sido automática, dando ahorros promedio de 29,6 %.

Las mujeres tenemos un gran futuro por delante, no se rindan.

Saludos

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia por estar ahí siempre, apoyarme incondicionalmente y sobre todo la confianza que me tuvieron de dejarme volar de casa y mudarme de ciudad para poder estudiar lo que me gustaba. El haber tenido que cruzar esta etapa a más de 1200 km de casa sin duda fue un desafío más a una etapa que ya es difícil por si sola, pero que me ayudó a crecer en el ámbito personal. Mi mamá tenía razón cuando me decía que extrañaría sus comidas, las cazuelas que me comía de mala gana y ¡claro que las extrañe!, cada vez que venía a visitarme y me preguntaba que quería comer, le pedía cazuela o pollo arvejado. A mi papá por estar preocupado de que no me faltara nada, de que tuviera comida en el refrigerador, que me comprara dulces para alegrar las noches de estudio y que por supuesto no me faltara el café. A mi hermano que, a pesar de que no conversábamos tanto, sabía que su ayuda estaría cada vez que se la pidiera.

En segundo lugar, pero también muy importante, a mis amigos de la universidad, Gino, Oscar, Sergio, Panky y Tamara, sin duda mi paso por la universidad no hubiera sido el mismo sin ustedes. A pesar de que estuviéramos en especialidades distintas, sus juntas los viernes o en las tardes no faltaban, y los almuerzos donde nos distraíamos de las tareas y controles. A mis compañeros de eléctrica, con los que estude bastante y en varios ramos, Tamara agradecida por siempre de que me heredaras tus apuntes de eléctrica, Sergio por apañar en SEP, laboratorio de energía y mercados eléctricos, Max por las juntas de estudio para tracción eléctrica, Paz por ser mi partner en varios ramos y en estos momentos de escritura de memoria, vamos que la logramos. Lástima que la pandemia nos quitó 2 años de almuerzos y juntas post universidad. También a mis amigos de Calama, en especial al guatón por estar ahí siempre, a la Cata y el Seba por sus juntas a tomar chelitas.

En tercer lugar, a mis profesores de plan común y especialidad, destacando al profesor Patricio Mendoza, quien dictó el curso de Conversión de la Energía y Sistemas Eléctricos"siendo el primer ramo después de una crisis vocacional que pudo despertar mis ganas de aprender y la curiosidad de esa área, además por ser mi profesor guía en este trabajo, agradecida de sus consejos y comprensión durante este proceso. También al profesor Rodrigo Palma, quien dictó el curso "Mercados Internacionales de la Energía", ramo que oriento aún más mi vocación por el área de potencia y a que quería dedicarme cuando trabajara. También agradecer a los miembros de mi comisión: profesora Constanza Ahumada por sus consejos y disponibilidad de ayudarme y al profesor Francisco Rivera por su comprensión en las clases online y mi mala suerte por perder el internet por la lluvia el día que debía presentar avances.

Por último, a la empresa Clickie, la cual me permitió trabajar y además poder utilizar la data recopilada para la presente memoria.

Tabla de Contenidos

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos generales	2
1.3. Objetivos específicos	2
1.4. Alcances	2
1.5. Estructura del documento	2
2. Marco teórico y estado del arte	3
2.1. Conceptos:	3
2.1.1. Electricidad	3
2.1.2. Tipos de cargas eléctricas	3
2.1.3. Fuentes de energía eléctrica	5
2.1.4. Matriz energética en Chile	5
2.1.5. Eficiencia energética	6
2.2. Ley de eficiencia energética 21.305	6
2.2.1. Sobre la ley	6
2.2.2. Relación con leyes anteriores:	6
2.3. Gestión de demanda	8
2.4. Cargas gestionables	9
2.4.1. Cargas flexibles y no flexibles	9
2.4.2. Cargas controlables e incontrolables	9
2.4.3. Cargas desplazables y no desplazables	9
2.5. Clasificación acciones	10
2.6. Estado del arte	11
2.6.1. BMS: Building Management Systems	11
2.6.2. Certificación LEED: Leadership in Energy and Environmental Design	11
2.6.3. Acuerdo de París	12
2.6.4. NDC 2020 Chile	13
3. Metodología de trabajo y desarrollo	14
3.1. Metodología	14
3.1.1. Metodología general	14
3.1.2. Metodología específica	15
3.2. Desarrollo	16
3.2.1. Sobre el proyecto:	16
3.2.2. Dinámica del proyecto	16
3.2.3. Metodología de trabajo	16

3.2.4.	Trabajos realizados	20
3.2.5.	Gestión de demanda manual	20
3.2.6.	Gestión de demanda automática	21
3.2.7.	Modelo matemático a utilizar	21
3.2.8.	Aire acondicionado	21
4.	Resultados y análisis	22
4.1.	Gestión de demanda manual del aire acondicionado	22
4.1.1.	Noviembre	22
4.1.2.	Diciembre	24
4.1.3.	Enero	26
4.1.4.	Febrero	28
4.1.5.	Marzo	30
4.1.6.	Abril	32
4.1.7.	Comparación entre EDS	36
4.2.	Gestión de demanda manual del aire acondicionado	37
4.2.1.	Expansión a la comuna	44
4.3.	Alcances en la ley	44
5.	Conclusiones y trabajos futuros	46
5.1.	Conclusiones	46
5.2.	Trabajos futuros	46
	Bibliografía	48

Índice de Tablas

2.1.	Cargas no desplazables [7]	10
2.2.	Cargas desplazables [7]	10
3.1.	Horario de apertura EDS Vitacura	16
4.1.	Comparación consumo energético mensual del aire acondicionado actual con el año anterior	35
4.2.	Comparación gasto en consumo energético mensual del aire acondicionado actual con el año anterior	36
4.3.	Comparación consumos mensuales entre el caso base y la gestión automática. .	40
4.4.	Comparación consumos mensuales entre la gestión manual y la gestión automática.	40
4.5.	Comparación gasto en consumo energético mensual del aire acondicionado en el caso base, caso con gestión manual y gestión automática	41
4.6.	Consumo del 11 de noviembre para los 3 casos	43
4.7.	Costo total del consumo energético para los 3 casos, expandidos a las 7 EDS presentes en Vitacura	44

Índice de Ilustraciones

2.1.	Imagen con los tipos de cargas existentes y el comportamiento de su corriente y voltaje. [8]	4
2.2.	Volumen de energía generada [GWh] por fuentes renovables presentes en Chile. [4]	5
2.3.	Mapa conceptual de elaboración propia sobre las leyes asociadas a la ley de eficiencia, mencionado el ministerio al cual pertenecen.	8
2.4.	Tabla con los diferentes tipo de proyectos que se desea desarrollar para los diferentes sistemas de certificación. [19]	12
2.5.	Niveles de certificación LEED existentes. [19]	12
3.1.	Diagrama de flujo con la metodología general.	14
3.2.	Diagrama de flujo con la metodología específica.	15
3.3.	Ubicación EDS Vitacura.	16
3.4.	Plan para proyecto a realizar en la EDS Vitacura.	17
3.5.	Consumos EDS Vitacura en el mes de octubre 2019.	18
3.6.	Consumos aire acondicionado en el mes de octubre 2019.	19
3.7.	Ejemplo de gráfica enviada al personal.	20
4.1.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de noviembre para los casos base y con gestión manual	23
4.2.	Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de noviembre.	24
4.3.	Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de noviembre.	24
4.4.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de diciembre para los casos base y con gestión manual	25
4.5.	Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de diciembre.	26
4.6.	Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de diciembre.	26
4.7.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de enero para los casos base y con gestión manual	27
4.8.	Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de enero.	28
4.9.	Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de enero.	28
4.10.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de febrero para los casos base y con gestión manual	29
4.11.	Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de febrero.	30

4.12.	Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de febrero.	30
4.13.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de marzo para los casos base y con gestión manual	31
4.14.	Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de marzo.	32
4.15.	Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de marzo.	32
4.16.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de abril para los casos base y con gestión manual	33
4.17.	Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de abril.	34
4.18.	Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de abril.	34
4.19.	Gráfica que compara el total consumido mensualmente del aire acondicionado entre el caso base y el caso con la gestión manual.	35
4.20.	Gráfica que compara el consumo diario entre la EDS de Vitacura y Chillán. . .	36
4.21.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de noviembre para el caso con gestión automático.	37
4.22.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de diciembre para el caso con gestión automático.	38
4.23.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de enero para el caso con gestión automático.	38
4.24.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de febrero para el caso con gestión automático.	39
4.25.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de marzo para el caso con gestión automático.	39
4.26.	Gráficos de cajas del consumo horario del mes de abril para el caso con gestión automático.	40
4.27.	Gráfica que compara el consumo mensual entre la gestión manual y la gestión automática	41
4.28.	Gráfica de l consumo del aire acondicionado el día 11 de noviembre.	42
4.29.	Gráfica de la temperatura al interior de la EDS el día 11 de noviembre.	42
4.30.	Gráfica de la temperatura promedio al interior de la EDS del mes de noviembre del caso base y el caso con gestión manual.	43

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

La eficiencia energética ha sido un tema que está cobrando más relevancia a medida que pasa el tiempo, el cuidado del medio ambiente es un tema muy fuerte y levanta la preocupación de muchos, incluso de las autoridades.

Una de las acciones a nivel global para el cuidado del cambio climático fue el acuerdo de París en el año 2015, donde se firmó un tratado el cual tiene por objetivo limitar el calentamiento mundial por debajo de 2 idealmente 1,5 grados centígrados en comparación con los niveles preindustriales. Este tratado pretende frenar el cambio climático y así lograr un futuro más eficiente.

Según al acuerdo de París el 2020 los países asociados presentaron sus planes de acción para frenar este cambio, plan conocido como NDC Contribuciones Determinadas a nivel Nacional. En Chile se presenta un plan con presupuestos para los años 2030, 2040 y 2050, presupuestos que se darán a los distintos ministerios

El ministerio de energía promulga la ley de eficiencia 21.305, ley clave para poder dar paso a la carbono neutralidad para el 2050, en la cual se plantea el primer plan de eficiencia energética que plantea reducir en un 10 % la energía al 2030 respecto al 2019.

Dentro de esta ley se plantea un punto que afecta directamente a las grandes empresas, donde se plantea que estas deben generar sistemas de gestión de demanda, además de informar sus consumos anualmente de manera obligatoria.

Finalmente, para dar una aplicación desde la ingeniería a los puntos antes mencionados, se realizará un plan piloto de gestión de demanda durante 6 meses en una estación de servicio perteneciente a Copec, empresa distribuidora de combustibles en nuestro país. El objetivo de este plan piloto es mejorar la eficiencia energética y apoyar a Copec en el cumplimiento de la Ley y los objetivos mundiales a los cuales Chile se ha comprometido.

1.2. Objetivos generales

El objetivo de la presente memoria es realizar una evaluación sobre la gestión de demanda en una estación de servicio de la empresa Copec y cómo ésta ayudaría en el cumplimiento de la nueva ley de eficiencia energética.

1.3. Objetivos específicos

En específico se espera lo siguiente:

- Estudiar los alcances de la ley, que leyes y que ministerios están asociados.
- Analizar los consumos de los edificios, identificar los consumos más altos y proponer soluciones para reducirlos.
- Evaluar diferentes estrategias de gestión de demanda para seleccionar la opción óptima a utilizar para gestionar en un edificio.
- Identificar el alcance que de la estrategia de gestión propuesta con respecto a la ley de eficiencia.

1.4. Alcances

Los alcances de la presente memoria son los siguientes:

- Gestión de demanda dentro de la ley de eficiencia.
- Crear un modelo matemático mínimo necesario para probar numéricamente la teoría.
- Identificar los alcances de esta gestión dentro del contexto de la ley 21.305.

1.5. Estructura del documento

El presente trabajo contiene 6 capítulos que se presentan brevemente a continuación:

- EL capítulo 1 es la introducción, presenta la motivación, los objetivos y los alcances.
- El capítulo 2 corresponde a la revisión bibliográfica t el marco conceptual, donde se explican los conceptos básicos para entender la memoria, se explica la ley de eficiencia y el estado del arte.
- En el capítulo 3, se presentan la metodología del trabajo y el desarrollo de esta, se presenta el caso de estudio y el modelo matemático a utilizar.
- Luego se presenta el capitulo 5, donde se muestran los resultados y el análisis de estos
- Para terminar, el capítulo 6 explica las conclusiones más importantes de este trabajo y los trabajos futuros de este.

Capítulo 2

Marco teórico y estado del arte

El presente capítulo tiene por objetivo realizar una revisión bibliográfica de los conceptos principales a comprender para entender a cabalidad el desarrollo de la memoria. Se revisan los principales objetivos de la ley 21.305, las leyes que están asociadas a esta, además de conceptos fundamentales como la gestión de demanda y la eficiencia energética, por último, se da una breve revisión al estado del arte actual.

2.1. Conceptos:

2.1.1. Electricidad

La electricidad es un fenómeno físico que está relacionado con el movimiento de electrones. Al tener un material conductor, como un cable, los electrones pueden fluir a través de este generando corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica se puede transformar y aprovecharse de distintas maneras: [1]

- Energía calorífica
- Energía lumínica
- Energía mecánica

Como la corriente eléctrica puede transformarse en distintos tipos de energía, esto se puede realizar de manera inversa, los distintos tipos de energía pueden transformarse en energía eléctrica y es así como se genera electricidad.

2.1.2. Tipos de cargas eléctricas

Las cargas eléctricas son parte de un circuito eléctrico que transforma la corriente en otro tipo de energía, es decir, de energía eléctrica puede pasar a energía lumínica, energía calórica, entre otros, esto es según el requerimiento. [6]

Las cargas eléctricas se pueden dividir según su naturaleza o tipo de carga que representa en el sistema de potencia. Según su naturaleza se encuentran 3 tipos, las cuales se diferencian en como consumen la corriente alterna AC:

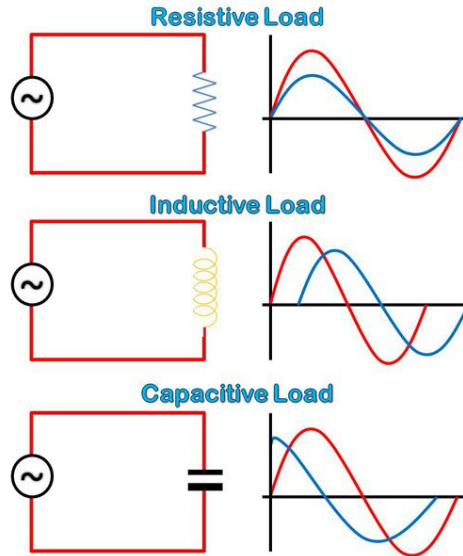


Figura 2.1: Imagen con los tipos de cargas existentes y el comportamiento de su corriente y voltaje. [8]

- Resistiva: La carga resistiva es aquella carga que transforma la energía eléctrica en calor, no produce movimiento. Ejemplo de estas cargas son las lámparas, los hervidores, entre otros. La carga resistiva produce calor, dependiendo de la corriente que pase a través de ella. Esta carga tiene al voltaje y corriente en la misma fase, esto se puede ver en la figura 2.1, además su ecuación es la siguiente:

$$V = R \cdot I \quad (2.1)$$

- Inductiva: Las cargas que alimentas los motores eléctricos son las cargas inductivas, en este caso la corriente y voltaje van desfasados, cuando el voltaje alcanza su punto máximo la corriente recién va subiendo para alcanzar su punto máximo, es decir, el voltaje adelanta a la corriente. Las cargas inductivas se pueden encontrar en aspiradoras, lavadoras, aires acondicionados, entre otros. Su ecuación es la siguiente:

$$V = L \cdot \frac{du}{dt} \quad (2.2)$$

- Capacitiva: La carga capacitiva es contraria a la carga inductiva en el sentido que la corriente adelanta el voltaje, cuando la corriente alcanza su máximo, el voltaje va subiendo para alcanzar el suyo. Las cargas inductivas no se encuentran en equipos por si solas, estas son más bien utilizadas para controlar el uso de energía, un ejemplo es la utilización de condensadores para corregir el factor de potencia.

Su ecuación es la siguiente:

$$V = C \cdot \int Ldt \quad (2.3)$$

En la presente memoria se trabaja con la carga inductiva (aire acondicionado).

2.1.3. Fuentes de energía eléctrica

La energía eléctrica se puede producir a partir de distintas fuentes de energía, como se muestran a continuación: [2]

- Energía fotovoltaica: es la energía proveniente de la luz solar captada mediante celdas fotovoltaicas.
- Energía eólica: es la energía proveniente del viento, mediante molinos que giran sus aspas gracias a la fuerza del viento, se transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
- Energía hidráulica: es la energía proveniente de la fuerza del agua, esta mueve aspas generando energía mecánica que se transforma en energía eléctrica.
- Energía térmica: Esta energía proviene de la quema de combustibles, como el carbón, petróleo-diesel o combustible mixto, el cual genera un vapor que mueve una turbina, es decir energía mecánica se transforma en energía eléctrica.

Estas distintas fuentes son utilizadas para generar la energía eléctrica requerida. En Chile se tienen estas fuentes de energía a lo largo del país para poder suplir la demanda eléctrica existente, a continuación, se define y revisa la matriz energética del país.

2.1.4. Matriz energética en Chile

Una matriz energética se refiere al balance del consumo de energía producida desde distintas fuentes en un periodo de tiempo. En la figura 2.2 se puede observar la evolución de la matriz energética de Chile desde el año 2000 al 2021, donde se puede ver que para el año 2021 el 55% del volumen de energía generado proviene de energías no renovables. [3]

Capacidad instalada por fuente [MW]

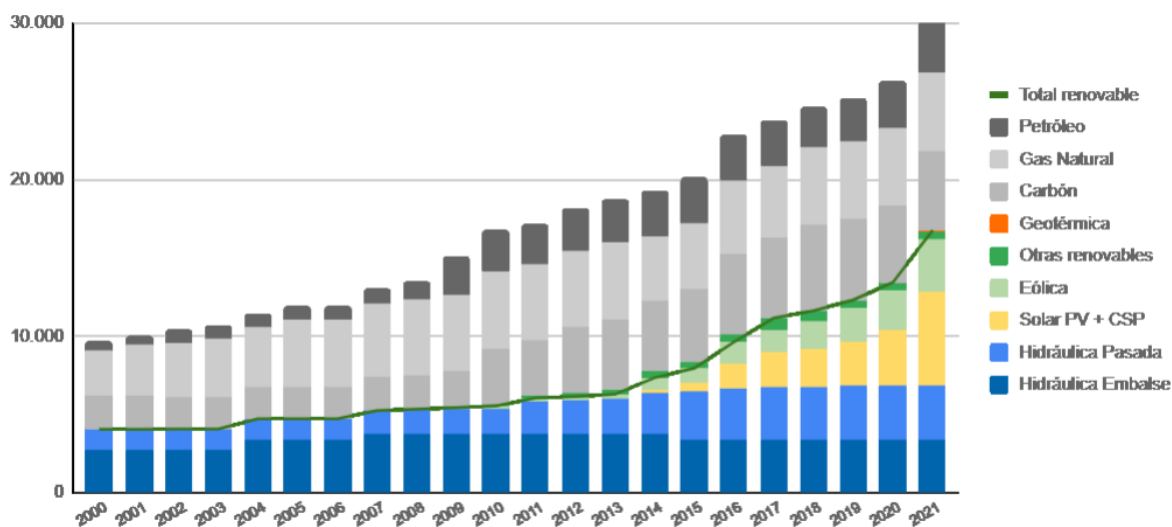


Figura 2.2: Volumen de energía generada [GWh] por fuentes renovables presentes en Chile. [4]

El hecho de que la matriz energética este compuesta de variadas fuentes de energías, tanto renovables como no renovables, se traduce en que la electricidad que ocupan los consumidores finales de esta red, utiliza electricidad que tiene cierto porcentaje con emisiones de CO₂.

2.1.5. Eficiencia energética

La eficiencia energética, como su nombre lo dice, es el uso eficiente de energía. Los artefactos son eficientes energéticamente cuando utilizan menos energía que el promedio para realizar dicha actividad, es decir, utilizar menos energía sin que los artefactos reduzcan su efectividad.[5]

Debido a que la matriz energética de Chile contiene más de un 50 % de energía proveniente de recursos no renovables, con la eficiencia energética se busca cuidar el medio ambiente reduciendo las emisiones de carbono.

2.2. Ley de eficiencia energética 21.305

2.2.1. Sobre la ley

La ley de eficiencia energética establece que se debe utilizar la energía de manera más eficiente, exigiendo principalmente los siguientes 4 puntos: [9]

- Las grandes empresas deben informar al ministerio de energía anualmente su consumo de energía del año anterior, esto es de carácter obligatorio. Además deben generar sistemas de gestión de energía y elaborar planes de acción, fijar metas, encontrar oportunidades de mejoras.
- Las nuevas viviendas, tanto casas como edificios, deben tener una calificación energética, la cual tiene como finalidad informar sobre la eficiencia energética de la edificación. Esta calificación debe estar disponible para el cliente y este debe conocerla antes de realizar el cierre de contrato. El ministerio de Vivienda y Urbanismo crea el Registro nacional de evaluaciones energéticas"para efectos de esta calificación.
- Se exigirán nuevos estándares de eficiencia energética que consistirán en metas de rendimiento energético en los vehículos nuevos, de esta manera se impulsará la electro movilidad.
- Se plantea elaborar el primer plan de eficiencia energética que propone una reducción en un 10 % de la energía para el 2030 en comparación al 2019. Este plan debe contener al menos los siguientes tópicos: eficiencia energética residencial; estándares mínimos y etiquetado de artefactos; eficiencia energética en la edificación y el transporte; eficiencia energética y ciudades inteligentes; eficiencia energética en los sectores productivos y educación y capacitación en eficiencia energética

2.2.2. Relación con leyes anteriores:

La Ley de eficiencia energética tiene asociada otras leyes dentro de ella. A continuación, se nombrarán las leyes abarcadas en la ley de eficiencia y en que artículo de esta están

mencionadas, además de su relación:

- **Ley 20.416:** Esta ley fija normas especiales para empresas de menor tamaño. Esta ley es mencionada en el **artículo 2**, la cual establece que las empresas deberán reportar anualmente al ministerio de energía sus consumos por uso de energía y su intensidad energética del año calendario anterior, no incluidas las empresas de menor tamaño. [10]
- **18.410:** Esta ley crea la SEC (superintendencia de electricidad y combustible). Es mencionada en el **Artículo 2** la que establece que la aplicación del artículo 2 y las sanciones correspondientes de sus infracciones corresponderán a la SEC. [11]
- **Ley 19.496:** Establece normas sobre protección de los derechos de los consumidores. Esta ley esta mencionada en el **Artículo 3** que habla sobre sobre la calificación energética, menciona que la etiqueta de eficiencia energética y el informe de calificación o precalificación energética, deben ponerse a disposición del comprador según corresponda. [12]
- **Ley 19.880:** Establece bases de los procedimientos administrativos que rigen los actos de los órganos de la administración del estado. Este ley es mencionada en el **Artículo 4** y menciona que, para efectos de la aplicación de la calificación energética, se crean sanciones para los evaluadores energéticos que no cumplan con las reglas nombradas en este artículo. Las sanciones, en caso de no cumplir con estas reglas, corresponden al ministerio de vivienda y urbanismo en conformidad con el procedimiento descrito en la ley 19.880. [13]
- **Ley N°1/19.653:** Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la ley n° 18.575, orgánica constitucional de bases generales de la administración del estado. Esta ley es mencionada en el **Artículo 5** pues habla sobre que las municipalidades, gobiernos regionales y entidades regidas por el título de la ley 19.653 deben velar por el buen uso de la energía de los inmuebles que ocupen y/o administren.[14]
- **Decreto ley N° 2.224:** Crea el ministerio de energía y la comisión nacional de energía. Esta ley es mencionada en el **Artículo 7:** el cual introduce modificaciones al decreto ley 2.224, agregando párrafos referidos a la eficiencia energética en autos livianos, medianos y pesados, la métrica a definir, dejar escrito que los responsables de cumplir el estándar son los importadores. [15]
- **Decreto ley N° 824:** Aprueba texto que indica de la ley sobre impuesto a la renta. Este decreto es mencionado en el **Artículo 8:** que establece que durante los próximos 10 años de la entrada en vigencia de la ley sobre eficiencia energética, los directores regionales estarán facultados para establecer una vida útil de 3 años para los referidos vehículos. [16]

En la figura 2.3 se muestra un mapa conceptual de las leyes mencionadas anteriormente y el ministerios asociada a la ley:

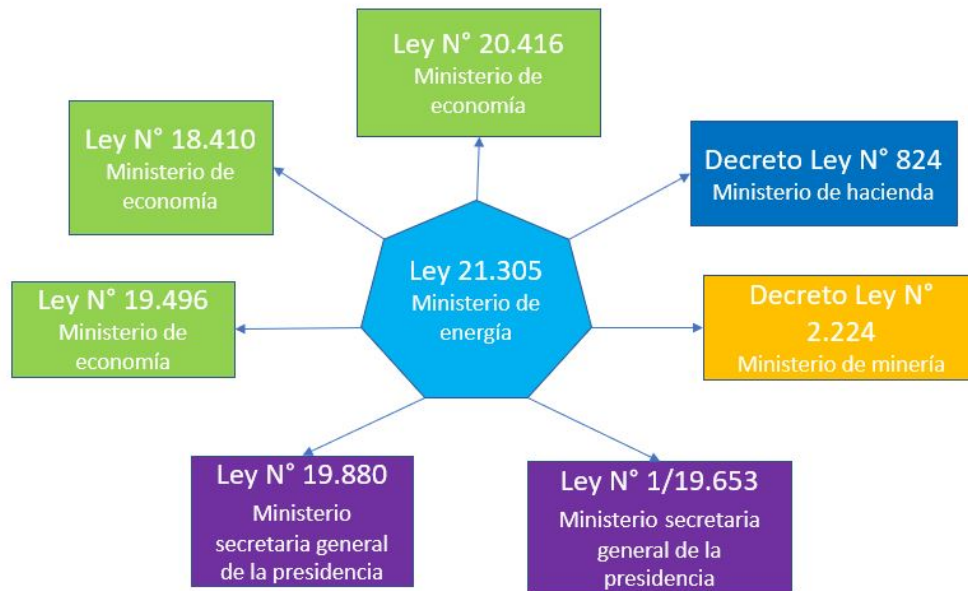


Figura 2.3: Mapa conceptual de elaboración propia sobre las leyes asociadas a la ley de eficiencia, mencionado el ministerio al cual pertenecen.

2.3. Gestión de demanda

La energía eléctrica es un elemento fundamental en cada país, gracias a esta se garantiza el bienestar social de sus habitantes y, además, hace funcionar la estructura económica. A medida que un país va creciendo económicamente, este requiere de una mayor demanda energética, el problema radica en que muchas veces los países no son conscientes de los problemas que pueden aparecer a medio y largo plazo si su crecimiento económico depende de un consumo desmesurado de energía.

Ante una alta demanda de energía se necesita una alta generación de energía, el problema es que muchas veces la infraestructura existente no soporta el aumento de demanda de manera inmediata; También hay que tener en cuenta que la electricidad no se puede almacenar a gran escala ni por largos periodos de tiempo. Otro punto a tener en cuenta es que el suministro eléctrico y la demanda eléctrica deben estar igualados en cada instante.

Por lo expuesto en el párrafo anterior es que surge la gestión de demanda como una solución a problemas de demanda energética. La gestión de demanda utiliza diferentes maneras de influir en el consumidor para que este modifique su patrón de demanda, con esto se logra un uso más eficiente de la electricidad y además le genera un ahorro al consumidor.

La gestión de demanda se puede realizar a varios niveles como se muestra a continuación: [17]

- Nivel 1, Programas de ahorro y eficiencia: Este es un plan a largo plazo, se promociona el uso de equipos con mayor eficiencia energética.
- Nivel 2, Programas de control de cargas eléctricos indirecto mediante tarificación: Este

plan se basa en enviar señales de precio a los consumidores, es decir, utilizar los precios para que los consumidores eviten o usen lo menos posible de electricidad a ciertas horas donde el precio es más caro.

- Nivel 3, Programas de control indirecto de cargas eléctricas mediante contratos o incentivos: Este plan se basa en realizar contratos o crear incentivos a ciertos consumidores, para que estos reduzcan su consumo en ciertas horas del día.
- Nivel 4, Programas de control directo de energía: En este plan se controla directamente ciertos aparatos eléctricos, los cuales se desconectan del sistema de manera inmediata. Los electrodomésticos que son controlados son aquellos que tengan algún tipo de inercia térmica, como lo son los calentadores de agua, calefacciones y aire acondicionado.
- Nivel 5, Programas de mercados de gestión de la demanda: En este plan el consumidor es el que oferta una reducción de consumo y pone sus condiciones.

Como se expone anteriormente, existen varios niveles donde se puede realizar gestión de demanda, para el desarrollo de la memoria se centrará en el nivel 4, ya que se debe gestionar directamente en equipos presentes en un edificio, tanto de manera manual, como manera automática.

2.4. Cargas gestionables

Para un edificio residencial se tienen varias cargas que se pueden gestionar para obtener una mejor eficiencia energética, y por tanto, una variadas clasificación de estas. Algunas de estas clasificaciones son las siguientes [7]:

2.4.1. Cargas flexibles y no flexibles

Las cargas flexibles son aquellas cargas que pueden reprogramar su perfil de carga, es decir, cambiar su patrón de comportamiento. Las cargas inflexibles, por el contrario, son aquellas cargas que no se puede afectar el comportamiento, osea que no se puede cambiar su patrón de comportamiento, ya sea desplazarlo o interrumpirlo. Las cargas inflexibles se dividen en 2, siempre encendido, como los modems de las casas que dan internet y en espera, y los ".en espera", cargas que una vez encendidas no pueden ser interrumpidas, como la televisión.

2.4.2. Cargas controlables e incontrolables

Las cargas controlables son aquellas cargas que se pueden controlar de manera remota y así reducir su demanda máxima, lo que puede ser una ventaja para la hora pick, donde se lo que se busca en aplanar la demanda. Estas cargas también pueden apagarse por pequeños periodos de tiempo sin necesidad de afectar la comodidad. Las cargas incontrolables son aquellas que no se pueden controlar y tampoco se pueden interrumpir.

2.4.3. Cargas desplazables y no desplazables

Las cargas desplazables son aquellas cargas que se pueden postergar según su necesidad en el tiempo, estas cargas además se clasifican en función de su interrumpibilidad. Las cargas

no desplazables, son aquellas cargas que no se pueden desplazar en el tiempo, estas se pueden clasificar como recortables y no recortables como se muestran en las tablas 2.1 y 2.2.

Tabla 2.1: Cargas no desplazables [7]

Cargas no desplazables	
Recortable	No recortable
televisor	lumínica
Computadora	Refrigerador congelador
ordenador portátil	

Tabla 2.2: Cargas desplazables [7]

Cargas desplazables	
Interrumpible	No interrumpible
Bomba de calor	Lavadora
Almacenamiento	aspiradora
Vehículos eléctricos	estufa
Aire acondicionado	Lavavajillas
	secadora
	Microonda
	Horno

Debido a que la presente memoria trata sobre edificios y como la gestión de demanda podría ayudar a realizar un edificio más eficiente energéticamente bajo el contexto de la ley de eficiencia energética, los elementos electrodomésticos, no se consideraran como acciones realizables.

2.5. Clasificación acciones

Lo edificios residenciales tienen varios elementos que consumen electricidad y, por lo tanto, una gran variedad de clasificación. Las acciones van desde artefactos pequeños hasta artefactos más grandes, como se menciona en la sección anterior, los electrodomésticos no entrarán como posibles cargas gestionables, debido a que se gestionara un edificio.

Para el caso de los artefactos de gran tamaño, se tiene el aire acondicionado, artefacto que puede gestionarse de manera de llevar un control más eficiente, ya sea apagándolo o encendiéndolo de manera remota. Cabe destacar que el aire acondicionado se utiliza en los edificios generalmente como climatizador, por lo que puede utilizarse para bajar o subir la temperatura, variable que debe considerarse en el estudio. Otro artefacto de gran tamaño que se puede gestionar son los termos de agua, una manera sería setear la temperatura más baja en horarios donde no se utilice.

Por tanto, el elemento a considerar para la realización del modelo matemático será:

- Aire acondicionado

2.6. Estado del arte

2.6.1. BMS: Building Management Systems

El BMS siglas que significa sistema de gestión de edificios, en ingles Building Management Systems, es un sistema de gestión de edificaciones, el cual permite un control centralizado del inmueble para convertirlo en edificio inteligente.

Este sistema aparece en la década del 70' y se utiliza tanto en el sector público como privado. Gracias a este sistema se pueden gestionar sistemas como: [18]

- Sistemas de aire acondicionado
- Sistemas eléctricos como la iluminación
- Sistema hidráulico
- sistemas de transporte vertical como ascensores

Las ventajas de este sistema son las siguientes:

- Control y supervisión centralizado de los elementos presentes en el edificio
- Detecta rápidamente incidencias en el edificio para su correcta atención
- Aumenta la producción del personal gracias a la automatización de tareas de supervisión
- Proporciona información del consumo del edificio fomentando así la eficiencia energética
- Aumenta la seguridad y confort de los usuarios del inmueble

2.6.2. Certificación LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

La certificación LEED en ingles Leadership in Energy and Environmental Design o liderazgo en Energía y Diseño Ambiental es un "sistema de evaluación de edificios verdes a través de la implementación de mejoras prácticas y estrategias de diseño y construcción y operación, cuyos beneficios son cuantificables". [19]

Este sistema es voluntario y fue creado en el año 2000 en Estados Unidos. Esta certificación puede ser aplicada según el tipo de proyecto que se desee desarrollar como se muestra en la figura 2.4.

SISTEMA	APLICA PARA
BD+C- Building Design and Construction Diseño y Construcción del Edificio	Edificios que están en proceso de diseño y construcción o en proceso de una renovación mayor (envolvente, equipos de climatización, etc).
ID+C- Interior Design and Construction Diseño Interior y Construcción	Proyectos de habilitación de espacios interiores de edificios.
O+M- Operations and Maintenance Operaciones y Mantenimiento	Edificios existentes que se someten a procesos de mejora o de poca o ninguna construcción.
ND- Neighborhood Development Desarrollo de Vecindar	Planificación urbana y desarrollo urbano.
HOMES Viviendas	Proyectos residenciales de nueva construcción o en proceso de una renovación mayor.

Figura 2.4: Tabla con los diferentes tipo de proyectos que se desea desarrollar para los diferentes sistemas de certificación. [19]

Los beneficios de esta certificación son variados, dentro de los cuales destacan los siguientes:

- Contribuir a mitigar los efectos del cambio climático
- Contribuir a una economía más verde

El certificado presenta 4 niveles: certificado, plata, oro o platino como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5: Niveles de certificación LEED existentes. [19]

2.6.3. Acuerdo de París

El acuerdo de París es un acuerdo internacional donde existe la participación de 196 países el 12 de diciembre del 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre del 2016. [20]

Este acuerdo tiene como finalidad frenar el cambio climático, limitando el calentamiento global a menos de 2 grados, idealmente 1.5 grados centígrados en comparación con los niveles

preindustriales. El acuerdo París funciona por ciclos de 5 años, por lo que en el año 2020 los países participantes deben presentar su plan de acción o NDC, contribuciones determinadas a nivel nacional, para comunicar las medidas que adoptaran para alcanzar los objetivos acordados.

2.6.4. NDC 2020 Chile

En abril del 2020 Chile actualiza la NDC, siendo el primer país en presentar su informe dentro de los países del acuerdo de París. [21]

Este acuerdo aborda varias materias:

- Mitigación
- Adaptación
- Integración
- Medios de implementación

Dentro de estas destaca la materia de mitigación, donde Chile se compromete a reducir su indicador de intensidad de emisiones de carbono, reduciendo al menos en un 25 % para el año 2030 respecto al 2016.[22]

Capítulo 3

Metodología de trabajo y desarrollo

La metodología de trabajo a seguir para el desarrollo de la memoria se divide en una metodología general y una metodología específica, como se muestra a continuación:

3.1. Metodología

3.1.1. Metodología general

Para la metodología general se puede ver en la figura 3.1 el diagrama de flujo de esta, la cual consiste en:

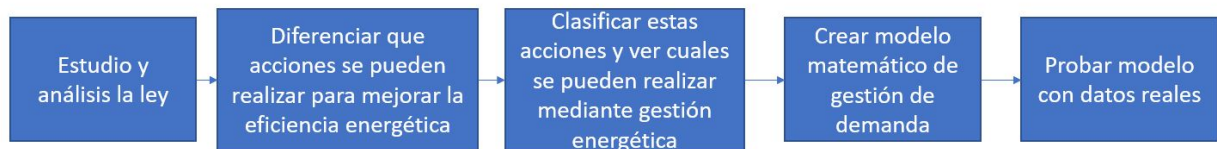


Figura 3.1: Diagrama de flujo con la metodología general.

- Estudio y análisis de la ley: En esta sección se pretende leer a cabalidad la ley para entender y comprender los puntos, ver que leyes están asociadas, cuales son los alcances de esta y comprender la necesidad que surge al aplicar promulgar esta ley.
- Diferenciar que acciones se pueden realizar para mejorar la eficiencia energética: Se debe identificar las acciones que se pueden realizar para poder ayudar en la solución del problema identificado.
- Clasificar estas acciones y ver cuales se pueden realizar mediante gestión energética: Una vez identificado las acciones que se pueden realizar hay que identificar cuáles se pueden realizar mediante gestión de energía, ya que existen acciones que pueden ayudar en la solución del problema, pero escapan del alcance del trabajo presente.
- Crear modelo matemático de gestión de demanda: Se debe crear un modelo matemático mínimo necesario para probar numéricamente lo planteado teóricamente.
- Probar modelo con datos reales: Una vez obtenido este modelo, utilizando una base de datos, se debe probar este modelo, para así poder obtener resultado numéricos y demostrar si la gestión de demanda ayudaría a la eficiencia energética en edificios.

3.1.2. Metodología específica

En específico se tiene para la gestión de demanda el diagrama de flujo mostrado en la figura 3.2, la cual consiste en:

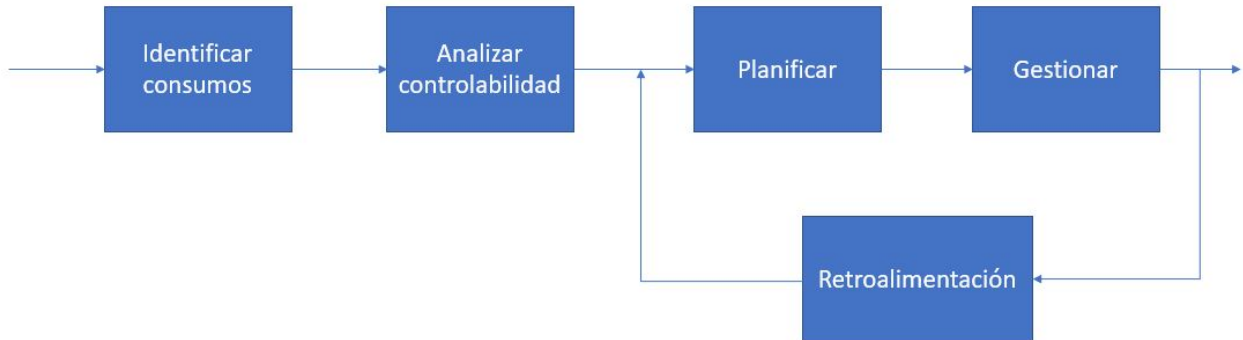


Figura 3.2: Diagrama de flujo con la metodología específica.

- Identificar consumos: En esta sección se deben Identificar los consumos del edificio, ver que porcentaje del consumo total representan y su importancia.
- Analizar controlabilidad: Una vez reconocidos los consumos se debe analizar su nivel de controlabilidad, es decir, ver que tan manipulables son estos consumos.
- Planificar: En este bloque se pretende realizar una planificación para la gestión de demanda.
- Gestionar: una vez realizada la planificación, viene la gestión misma de la demanda.
- Retroalimentación: este bloque de retroalimentación pretende utilizar la información de la gestión de demanda para realizar una nueva planificación.

3.2. Desarrollo

3.2.1. Sobre el proyecto:

El presente proyecto se lleva a cabo en una estación de servicio (EDS) de la cadena Copec ubicado en la ciudad de Santiago, en la comuna de Vitacura, como se muestra en la figura 3.3.



Figura 3.3: Ubicación EDS Vitacura.

Esta estación de servicio tiene una superficie de 503 metros y presenta el horario de apertura mostrado en la tabla 3.1:

Tabla 3.1: Horario de apertura EDS Vitacura

horario	estado
00:00 - 07:00	cerrado
07:01 - 23:59	abierto

Este proyecto tiene una duración inicial de 6 meses y su objetivo principal es obtener un ahorro monetario gracias a la eficiencia energética. Para cumplir este objetivo se identifican los distintos consumos presentes en la EDS y se seleccionan aquellos que tengan mayor influencia en el total, para realizar una gestión manual.

3.2.2. Dinámica del proyecto

Para el presente proyecto se trabaja directamente con personal de Arcoprime, quien esta encargada de seguir el proyecto y ser el nexo con Copec para la ejecución de acciones, se realizan reuniones diarias para verificar el progreso, realizar algún análisis específico que requiera Arcoprime, conseguir información necesaria para analizar datos y acordar los próximos pasos a seguir. Además de las reuniones diarias con el personal de Arcoprime, se realizan reuniones semanales con personal encargado de la EDS para mostrar progresos y/o indicar próximas acciones a realizar. Cabe destacar que esta última acción tiene un alto valor en el proyecto, debido al origen de la gestión, se debe tener a un encargado confiable.

3.2.3. Metodología de trabajo

La metodología de trabajo es la siguiente:

1. Reconocer los consumos posiblemente gestionables
2. Realizar un plan de acción manual
3. Llevar a cabo el plan con los colaboradores y vigilar resultados
4. Cuantificar resultados después de la gestión

El plan presentado para el proyecto de gestión de demanda es el mostrado en la figura 3.4:



Figura 3.4: Plan para proyecto a realizar en la EDS Vitacura.

- Haga un Diagnóstico: Monitoree para saber: ¿Dónde, cómo, quién, cuando se consume energía? Defina Usos Significativos de Energía y Líneas base de referencia
- Establezca un compromiso: Designar un gestor energético. Identifica el potencial Haga de la energía parte de su negocio
- Fije Objetivos: A nivel Global y por Área. Establezca referencias. Cree un propósito. Defina plazos y recursos. Definir Indicadores de Eficiencia Energética adecuados a la EDS.
- Cree y ejecute el plan de acción: Hacer parte a las áreas críticas del consumo. Comunique. Asigne recursos. Monitoreo y Feedback periódico
- Evalúe el Progreso: Mida el avance y comunique en forma simple los resultados por áreas y globales. Compare y haga competir. Comparta las mejores prácticas.
- Reconozca Logros: Aplique los incentivos definidos en el plan de acción. Adapte a su cultura interna. Reconozca desde la alta gerencia.

Los consumos que se identifican en la EDS son los siguientes:

- Aire acondicionado
- Cámara de frío
- Cocina (Calentador de pan, Campana extractora, Hornos, lavavajilla)
- Iluminación y enchufes
- Máquinas de bebida, refrigeración

De los cuales, según lo visto en el capítulo 2, se descartan los elementos de la cocina. Para reconocer los consumos posiblemente gestionables, se realiza una separación de los consumos macros de la EDS en el mes de octubre 2019:

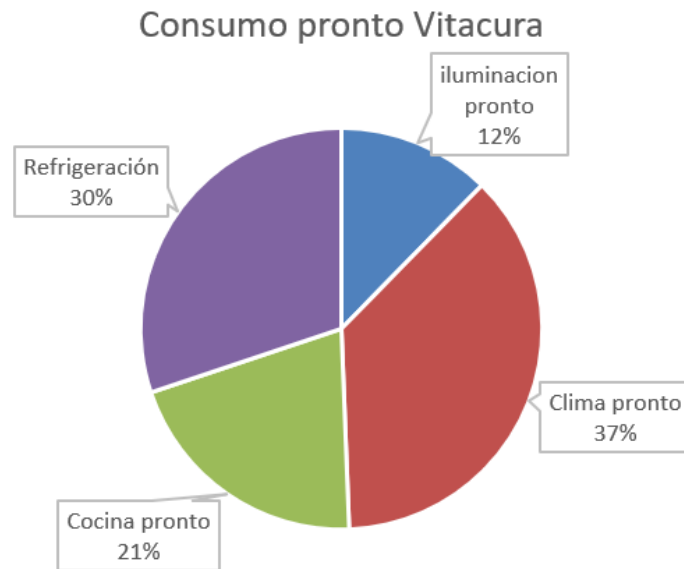


Figura 3.5: Consumos EDS Vitacura en el mes de octubre 2019.

En la gráfica de torta presentada en la figura 3.5, se puede ver que el clima representa un 37% del consumo total, lo que significa que es un consumo no menor. Si se estudia el consumo de aire acondicionado, se puede ver en la figura 3.6 el perfil de consumo para el mes de octubre del aire acondicionado, donde se puede ver que este está consumiendo en los horarios donde no existe flujo de cliente ni de personal, lo que implica un gasto de energía innecesario.

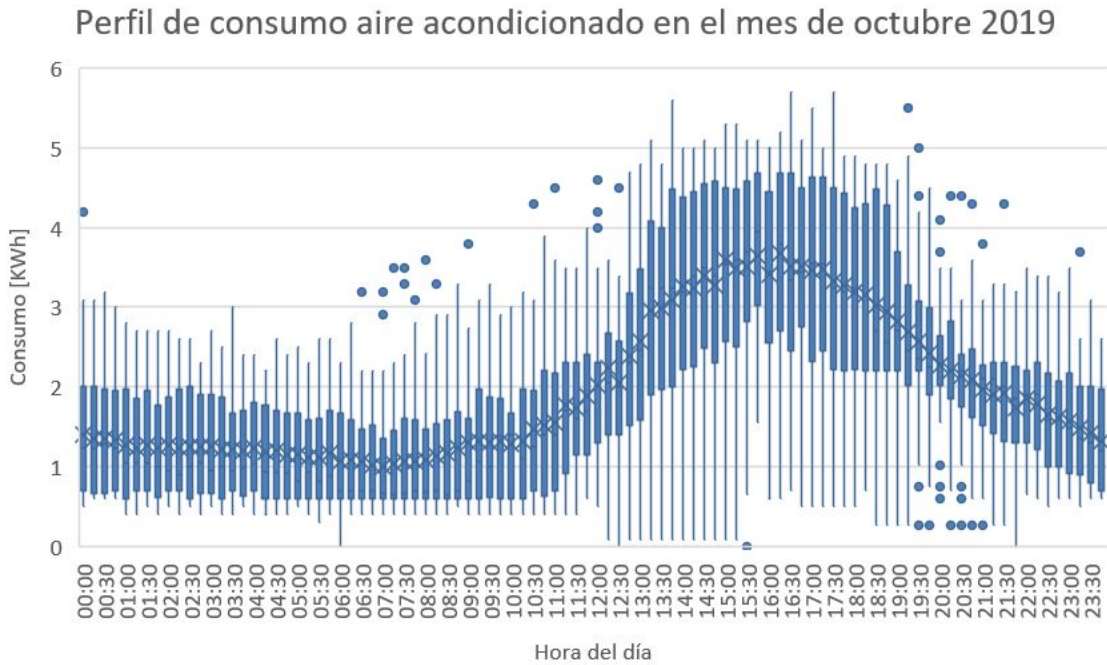


Figura 3.6: Consumos aire acondicionado en el mes de octubre 2019.

Como se menciona anteriormente la gestión se realizará de manera manual, por lo que habrá una persona que trabaje en Copec de realizar el encendido y apagado cuando corresponda. Para tener al personal informado se realiza una línea base, la cual consiste en crear un día de la semana promedio de cada mes del consumo general pronto 2020, para poder comparar de manera diaria el consumo general pronto actual con esta. Se puede ver en la figura 3.7 un ejemplo de lo que recibe personal de copec diariamente, donde se tienen 3 variables en la gráfica:

- Aire acondicionado: el consumo del aire acondicionado se encuentra representado por el azul y muestra el consumo cada 15 minutos de este
- General pronto: el consumo general que tiene las EDS, incluida cocina, luces, refrigeración y aire acondicionado.
- Línea base: este consumo representa un día típico de la semana del mes presente, pero del año anterior. En otras palabras, se toma un mes y se promedia cada día, es decir, los lunes, martes hasta el domingo de ese mes, obteniendo 7 líneas bases. La idea de esta línea es llevar el control del consumo de energía diario, ya que, como se está gestionando, el consumo general pronto actual debe ser menor que la línea base.



Figura 3.7: Ejemplo de gráfica enviada al personal.

3.2.4. Trabajos realizados

Para este proyecto se tiene un trabajo continuo de monitoreo de datos, revisando diariamente el comportamiento de las principales variables. Para el proyecto se realizan 2 acciones principales:

1. Gestión de temperatura: Se bajo la temperatura de seteo en el aire acondicionado
2. Gestión del aire acondicionado de manera manual: Apagar el aire acondicionado durante las horas de no funcionamiento (anteriormente no se realizaba)

3.2.5. Gestión de demanda manual

Como se menciona en una sección anterior, un consumo importante en la EDS es el aire acondicionado; para este equipo se realiza una gestión de demanda manual bajo criterio experto, el cual será dejar a un encargado de apagar y encender el aire acondicionado según el horario de cierre del local. Se realizará un monitoreo de las variables afectadas directamente, como lo son el consumo [KWh] del aire acondicionado y la temperatura, tanto exterior como interior para asegurar que las condiciones se mantengan, además de los siguientes puntos:

- Identificar los protocolos de trabajo con influencia en consumo
- En base a los horarios de operación, identificar los consumos “vampiro”
- Definir en detalle las posibles cargas gestionables para el proyecto de gestión de demanda

3.2.6. Gestión de demanda automática

Además de gestionar de manera manual y directa el aire acondicionado presente en la EDS de Vitacura, en la presente memoria se realizará una simulación con los datos obtenidos para analizar como afectaría y en que se diferenciaría de la gestión manual. En la siguiente sección se muestra el modelo matemático mínimo necesario para probar esta gestión.

3.2.7. Modelo matemático a utilizar

Para la presente sección, se revisa el modelo a utilizar para la gestión automática del aire acondicionado:

3.2.8. Aire acondicionado

La gestión manual del aire acondicionado corresponde en encender y apagar el aire acondicionado dependiendo del horario de trabajo del local bajo criterio experto. Debido a que esta gestión depende netamente del encendido y apagado, no se requiere entonces realizar un modelo de la temperatura, ni del funcionamiento del aire, ya que esto se aplicaría directamente a un aire acondicionado que tenga un controlador por si solo.

Para poder realizar el encendido y apagado se puede tener una función lineal por partes:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \in [00 : 00 - 07 : 00] \\ 1 & \text{si } x \in [07 : 01 - 23 : 59] \end{cases}$$

Donde $f(x)$ es una función por partes, x indica la hora, 0 representa el apagado del equipo y 1 representa el encendido de este.

Capítulo 4

Resultados y análisis

En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos para el caso de estudio en la EDS ubicada en Vitacura.

4.1. Gestión de demanda manual del aire acondicionado

Para la gestión de demanda manual, se analizaron los resultados mensualmente, comparando el de un año a otro, siendo el caso base desde noviembre 2019 hasta abril 2020 y el caso con gestión manual desde noviembre 2020 hasta abril 2021.

Para el análisis de los datos recolectados se utilizaron diagramas de cajas, los cuales muestran la distribución de datos para una variable continua, además, gracias a este diagrama se pueden ver los valores atípicos, valores que con una gráfica construida a partir del promedio estarían ocultos. La caja representa los percentiles 75 y 25.

A continuación, se detallaran los resultados y análisis por mes:

4.1.1. Noviembre

Para el mes de noviembre se puede ver en la figura 4.1 2 diagramas de cajas; ambos presentan el consumo cada 15 minutos a lo largo del día. El diagrama de arriba indica el perfil de demanda horaria para el caso base y el diagrama de abajo indica el perfil de demanda horaria para el caso gestionado. Se puede ver que ambos perfiles poseen un comportamiento muy similar, entre las 0:00 y 10:00 se mantiene un consumo relativamente bajo, luego, comienza a aumentar llegando a su consumo más alto entre las 12:00 y 19:00, donde comienza nuevamente a descender hasta las 00:00.

Para este mes se puede notar que entre ambos diagramas la diferencia es notoria entre las 00:00 y 10:00, debido a que con la gestión manual se apaga el aire acondicionado al cierre del local. Cabe destacar que en el diagrama del caso gestionado, se presentan varios valores atípicos en el periodo entre las 00:00 y 10:00. Esto se debe a que como es el primer mes de gestión manual, el personal aún no está acostumbrado y no tiene mecanizado realizar esta acción, diariamente.

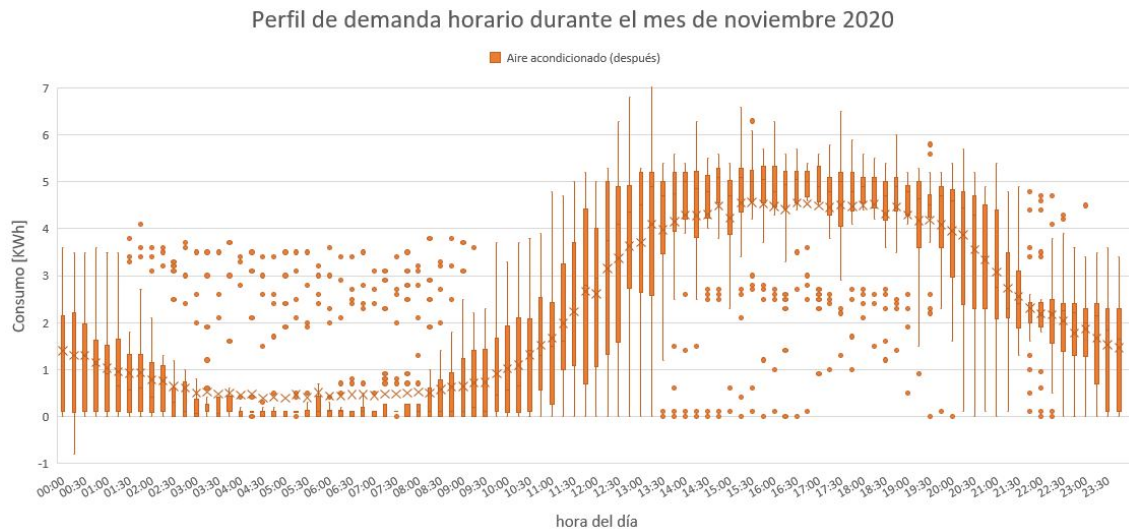
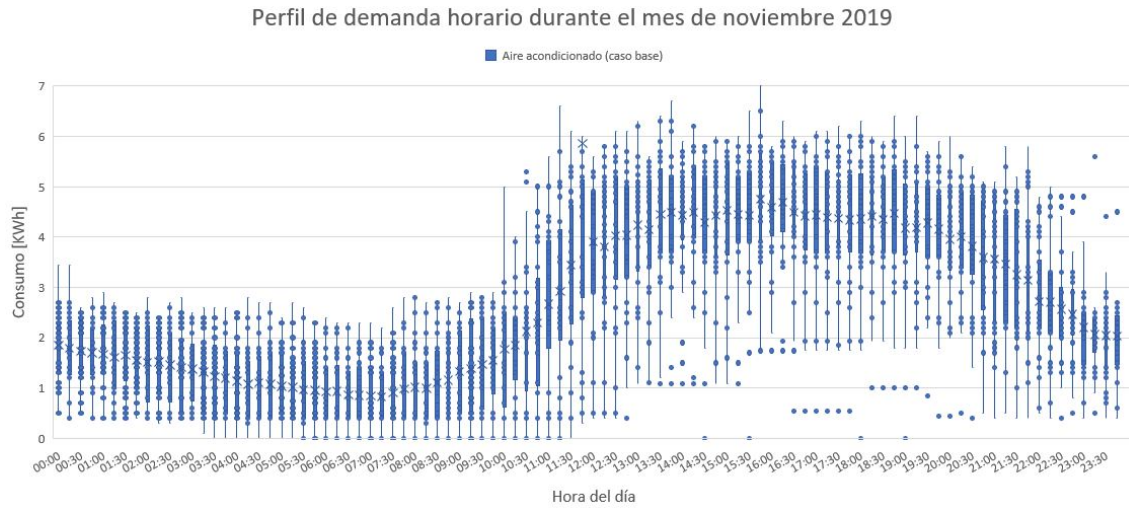


Figura 4.1: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de noviembre para los casos base y con gestión manual

Para la variable temperatura se puede ver en la figura 4.2 la temperatura exterior a lo largo del día, en la izquierda se ve el caso base y en la derecha se ve el caso con gestión de demanda. Se puede notar que ambos meses presentan un perfil similar, pero para el caso de noviembre 2019 se presenta una temperatura máxima más alta de $39,2 [^{\circ}]$ y el 2020 fue de $37,91 [^{\circ}C]$, a diferencia de las mínimas que son similares.

Para la temperatura interior se puede ver en la figura 4.3 el diagrama de caja de las temperaturas para ambos casos. Se puede ver que, a pesar de que la diferencia exterior presentaba una diferencia de menos de 2 grados, el interior del caso base presenta una máxima de $34,74 [^{\circ}C]$, la cual es notablemente mayor al caso gestionado, el cual tiene una máxima de $30,63 [^{\circ}C]$.

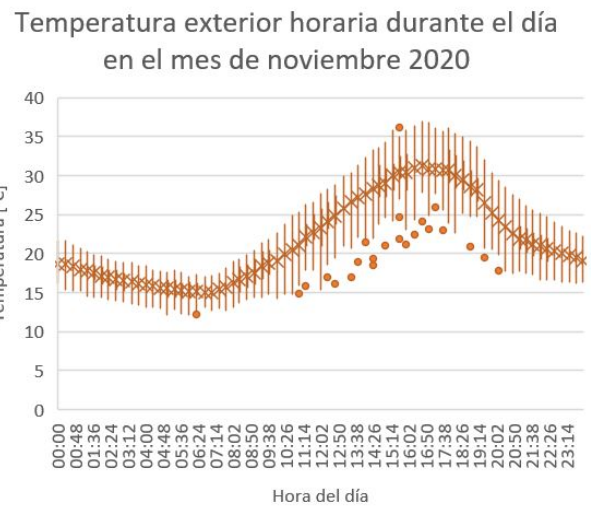
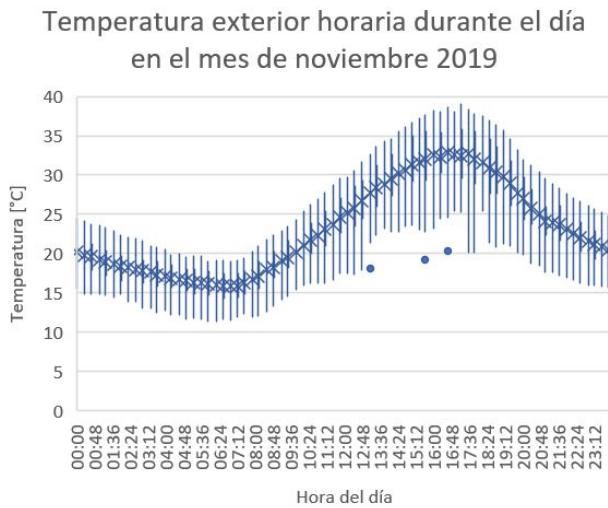


Figura 4.2: Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de noviembre.

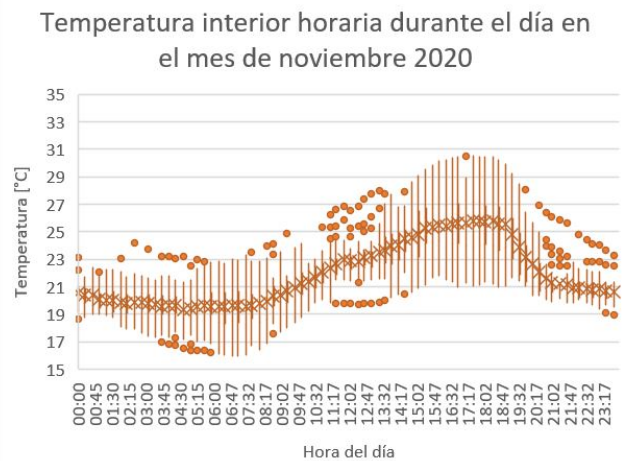
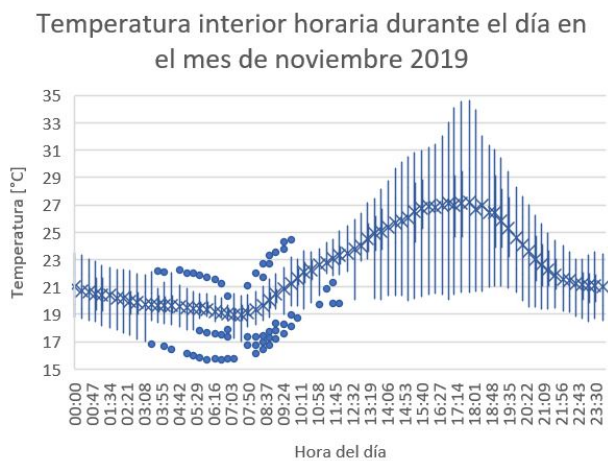
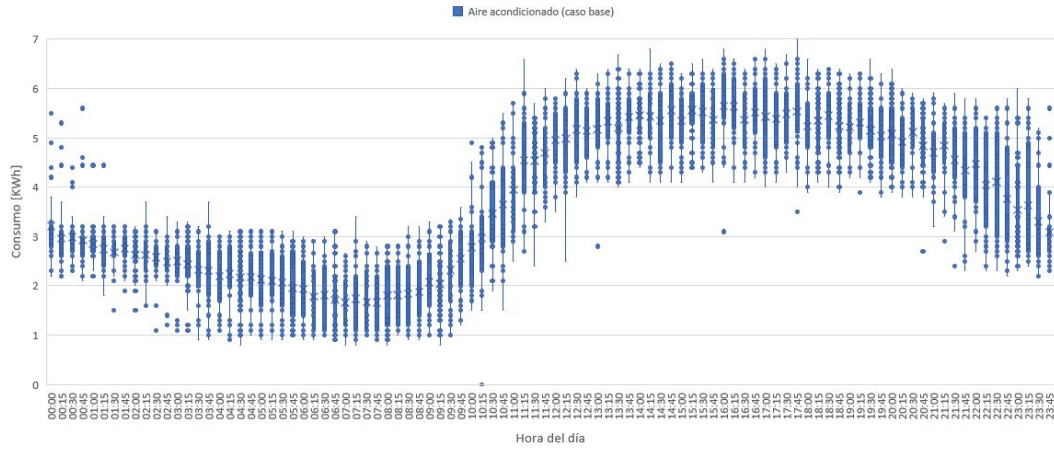


Figura 4.3: Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de noviembre.

4.1.2. Diciembre

Para el caso del mes de diciembre, se puede ver en la figura 4.4 el diagrama de caja del consumo en [KWh] del aire acondicionado para ambos casos. En este mes, se puede ver a diferencia de noviembre, que el aire acondicionado en el caso gestionado comenzó a bajar aproximadamente a las 00:30 y comienza a aumentar más temprano a las 6:00. Para el caso base, se puede ver que el perfil es similar a noviembre, solo que el consumo aumento en 1 [KWh], aproximadamente, de manera general.

Perfil de demanda horario durante el mes de diciembre 2019



Perfil de demanda horario durante el mes de diciembre 2020

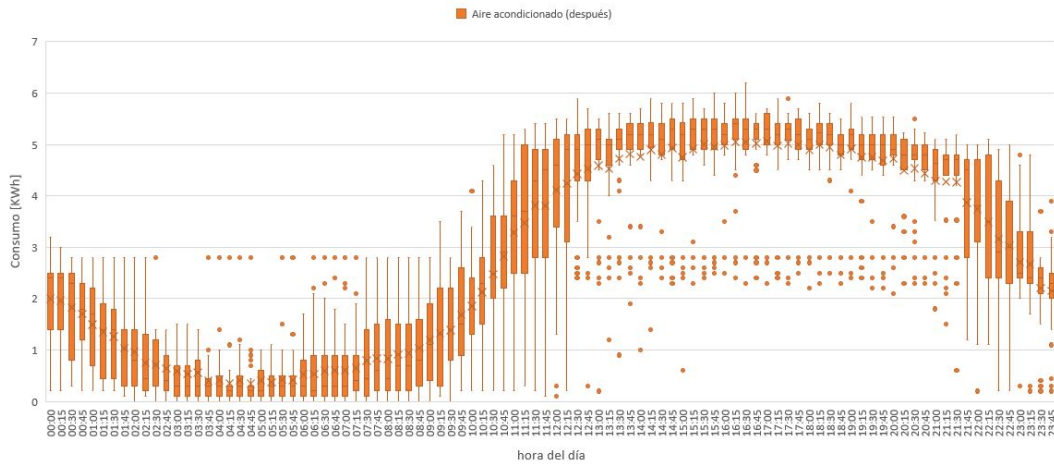


Figura 4.4: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de diciembre para los casos base y con gestión manual

Para la temperatura exterior, se tiene en la figura 4.5 el diagrama de la temperatura a lo largo del día. Se puede ver que la media es similar para ambos casos, la media más alta en ambos casos es de 33 [°C], exceptuando los valores extremos como la máxima presentada un día en diciembre del 2019 de 40 [°C].

Para la temperatura interior se tiene en la figura 4.6 que la media de los datos es menor en el caso gestionado, la media más alta en el caso gestionado es de 25 [°C] y la del caso base es de 27 [°C].

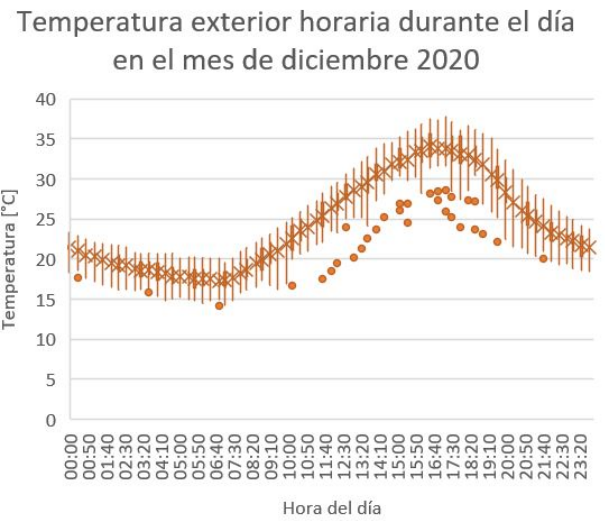
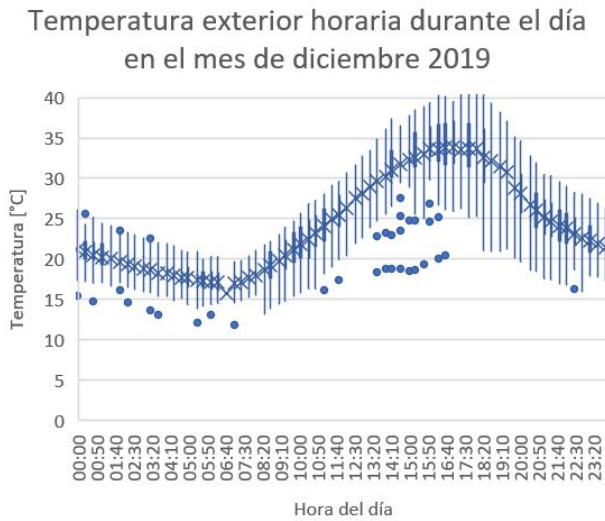


Figura 4.5: Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de diciembre.

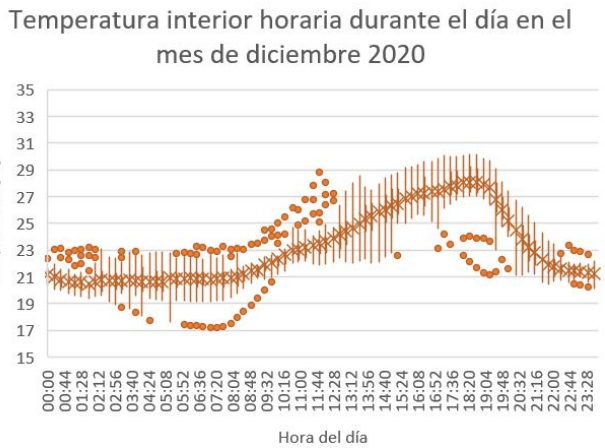
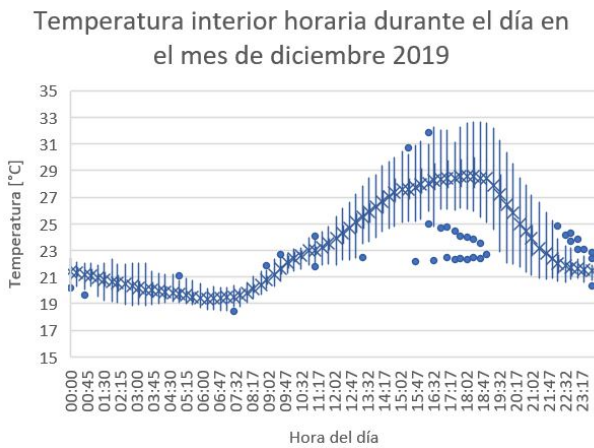


Figura 4.6: Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de diciembre.

4.1.3. Enero

En enero se presenta el consumo de la figura 4.7 donde se puede ver que el caso gestionado presenta menos valores atípicos en el periodo de cierre del local, pero presenta valores atípicos bajos en el horario donde el local se encuentra abierto; esto podría afectar en la temperatura del local. El perfil de consumo para el caso base es similar al caso de diciembre.

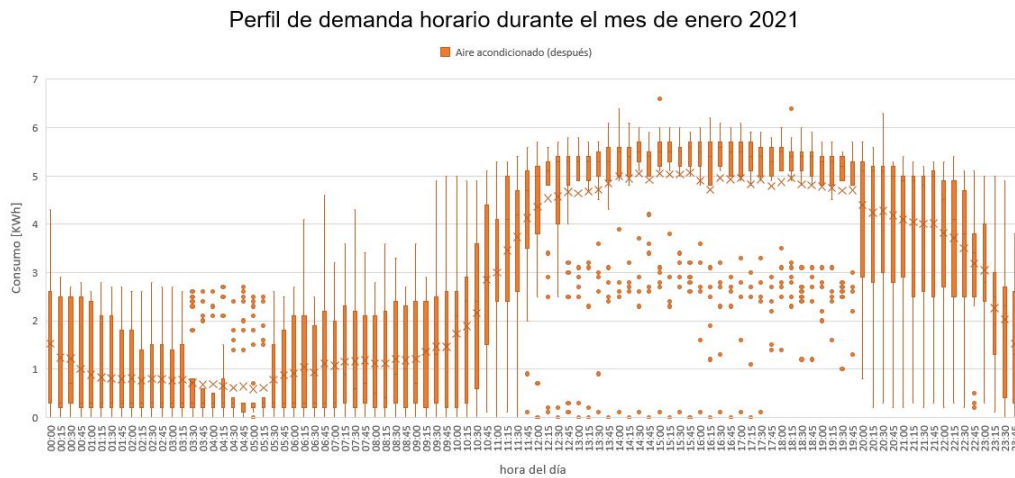
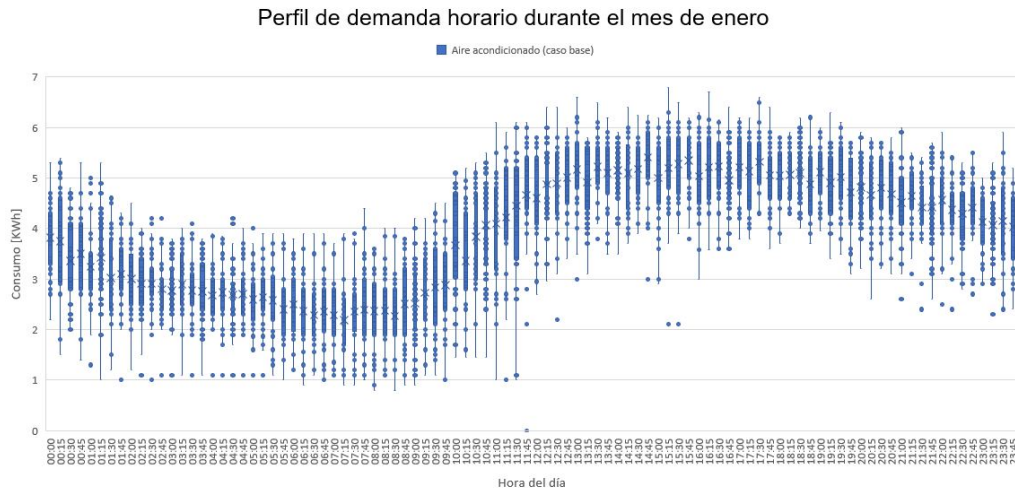


Figura 4.7: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de enero para los casos base y con gestión manual

Para la temperatura exterior presente en la figura 4.9 se puede ver que ambos perfiles son similares, pero las medias más altas difieren. En 2020 se tiene la media máxima de $35.4 [^{\circ}\text{C}]$ y en 2021 se tiene una media máxima de $34.8 [^{\circ}\text{C}]$.

Para la temperatura interior se tiene en la figura 4.8 donde se puede ver que la mediana máxima en el caso base es de $29,73 [^{\circ}\text{C}]$ y en el caso con gestión se tiene $28,38 [^{\circ}\text{C}]$, lo que da una diferencia similar al caso exterior. Se puede notar en el caso gestionado que existen valores atípicos mayores durante el periodo en el que el local se encuentra abierto, lo que coincide con lo mencionado anteriormente.

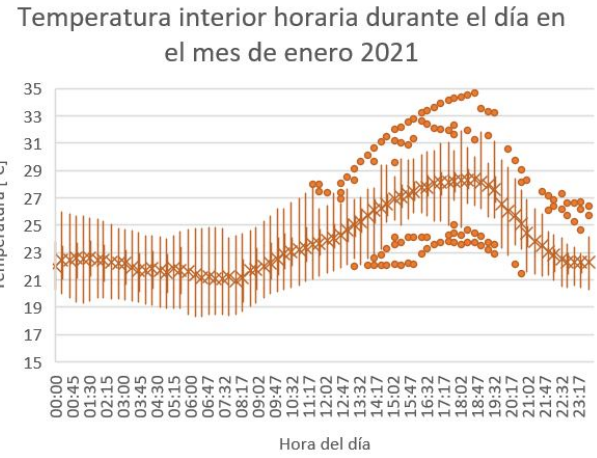
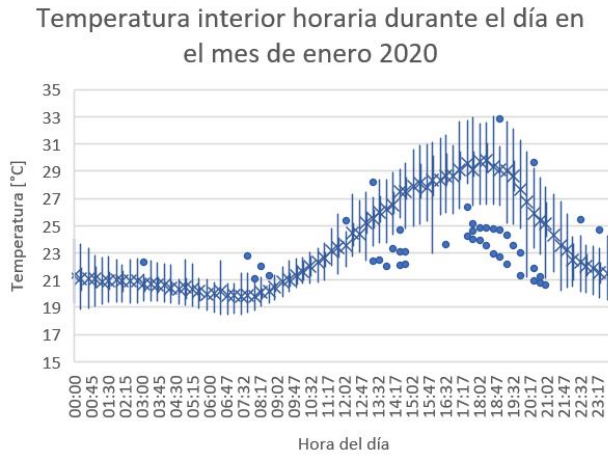


Figura 4.8: Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de enero.

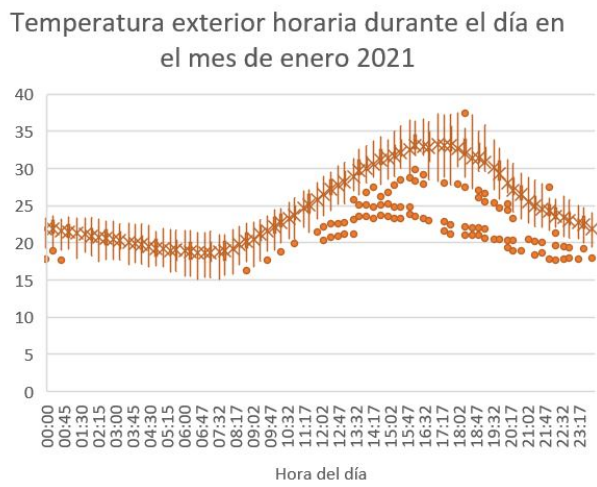
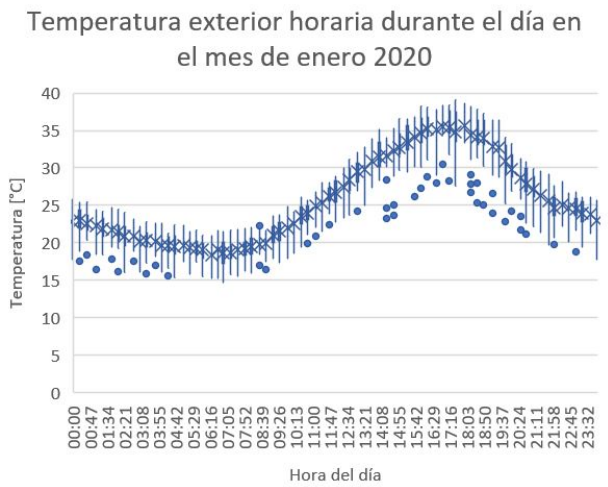
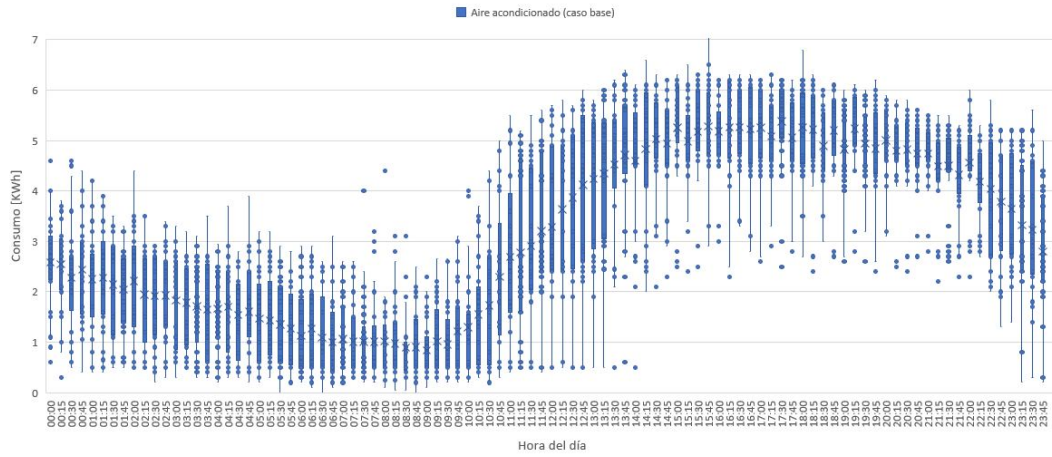


Figura 4.9: Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de enero.

4.1.4. Febrero

En febrero se presenta el consumo mostrado en la figura 4.10, donde el perfil de consumo del caso base se sigue manteniendo similar a los casos anteriores y para el caso con gestión se puede ver que el aire comienza a funcionar más tarde.

Perfil de demanda horario durante el mes de febrero 2020



Perfil de demanda horario durante el mes de febrero 2021

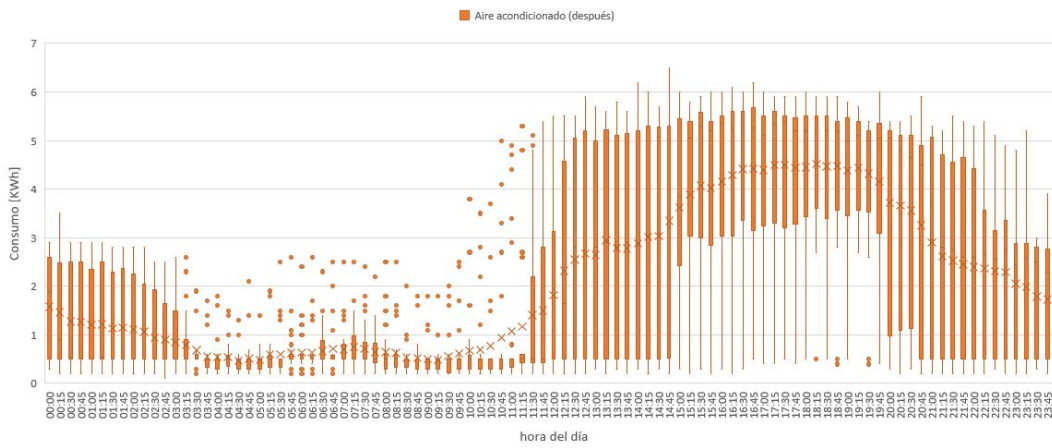


Figura 4.10: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de febrero para los casos base y con gestión manual

En cuanto a la temperatura exterior se tiene el diagrama de caja en la figura 4.11 se tiene que la mediana máxima del caso base es de 34,8 [°C] y el caso gestionado tiene una máxima media de 32,5[°C].

Respecto a la temperatura interior se tiene el diagrama presentado en la figura 4.12 donde la media más alta del caso base es de 29,4 [°C] y la máxima media del caso gestionado es de 28 [°C].

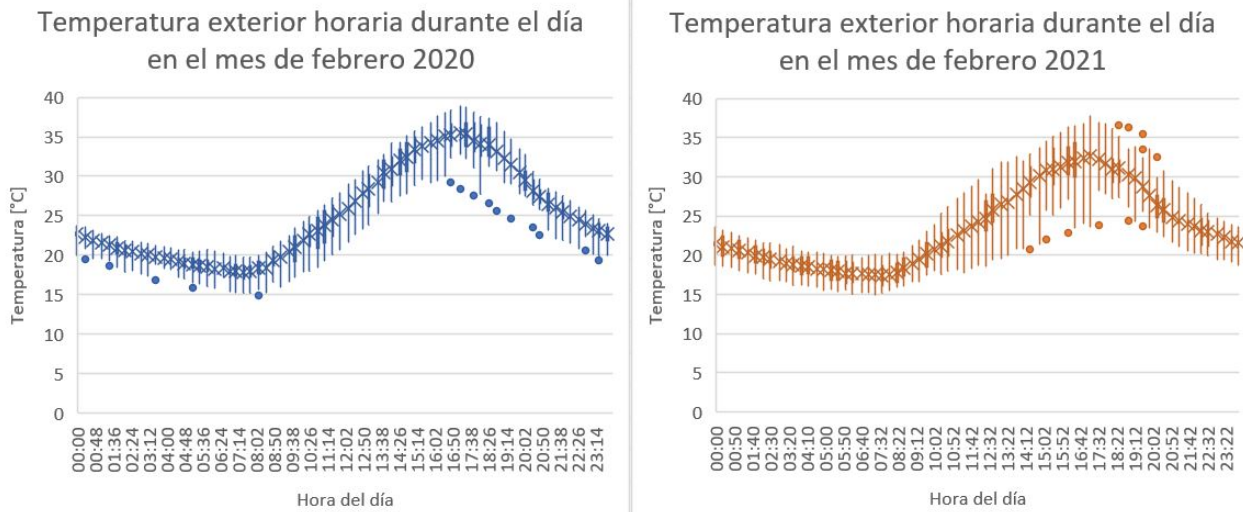


Figura 4.11: Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de febrero.

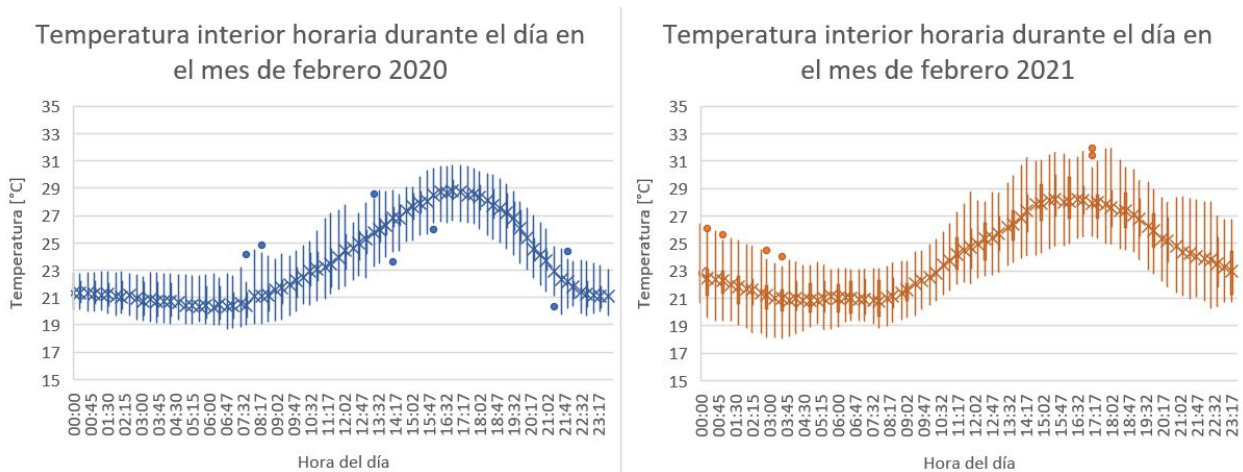


Figura 4.12: Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de febrero.

4.1.5. Marzo

Para el mes de marzo se tiene el consumo mensual representado en la gráfica de la figura 4.13, donde se puede ver que el caso base se mantiene similar a los meses anteriores, mientras que el caso con gestión de demanda se ve que en el horario de cierre del local el consumo baja; existen más valores atípicos en este horario que el mes anterior. También, cabe destacar que en el periodo de funcionamiento del local las distribución de datos es más dispersa, esto se puede ver ya que las cajas son más largas que los meses noviembre, diciembre y enero.

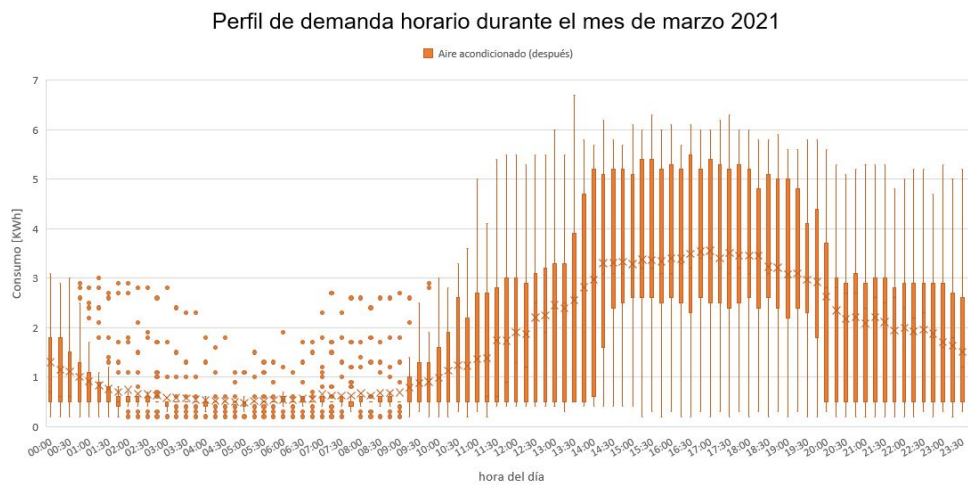
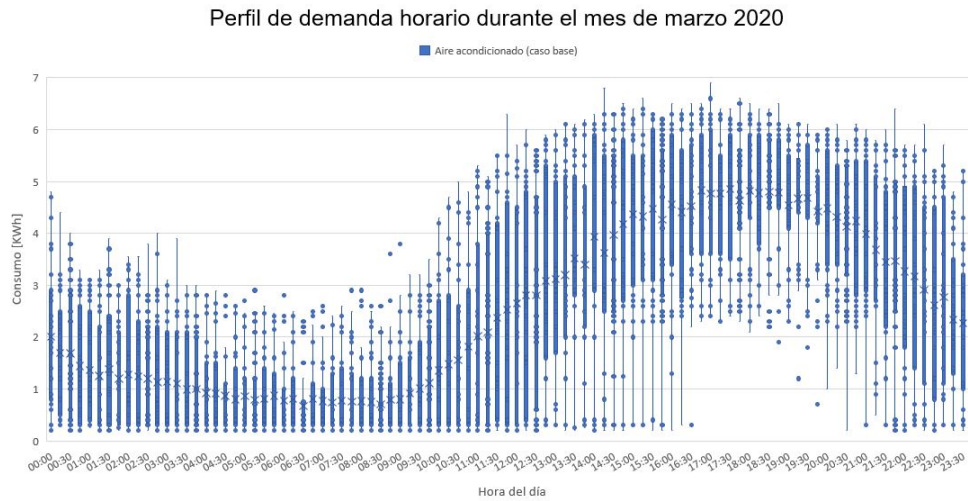


Figura 4.13: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de marzo para los casos base y con gestión manual

En el caso de la temperatura exterior se puede ver el diagrama en la figura 4.14 se puede ver que la máxima en el caso base es de $37,8$ [°C] y en el caso con gestión se tiene una máxima de $36,7$ [°C].

Para la temperatura interior, se tienen los datos del diagrama mostrado en la figura 4.15 donde la máxima para el caso base es de $28,4$ [°C] y para el caso con gestión se tiene que la máxima es de $26,3$ [°C]. Se puede ver que a pesar que la diferencia del exterior es de $1,1$ [°C], en el interior se presenta una diferencia de $2,1$ [°C].

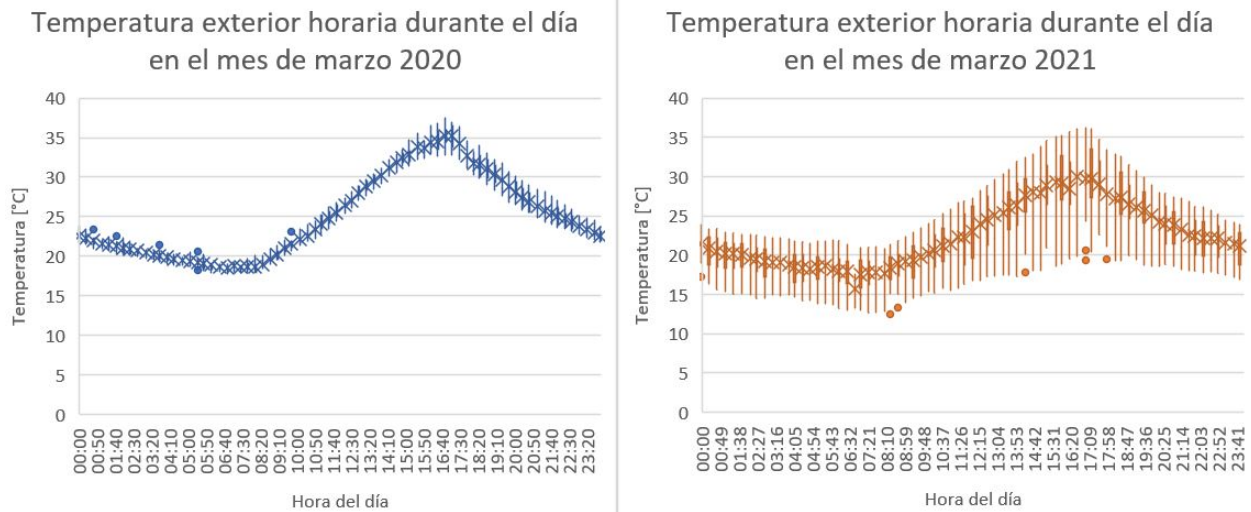


Figura 4.14: Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de marzo.

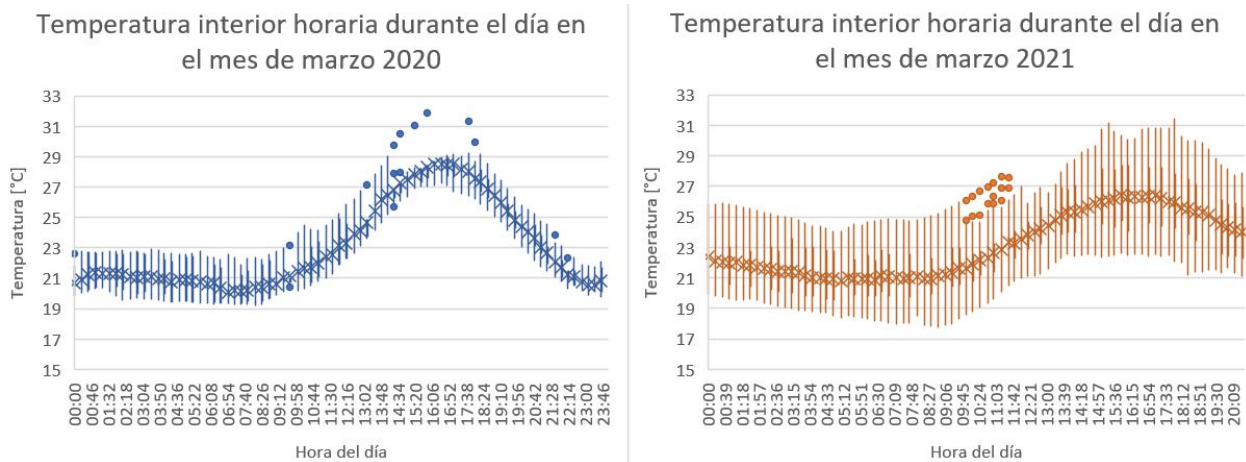
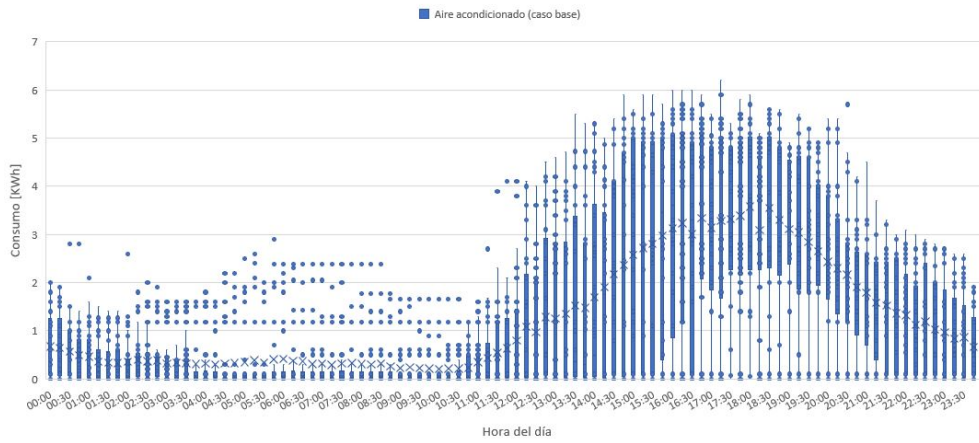


Figura 4.15: Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de marzo.

4.1.6. Abril

Para el último mes de la gestión de demanda manual se presenta el consumo de aire acondicionado en el diagrama mostrado en la figura 4.16. Se puede observar que el caso base cambia en este mes, ya que en los horarios de no funcionamiento del local se presenta una baja de consumo. Para el caso con gestión de demanda, se puede ver que es el mes que más se aproxima a lo que se espera, que es que la media esté lo más próxima a 0, ya que esto indica que hubieron pocas ocasiones donde hubo olvido de apagado del aire acondicionado.

Perfil de demanda horario durante el mes de abril 2020



Perfil de demanda horario durante el mes de abril 2021

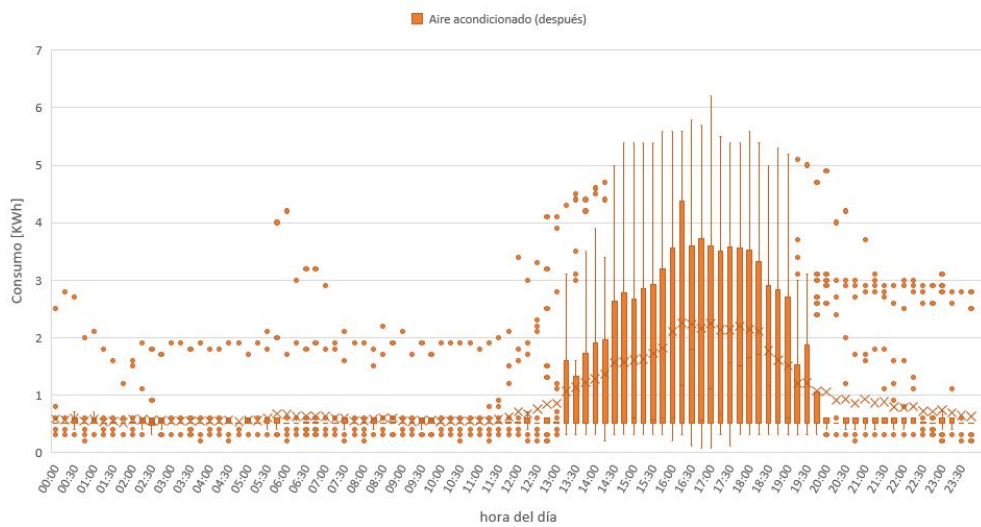


Figura 4.16: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de abril para los casos base y con gestión manual

Luego, se puede ver que para la temperatura exterior, presentada en el diagrama de la figura 4.18, se puede observar que media máxima para el caso base es de $27,2 [^{\circ}\text{C}]$ y para el caso con gestión se tiene una máxima de $26,5 [^{\circ}\text{C}]$.

Finalmente, para el caso de la temperatura interior, se tiene el diagrama presentado en la figura 4.17, se puede observar que es el primer mes donde el caso base presenta una menor temperatura máxima que el caso con gestión de demanda.

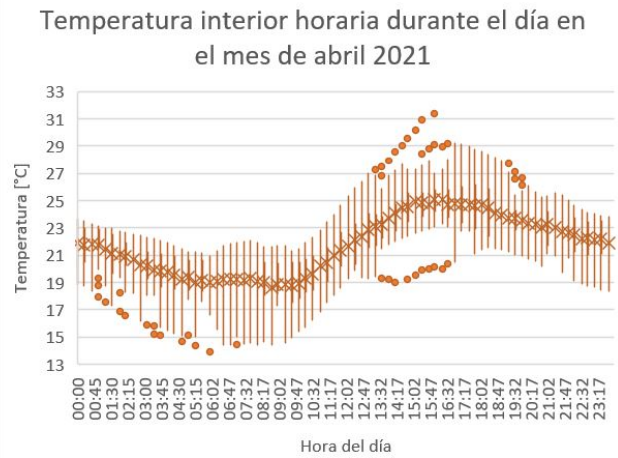
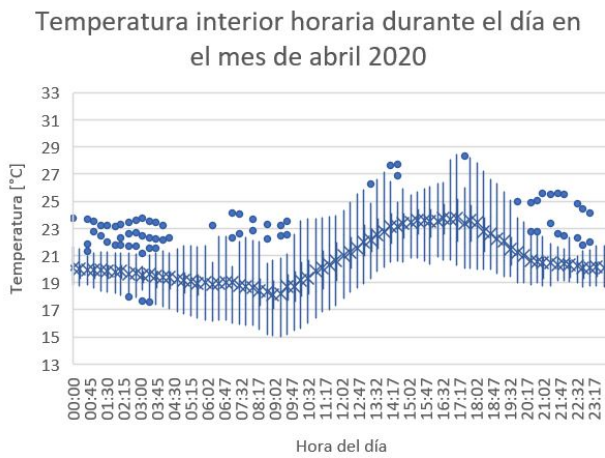


Figura 4.17: Gráfica que compara temperatura interior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de abril.

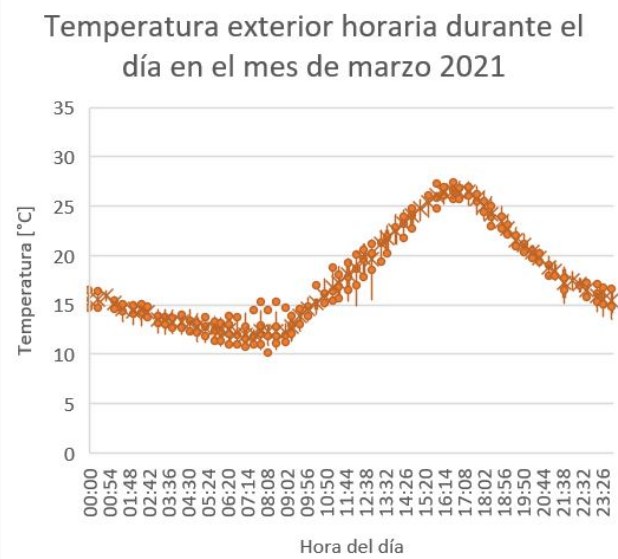
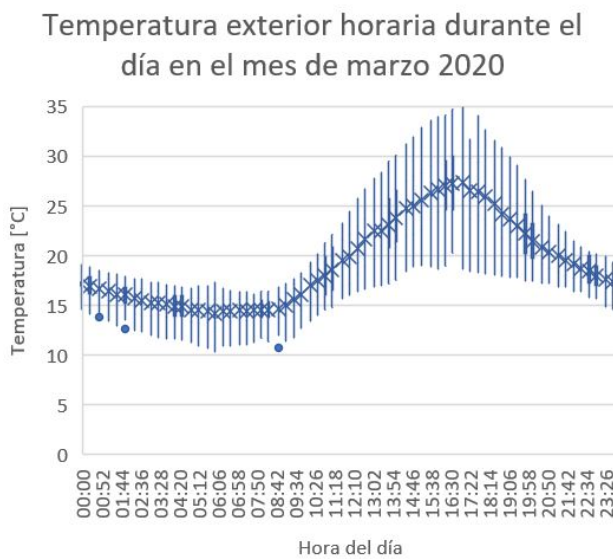


Figura 4.18: Gráfica que compara temperatura exterior en la EDS entre el caso base y el caso con la gestión manual en el mes de abril.

Como resumen global se puede ver en la tabla 4.1 los consumos totales mensuales para el caso base y el caso con gestión manual. En la columna 4 se tiene la diferencia porcentual entre el mes con gestión y el mes del caso base. Los meses con mayor ahorros son febrero (-36,11%) y marzo (30,57%); y los meses con menor ahorro son noviembre (17,56%) y diciembre (24,82%). En promedio se tiene un ahorro de 26,99%.

Además, en la figura 4.19 se puede ver una gráfica con los consumos mensuales, donde se ve que la tendencia para el caso base y el caso con gestión tienden a los mismo, pero claramente el caso con gestión es menor.

Tabla 4.1: Comparación consumo energético mensual del aire acondicionado actual con el año anterior

mes	Caso base [KWh]	Gestión manual [KWh]	diferencia porcentual
noviembre	7 784.15	6 417.15	-17.56 %
diciembre	11 166.36	8 395.20	-24.82 %
enero	11 656.71	8 439.75	-27.60 %
febrero	8 769.04	5 602.70	-36.11 %
marzo	7 492.63	5 202.20	-30.57 %
abril	3 602.17	2 690.53	-25.31 %

Comparación del consumo total mensual del aire acondicionado

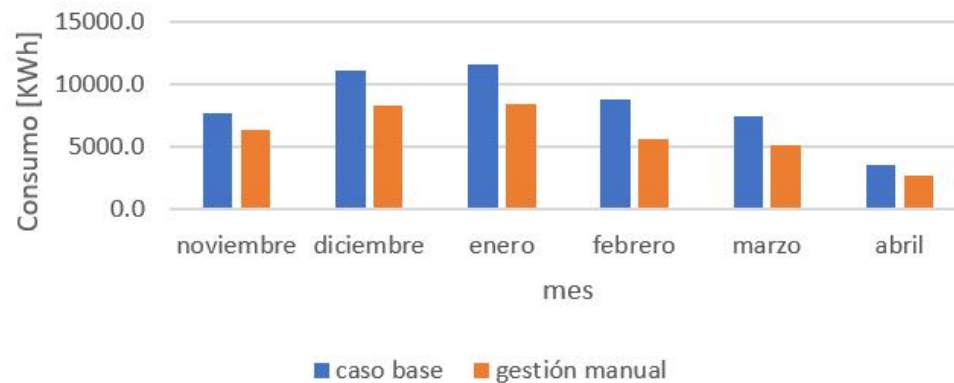


Figura 4.19: Gráfica que compara el total consumido mensualmente del aire acondicionado entre el caso base y el caso con la gestión manual.

El ahorro presente es claro, el caso base con el caso gestionado tienen una misma tendencia, pero claramente el caso gestionado es menor, como se tiene el ahorro en consumo energético [KWh] se puede calcular el ahorro en términos monetarios. Para calcular el costo de la energía se utiliza la tarifa BT1 de Enel distribución de marzo del 2020 que tiene un costo de \$63,807 (\$/KWh) [24] obteniendo los valores presentes en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Comparación gasto en consumo energético mensual del aire acondicionado actual con el año anterior

mes	caso base	gestión manual
noviembre	\$ 496,683	\$ 409,599
diciembre	\$ 712,492	\$ 535,852
enero	\$ 743,780	\$ 538,515
febrero	\$ 559,526	\$ 357,491
marzo	\$ 478,082	\$ 331,937
abril	\$ 229,844	\$ 171,720
total	\$ 3,220,407	\$ 2,345,114

Es claro que se presentan ahorros mensuales, ya que, el consumo presenta ahorros mensuales. El caso base presenta un costo total de \$3,220,407 y el caso con gestión manual presenta un costo de \$2,345,114, lo que da una diferencia de \$875,293.

4.1.7. Comparación entre EDS

Como se mencionó anteriormente en el informe, este proyecto se realizó como un piloto para ser replicado en las otras EDS del país. Es por esto que se seleccionó otra copec con características similares y de tamaños idénticos, ambas de $503 m^2$. A continuación, se muestra en la figura 4.20 una gráfica de los consumos diarios presentados por ambas EDS a lo largo del mes de febrero:

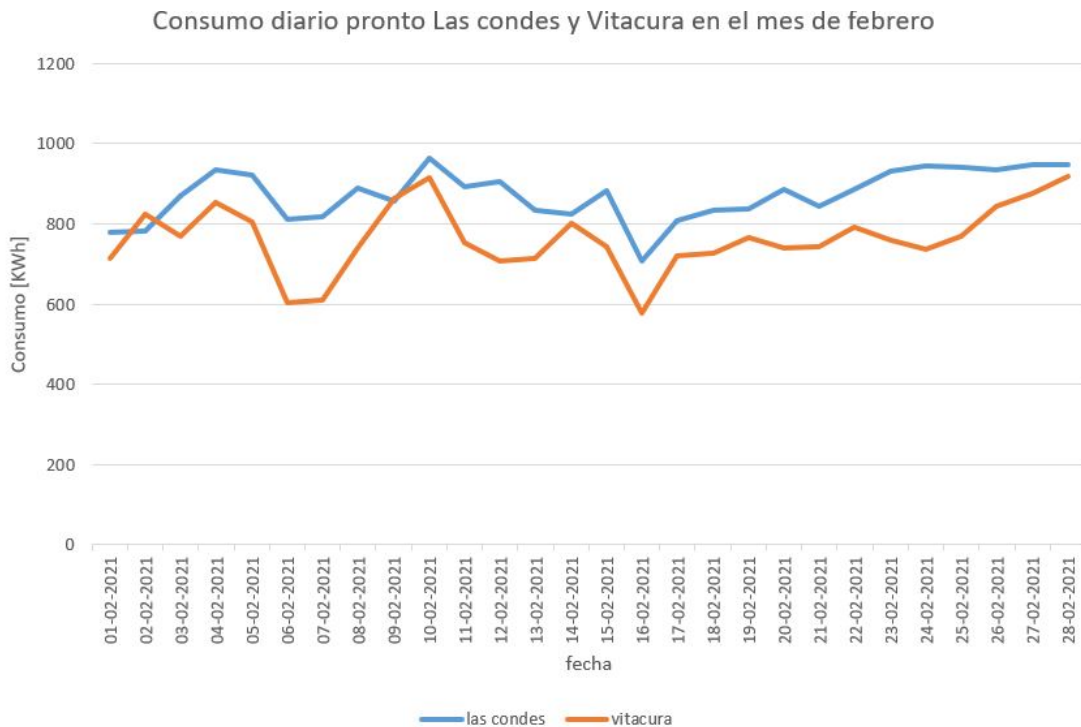


Figura 4.20: Gráfica que compara el consumo diario entre la EDS de Vitacura y Chillán.

Se puede ver en la gráfica de la figura 4.20 que el perfil de consumo es similar entre ambas

EDS, pero claramente Vitacura consume menos, siendo que ambas EDS son similares, en cuanto a tamaño y estructura.

4.2. Gestión de demanda manual del aire acondicionado

Para la gestión de demanda manual, se utiliza como base los datos obtenidos del consumo de gestión manual y se utiliza la función definida en el capítulo anterior, donde se apagará el aire a las 00:00 y se volverá a encender a las 07:00.

Debido a que ahora pasará a ser un controlador automático el que realice el cambio de apagado a encendido del aire acondicionado en los horarios de no funcionamiento, no existirá margen de error por olvido o descuido. Por lo que se verá en los diagramas de cajas que los valores atípicos presentados en el horario de cierre no estarán y se tendrá un consumo continuo de 0.5 [KWh], valor designado, ya que es el más bajo detectado.

Se puede ver en los diagramas de caja mostrados en las figuras 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 y 4.26 que el comportamiento es similar al caso de gestión manual. La diferencia radica en el horario de cierre, entre las 00:00 y 7:00, ya que al realizar el apagado y encendido de manera automática, no existe margen de error, por lo que no se presentan puntos atípicos en estos diagramas. En el caso manual, se ven puntos atípicos en el horario de cierre, debido a que estaba una persona a cargo, la cual podía realizar el apagado y encendido a distintas horas y a veces existían días donde no se apagaba el aire, provocando la existencia de puntos atípicos en el horario de cierre del local.

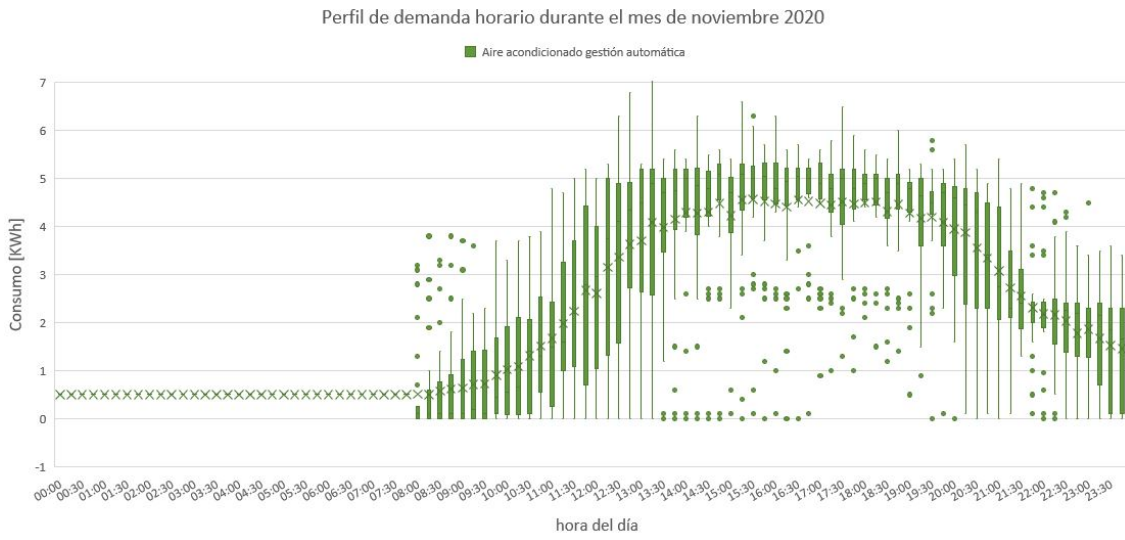


Figura 4.21: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de noviembre para el caso con gestión automática.

Perfil de demanda horario durante el mes de diciembre 2020

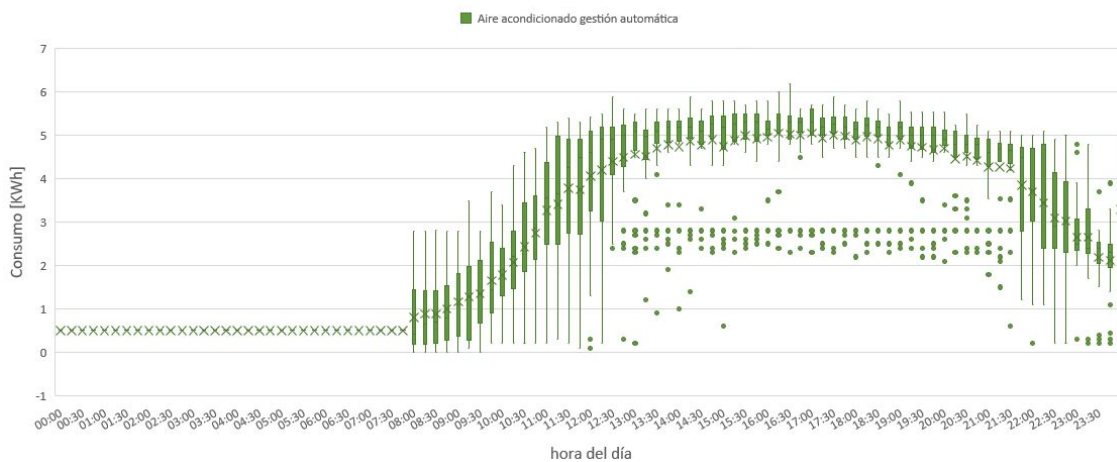


Figura 4.22: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de diciembre para el caso con gestión automático.

Perfil de demanda horario durante el mes de enero 2021

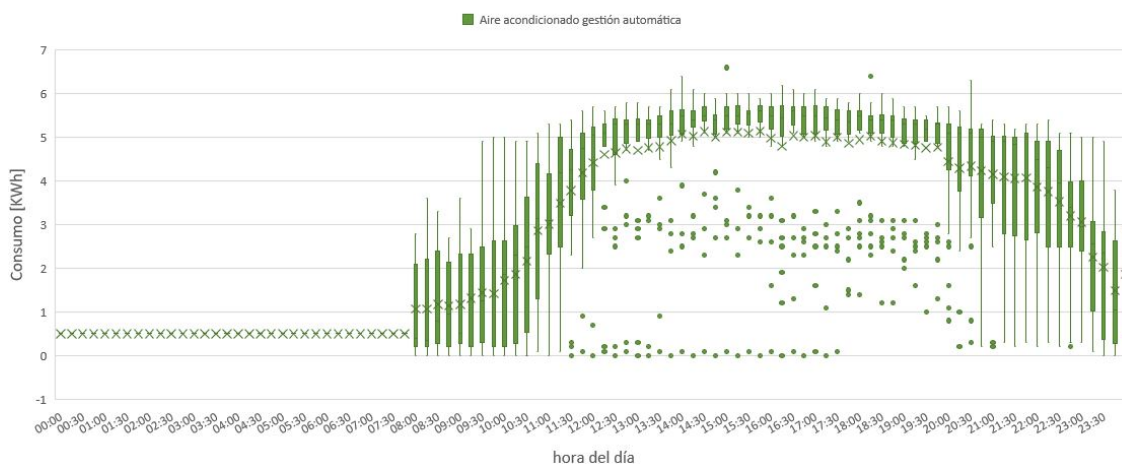


Figura 4.23: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de enero para el caso con gestión automático.

Perfil de demanda horario durante el mes de febrero 2021

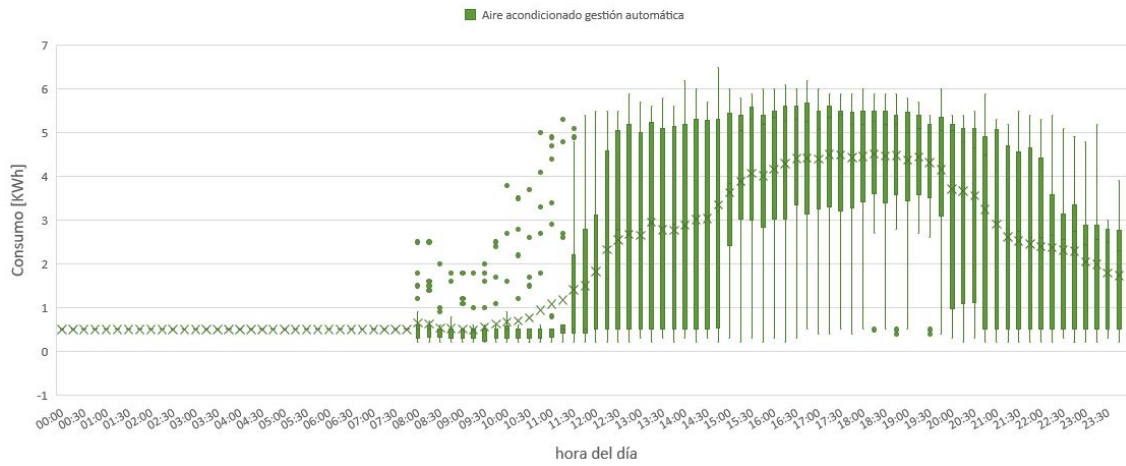


Figura 4.24: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de febrero para el caso con gestión automático.

Perfil de demanda horario durante el mes de marzo 2021

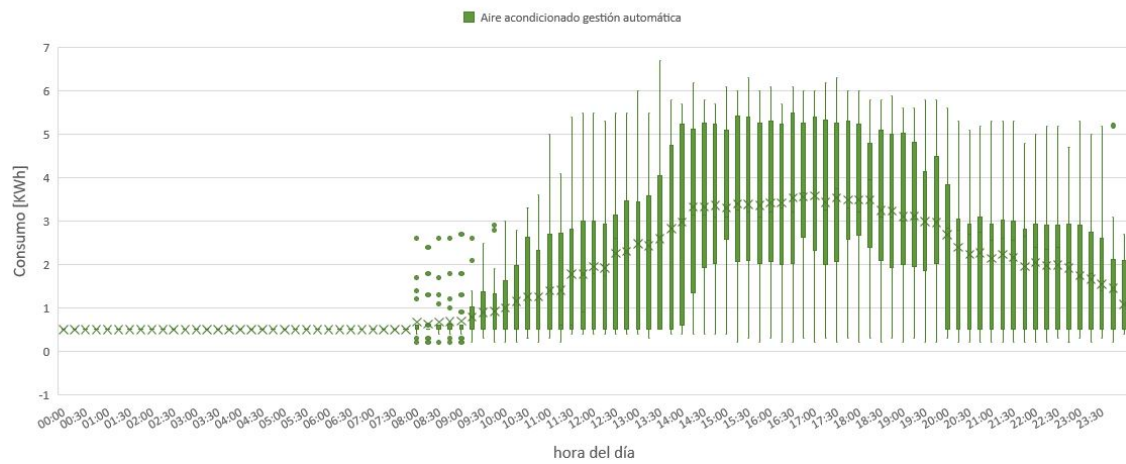


Figura 4.25: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de marzo para el caso con gestión automático.

Perfil de demanda horario durante el mes de abril 2021

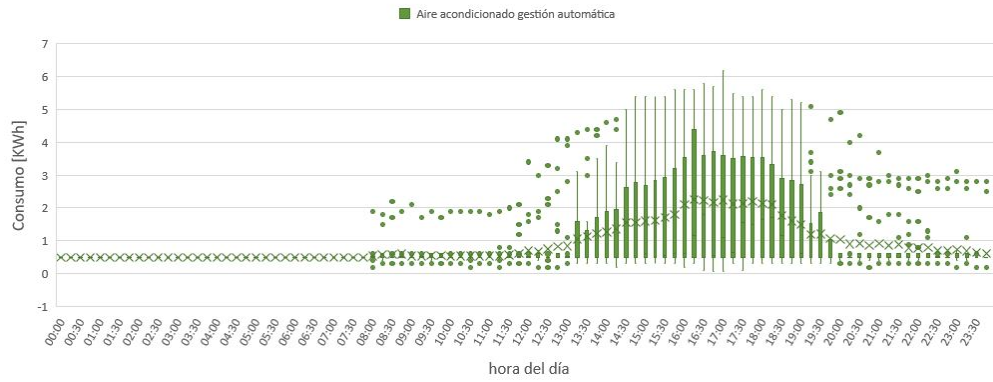


Figura 4.26: Gráficos de cajas del consumo horario del mes de abril para el caso con gestión automática.

En la tabla 4.3 se presentan los resultados obtenidos de la gestión automática en comparación al caso base. Se puede ver que se presentan ahorros en todos los meses, siendo el más grande el mes de febrero con 39 % y el de menor ahorro noviembre con 19.4 %.

Tabla 4.3: Comparación consumos mensuales entre el caso base y la gestión automática.

mes	caso base	gestión automática	diferencia porcentual
noviembre	7784.2	6272.5	-19.4 %
diciembre	11166.4	8086.3	-27.6 %
enero	11656.7	8056.8	-30.9 %
febrero	8769.0	5294.1	-39.6 %
marzo	7492.6	5031.7	-32.8 %
abril	3602.2	2623.9	-27.2 %

Ahora si realizamos la comparación con la gestión manual se pueden ver los resultados obtenidos en la tabla 4.4, donde se puede ver que en todos los meses existe un ahorro mayor al pasar de una gestión manual a una gestión automática, siendo enero y febrero los meses más favorecidos y noviembre y abril los que menos ahorraron.

Tabla 4.4: Comparación consumos mensuales entre la gestión manual y la gestión automática.

mes	gestión manual	gestión automática	diferencia porcentual
noviembre	6 417.2	6 272.5	-2.3 %
diciembre	8 398.0	8 086.3	-3.7 %
enero	8 439.8	8 056.8	-4.5 %
febrero	5 602.7	5 294.1	-5.5 %
marzo	5 202.2	5 031.7	-3.3 %
abril	2 691.2	2 623.9	-2.5 %

Además, se puede ver en la figura 4.27 que la tendencia entre ambas gestiones es la misma, pero la gestión automática es ligeramente menor a la gestión manual.

Comparación del consumo total mensual del aire acondicionado

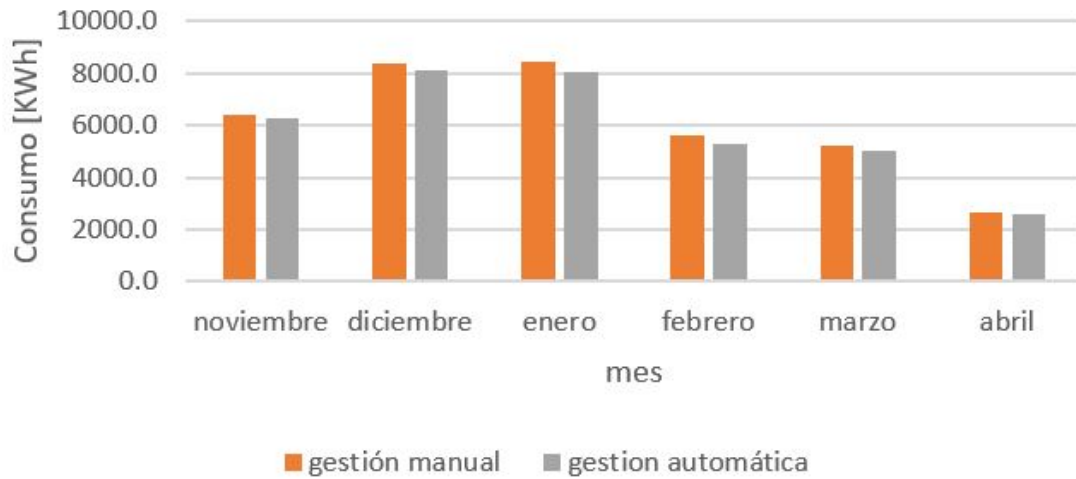


Figura 4.27: Gráfica que compara el consumo mensual entre la gestión manual y la gestión automática

Ahora, si se transforma este ahorro de energía [KWh] en costo, utilizando el valor indicado anteriormente de \$63,807 se tienen los costos de la tabla 4.5, donde se puede ver que el costo total de la gestión manual es de \$2,256,555, lo que da una diferencia de \$88,559.

Tabla 4.5: Comparación gasto en consumo energético mensual del aire acondicionado en el caso base, caso con gestión manual y gestión automática

mes	caso base	gestión manual	gestion automática
noviembre	\$ 496,683	\$ 409,599	\$ 400,233
diciembre	\$ 712,492	\$ 535,852	\$ 515,961
enero	\$ 743,780	\$ 538,515	\$ 514,077
febrero	\$ 559,526	\$ 357,491	\$ 337,801
marzo	\$ 478,082	\$ 331,937	\$ 321,058
abril	\$ 229,844	\$ 171,720	\$ 167,425
Total	\$ 3,220,407	\$ 2,345,114	\$ 2,256,555

Debido a que la gestión automática se realiza de manera simulada, no se puede asegurar, como en el caso de la gestión manual, que la temperatura dentro de la EDS sea la correcta, por lo que se analiza la temperatura y el consumo de un día en que la gestión manual fue apagada correctamente. Para este caso se encuentra el día 11 de noviembre del 2020, donde el aire acondicionado fue apagado al cerrar el local y encendido a las 10:00 como se muestra en la gráfica de la figura 4.28. Se escoge este día, porque como el aire se enciende tardíamente, el aire acondicionado iniciara en una temperatura más alta.

Perfil de demanda horario 11 de noviembre 2020

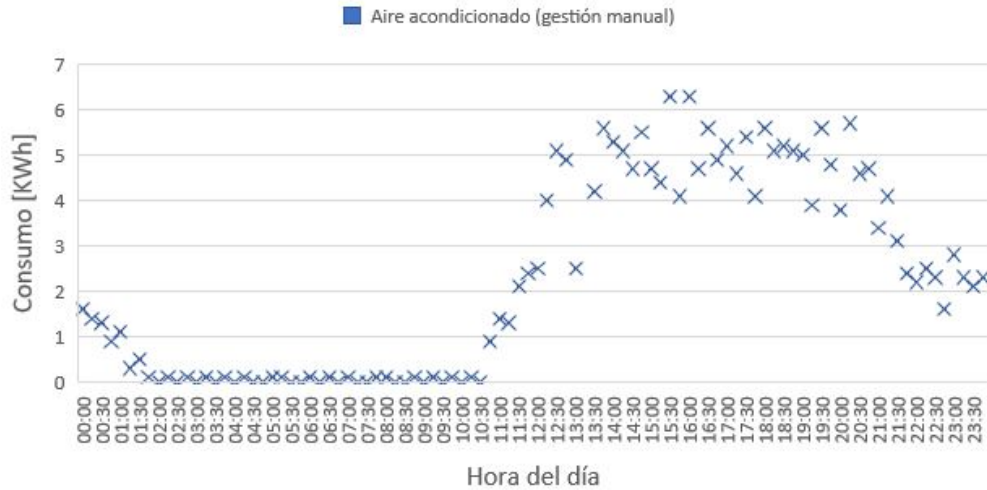


Figura 4.28: Gráfica de l consumo del aire acondicionado el día 11 de noviembre.

Analizando la temperatura del aire acondicionado mostrada en la gráfica de la figura 4.29, se puede ver que, a pesar de que al aire acondicionado se encendió de manera tardía, la curva de temperatura es similar a las mostradas anteriormente. En la figura 4.30 se presenta una gráfica con las temperaturas promedio al interior de la EDS en el caso base y el caso con gestión manual, si se analiza la hora donde se enciende el aire, se tiene que la temperatura es de 21.89 [°C], similar al promedio del mes, el cual es de 22.1 para el caso base y 22.5 para el caso con gestión manual.

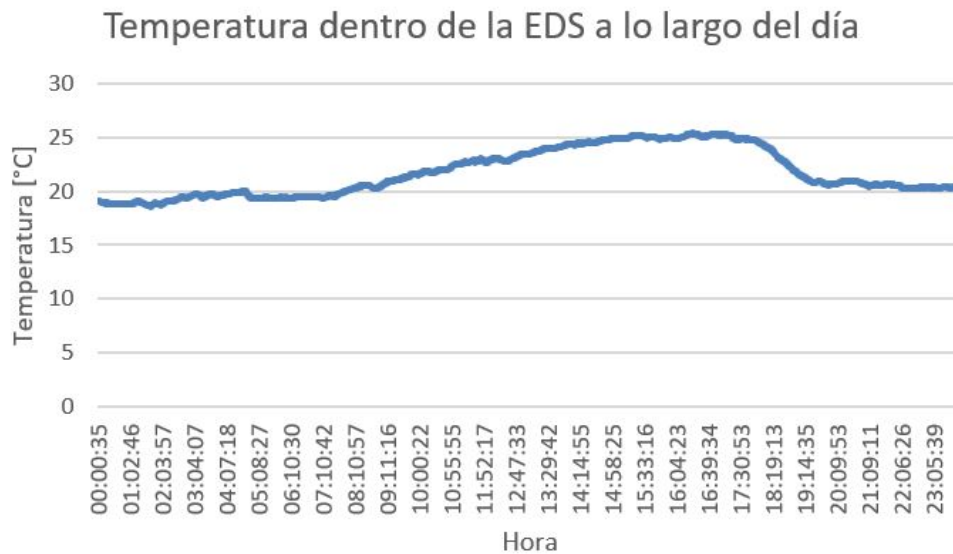


Figura 4.29: Gráfica de la temperatura al interior de la EDS el día 11 de noviembre.

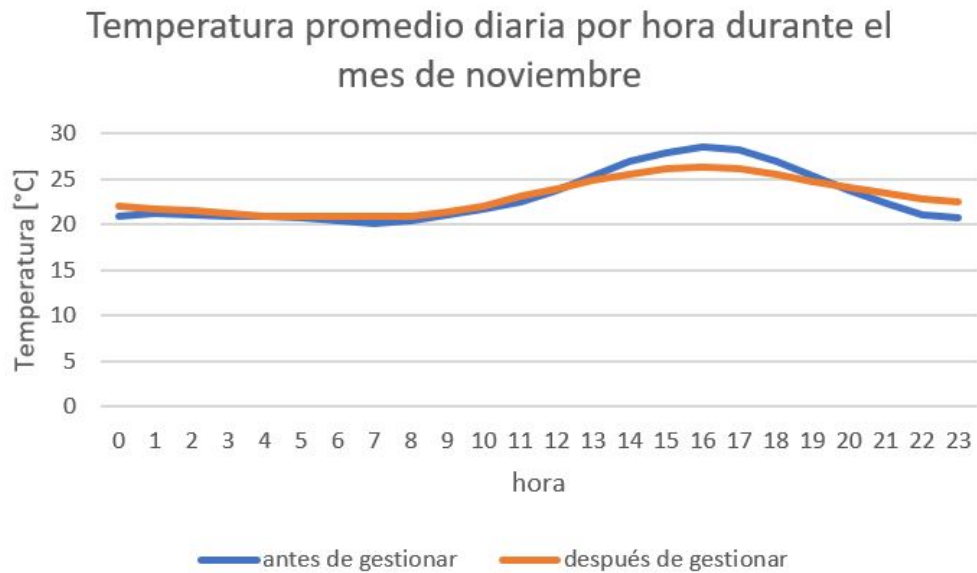


Figura 4.30: Gráfica de la temperatura promedio al interior de la EDS del mes de noviembre del caso base y el caso con gestión manual.

Ahora, si se toman los consumos del 11 de noviembre de los 3 casos se tienen los resultados mostrados en la tabla 4.6, donde se puede ver que el consumo más alto es el caso base con un consumo de 317.3 [KWh], luego el caso gestión automática con 231 [KWh] y por último el caso gestión manual con 224.1 [KWh].

Tabla 4.6: Consumo del 11 de noviembre para los 3 casos

	caso base	gestión manual	gestión automática
consumo [KWh]	317.3	224.1	231.8

Anteriormente, el consumo mensual, demostraba que el caso con gestión automática siempre es mejor que el caso con gestión manual, ahora con el caso presentado, se puede ver que al ordenar al aire acondicionado a prenderse y apagarse a cierta hora, omite el caso donde la EDS puede estar a la temperatura adecuada sin necesidad de tener el aire acondicionado encendido.

4.2.1. Expansión a la comuna

Como se menciono antes, Copec es una cadena de gasolinera a lo largo de Chile, por lo que existen variadas sucursales en distintos sectores. Como se tiene el estudio de un caso particular en la comuna de Vitacura, expandiremos el ahorro logrado de esta estación para toda la comuna. Dentro de la comuna existen 7 EDS: [23]

- Av. vitacura n° 6380
- Vitacura n° 5579
- Km7,65, eje oriente-poniente c. norte
- Km 7,55 eje oriente-poniente c. norte
- Av. las condes n° 10912
- Costanera norte km 2,5 e-0
- Av. vitacura n° 4207, los laureles

Para finalizar este análisis se expande el consumo de los 3 casos anteriores (caso base, caso con gestión manual y caso con gestión automática) obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.7: Costo total del consumo energético para los 3 casos, expandidos a las 7 EDS presentes en Vitacura

mes	caso base	gestión manual	gestión automática
noviembre	\$ 3,476,784	\$ 2,867,196	\$ 2,801,628
diciembre	\$ 4,987,443	\$ 3,750,961	\$ 3,611,730
enero	\$ 5,206,458	\$ 3,769,606	\$ 3,598,539
febrero	\$ 3,916,682	\$ 2,502,440	\$ 2,364,604
marzo	\$ 3,346,575	\$ 2,323,557	\$ 2,247,404
abril	\$ 1,608,907	\$ 1,202,037	\$ 1,171,977
Total	\$ 22,542,849	\$ 16,415,797	\$ 15,795,883

En la tabla 4.7 se tiene para el caso base un costo total de \$22,542,849 para las 7 EDS, para el caso con gestión manual un costo total de \$16,415,797 lo que daría una diferencia de \$6,127,052 entre ambos casos. Para el caso con gestión automática se tiene un costo total de \$ 15,795,883, lo que da una diferencia de \$ 6,756,966 para el caso base y una diferencia de \$619,914 con el caso manual.

Con esto se puede visualizar que el ahorro es mayor cuando se tiene presente una gestión, ya sea manual o automática.

4.3. Alcances en la ley

En la ley 21.305 sobre eficiencia energética, existe un punto dedicado a las grandes empresas. En este se explica que la empresas deben generar sistemas de gestión de energía, además

de informar su consumo de manera anual. Con la presente memoria se puede implementar un encendido y apagado de manera automática del aire acondicionado, lo que cumple con la generación de un sistema de gestión para las empresas. Además, en el punto 4 de la ley se plantea elaborar el primer plan de eficiencia energética que propone una reducción en un 10 % de la energía para el 2030 en comparación al 2019. Con este sistema de gestión se genera un ahorro mensual promedio de 29,6 %.

Capítulo 5

Conclusiones y trabajos futuros

5.1. Conclusiones

En la presente memoria se pudo estudiar la ley 21.305, la cual establece que se debe utilizar la energía de manera más eficiente y exige a las grandes empresas informar sus consumos de manera anual, además de generar sistemas de gestión de energías. Se pudo, además, distinguir qué ministerios están asociados a la creación de esta nueva ley.

El desarrollo de la memoria se basó en un proyecto realizado en la EDS de Vitacura, en la cual se identificaron los consumos más altos que existían y se seleccionó aquel que presentaba oportunidades para reducir su consumo. Bajo criterio experto se pudo seleccionar la opción más óptima de generar reducción en el consumo manteniendo la eficiencia.

Para la gestión de demanda, se utilizaron 2 métodos, uno manual y uno automático, basado en una función lineal por tramo. En ambos casos se presentan ahorros significativos en comparación con el caso base, pero al comparar ambas gestiones queda en evidencia que la gestión automática presenta mayor ahorro.

Gracias a la gestión de demanda, se presentan ahorros de hasta un 36,11 % mensuales, lo que ayudaría a las grandes empresas en el punto mencionado al principio, donde se indica que las empresas deberán informar sus consumos de manera anual, además de generar sistemas de gestión de energía. Con la presente memoria se queda en evidencia que ambos puntos se cumplen, pues al informar sus consumos se podrá mostrar una baja entre un año y otro y demostrar que se realizó bajo la gestión de demanda.

5.2. Trabajos futuros

Como trabajo futuro se puede implementar un controlador que realice esta acción directamente en un aire acondicionado y así poder monitorear la variable restante, que es la temperatura interior.

Además, se puede implementar una entrada más al controlador que sería la temperatura interior, debido a que existen días que quizás no es necesario encenderlo a las 7:00 u otros días que es necesario tenerlo encendido de antes.

Para un trabajo futuro se podría realizar un monitoreo en los meses de invierno, para ver como se vería afectado la gestión de apagado y encendido, puesto que iniciaría el día con menor temperatura y podrían existir momentos donde el aire acondicionado tenga que funcionar como calefactor.

Bibliografía

- [1] Editorial Etecé. (n.d.). Electricidad. Enciclopedia Concepto. <https://concepto.de/electricidad-2/>
- [2] Grupo Villar Mir Energía. (2022). ¿Cómo se genera la electricidad? Energía VM. <https://www.energyavm.es/como-se-genera-la-electricidad/#:~:text=Lamaneradeproducirelectricidad,quesirveparagenerarelectricidad.>
- [3] Nicolás García Bernal. (2021). Matriz energética y eléctrica en Chile. Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN_Matriz_energetica_electrica_en_Chile.pdf
- [4] Generadoras de Chile. (2021). Generación Eléctrica en Chile. <http://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile/#:~:text=Aenerode2022cuenta,10%2C9%25petróleo>
- [5] Blue light energy. (n.d.). Eficiencia Energética, el concepto que todas las empresas deben adoptar, permitiéndoles un mayor ahorro energético. 2021. https://www.bluelightenergy.cl/eficiencia-energetica/?gclid=CjwKCAjwve2TBhByEiwAaktM1BI2C9GONa_sCZ-WmX-e3VzZm9pu9Hde32CYVGfK0BAuPZXSCPf_0xoCP60QAvD_BwE
- [6] Fullwat. (n.d.). ¿QUÉ ES EL FACTOR DE POTENCIA? <http://blog.fullwat.com/que-es-el-factor-de-potencia/#:~:text=Cargaresistiva%3ATodalaenergía,tensiónycorrienteescero.>
- [7] Onur Ayan, B. T. (2018). Domestic Electrical Load Management in Smart Grids and Classification of Residential Loads.
- [8] My electrical diary. (2020). Explanations about Resistive, Inductive and Capacitive Loads. <https://diary-of-electric.blogspot.com/2020/02/explanations-about-resistive-inductive-and-capacitive-loads.html>
- [9] Ministerio de Energía. (2021). LEY 21305, SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA. Retrieved from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1155887>
- [10] MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN; SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA, F. Y. R. (2010). LEY 20416, FIJA NORMAS ESPECIALES PARA LAS EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO. Retrieved from <http://bcn.cl/2fj6r>
- [11] MINISTERIO DE ECONOMÍA. (2016). LEY 18410, CREA LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES. Retrieved from <http://bcn.cl/2fcrz>
- [12] MINISTERIO DE ECONOMÍA, F. Y. T. S. D. E. Y. E. D. M. T. (2021). DFL 3 FIJA TEXTO REFUNDIDO, COORDINADO Y SISTEMATIZADO DE LA LEY N° 19.496, QUE ESTABLECE NORMAS SOBRE PROTECCIÓN DE LOS DERECHOS DE LOS

- CONSUMIDORES. Retrieved from <http://bcn.cl/2pv9x>
- [13] Ministerio secretaria general de la presidencia. (2003). LEY 19880 ESTABLECE BASES DE LOS PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS QUE RIGEN LOS ACTOS DE LOS ORGANOS DE LA ADMINISTRACION DEL ESTADO. Retrieved from <http://bcn.cl/2f82e> <http://bcn.cl/2f82e>
- [14] Ministerio secretaria general de la presidencia. (2018). DFL 1DFL 1-19653 FIJA TEXTO REFUNDIDO, COORDINADO Y SISTEMATIZADO DE LA LEY No 18.575, ORGANICA CONSTITUCIONAL DE BASES GENERALES DE LA ADMINISTRACION DEL ESTADO. Retrieved from <http://bcn.cl/2f96v>
- [15] MINERÍA, M. DE. (2021). DECRETO LEY 2224 CREA EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y LA COMISION NACIONAL DE ENERGÍA. Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile. Retrieved from <http://bcn.cl/2mcwz>
- [16] HACIENDA, M. DE. (2021). DECRETO LEY 824 APRUEBA TEXTO QUE INDICA DE LA LEY SOBRE IMPUESTO A LA RENTA. Retrieved from <http://bcn.cl/2f7ce>
- [17] Madrid, C. de. (2007). GUÍA BÁSICA DE LA GESTIÓN GESTIÓN DE LA DEMANDA DEMANDA ELÉCTRICA. Bibliote virtual. Retrieved from <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005741.pdf>
- [18] cinglescomunicacions. (n.d.). Sistema de BMS: qué es y para qué sirve? Retrieved from <https://cinglescomunicacions.com/es/sistema-de-bms-que-es-y-para-que-sirve/>
- [19] PASSIVHAUSE, E. (2017). Certificación LEED. Retrieved from <https://www.eechile.cl/certificacion-leed/>
- [20] UNFCCC. (n.d.). El Acuerdo de París. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
- [21] HACIENDA, M. DE. (n.d.). ¿cuáles son las metas comprometidas en las NDC de Chile? ¿Cuándo proyectan la carbono neutralidad? <https://www.hacienda.cl/index.php/areas-de-trabajo/finanzas-internacionales/oficina-de-la-deuda-publica/preguntas-frecuentes/bonos-verdes/-cuales-son-las-metas-comprometidas-en-las-ndc-de-chile-cuando-proyectan-la>
- [22] Chile, G. de. (2020). Contribución determinada a nivel nacional (NDC) de Chile. https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/NDC_2020_Espanol_PDF_web.pdf
- [23] Tiendeo. (n.d.). Tiendas Copec Vitacura - Horarios, Teléfonos y Direcciones. <https://www.tiendeo.cl/Tiendas/vitacura/copec>
- [24] Enel distribución. (n.d.). Tarifas Suministros Clientes Regulados - Marzo 2020. <https://www.enel.cl/content/dam/enel-cl/es/personas/informacion-de-utilidad/tarifas-y-reglamentos/tarifas/tarifas-históricas/tarifas-de-suministros-clientes-regulados/TarifasSuministrosClientesRegulados-Marzo2020.pdf>