



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Construcción Civil

# Evaluación del Comportamiento Energético para Climatización de Hospitales Públicos de la Ciudad de Valparaíso, Caso de Estudio Hospital Eduardo Pereira

Por

Valeska Aranda Valdés

Tesis para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Construcción y al  
Título de Ingeniero Constructor

Prof. Guía: Claudio Carrasco Aldunate

Noviembre, 2018

### *Agradecimientos*

*Quiero agradecer infinitamente a Dios por darme la fortaleza de seguir creyendo en mí y en levantar mis brazos cada vez que perdía la esperanza y las ganas.*

*También dar las gracias a mis padres Silvia y Jorge que aunque los defraude en algún momento siempre me apoyaron para sacar lo mejor de mí y poder terminar esta etapa.*

*A mi hermana Javiera que con su energía y admiración me dio más fuerzas para seguir adelante.*

*A mi pololo Andrés por entregarme siempre su paz y su templanza para aclarar mi mente en los momentos más conflictivos.*

*A mis amigos de la vida que siempre me dieron una palabra de aliento y energía especial en cada momento.*

*A los docentes que fueron parte de mi formación académica de la Universidad de Valparaíso y mi profesor guía Claudio Carrasco Aldunate por su paciencia y sabiduría.*

# ÍNDICE

Índice de ilustraciones.....	6
Índice de Tablas .....	8
Resumen.....	9
Abstract .....	10
CAPÍTULO I: Antecedentes generales.....	11
1.1 Introducción .....	11
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo General.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 Alcances de la investigación.....	14
1.4 Metodología de la investigación .....	15
CAPÍTULO II: Marco teórico .....	16
2.1 Introducción .....	16
2.1.1 Mapa conceptual Marco Teórico .....	17
2.2 Energía .....	18
2.2.1 Tipos y Fuentes de Energía.....	19
2.2.3 Gestión Energética, Auditoría Energética y Programa de Eficiencia Energética .....	20
2.2.4 Eficiencia Energética .....	21
2.2.5 Medidas de eficiencia energética .....	21
2.2.6 Beneficios de la eficiencia energética.....	22
2.2.7 Sistemas energéticos en establecimientos de salud .....	23
2.2.8 Indicadores de consumo energético en los hospitales.....	24
2.2.9 Condiciones interiores y niveles de ventilación.....	25
2.2.10 Condiciones interiores y ventilación de recintos según MINSAL.....	25
2.2.11 Infiltraciones .....	25
2.2.12 Equipamiento Electrónico.....	26
2.2.14 Nivel de ocupación .....	27
2.2.15 Antecedentes generales de demanda en salas de hospitalización en Chile.....	28
2.3 Normativa Vigente en Chile .....	30
2.4 Condiciones climáticas .....	31
2.4.1 Índice climático aceptable.....	31
2.4.2 Clima en la Región de Valparaíso .....	31
2.4.3 Temperatura ambiente .....	33

2.4.4 Humedad relativa .....	33
2.4.5 Ventilación .....	33
2.5 Confort .....	34
2.5.1 Confort Higrotérmico.....	34
2.6 Condiciones de confort .....	35
2.6.1 Necesidades de confort del Hospital: Confort Térmico, Lumínico y Acústico.....	36
2.7 Edificios Hospitalarios.....	39
2.7.1 Variables para cumplir con estándares del módulo de Hospitalización .....	39
2.7.2 Envoltente .....	39
2.7.3 Asoleamiento .....	40
2.7.4 Control .....	41
2.7.5 Aspectos estadísticos de hospitales.....	42
2.7.6 Metodologías y herramientas en estudio de comportamiento energético en edificios	44
CAPÍTULO III: Marco Metodológico.....	51
3.1 Modo de obtención de la información y recopilación de datos .....	51
3.2 Metodología para el análisis del módulo de hospitalización .....	52
CAPÍTULO IV: CASO DE ESTUDIO .....	54
4.1 Planificación para el análisis.....	54
4.2 Mapa Conceptual y planificación .....	55
4.3 Características del Hospital Eduardo Pereira.....	56
4.4 Zonas térmicas Valparaíso .....	58
4.5 Características geográficas Valparaíso .....	60
4.5.1 Dirección de viento y temperatura atmosférica ciudad Valparaíso .....	61
4.6 Características de la Edificación.....	62
4.7 Aplicación de Caso .....	65
4.8 Análisis por facturación HEP.....	72
4.8.1 Eléctrico .....	72
4.8.2 Gas Natural .....	74
4.9 Características de sistemas de instalaciones del HEP.....	78
4.9.1 Sistema térmico.....	78
4.10 Levantamiento de Datos Consumo .....	79
4.10.1 Consumo Sistema Térmico .....	79
4.10.2 Consumo sistema eléctrico .....	82
4.10.3 Uso y Horario de los Dispositivos Consumidores de Energía HEP .....	85

4.11 Análisis en Software Design Builder .....	86
4.11.1 Análisis de Caso Base .....	86
4.11.2 Simulación Caso Base.....	89
4.11.3 Características de la envolvente en caso base.....	90
4.12 Ganancias Internas del caso base a simular .....	93
4.12.1 Equipos de Iluminación .....	93
4.12.2 Equipos Eléctricos Caso Base.....	94
4.12.3 Equipos Térmicos .....	95
4.12.4 Ocupación personas .....	95
4.13. Balances Térmico.....	96
4.13.1 Balance térmicos Caso Base .....	96
4.13.2 Balance térmico Estrategia n° 1 .....	97
4.13.3 Balance Térmico Estrategia n° 2 .....	98
4.13.4 Balance Térmico Estrategia n° 3 .....	99
4.13.5 Balance Térmico Combinación de Estrategias .....	100
4.14 Resultados de la Simulación .....	101
4.14.1 Comparaciones de caso base versus estrategias.....	101
4.15 Evaluación Económica.....	103
4.16 Análisis y Discusión .....	104
4.16.1 Pérdidas Térmicas.....	105
4.16.2 Promedio anual porcentaje de Incidencia de Pérdidas.....	107
4.16.3 Ganancias Térmicas.....	108
4.16.4 Promedio Anual de Incidencia en Ganancias .....	110
4.17 Estrategias Propuestas.....	111
CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN.....	114
ANEXOS .....	120

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Mapa Conceptual Marco Teórico .....	17
Ilustración 2: Sistemas Energéticos en Establecimientos de Salud .....	23
Ilustración 3: Planta Torre Médica Hospital Carlos Van Buren .....	28
Ilustración 4: Mapa de Zonificación Climática para Chile .....	30
Ilustración 5: Temperatura y Humedad relativa de la ciudad de Valparaíso .....	32
Ilustración 6 : Parámetros Climáticos promedio de Valparaíso.....	32
Ilustración 7: Confort Higrotérmico, Valparaíso .....	34
Ilustración 8: Factores y parámetros que determinan el Confort Térmico. ....	36
Ilustración 9: Asoleamiento .....	41
Ilustración 10: Total de Establecimientos Públicos .....	43
Ilustración 11: Consumos Energéticos diarios para las soluciones propuestas. ....	45
Ilustración 12: Cuadro resumen Consumo Energético .....	46
Ilustración 13 : Comportamiento de la Energía .....	47
Ilustración 14 : Comportamiento Energético .....	48
Ilustración 15: Esquema de Conclusiones .....	49
Ilustración 16 : Esquema de Relación.....	50
Ilustración 17: Modo Hospitalización.....	53
Ilustración 18: Tipología Hospital Eduardo Pereira .....	56
Ilustración 19: Fachada norte del Hospital Eduardo Pereira .....	57
Ilustración 20: Fachada noroeste Hospital Eduardo Pereira .....	57
Ilustración 21: Reglamentación Térmica Quinta Región.....	58
Ilustración 22: Emplazamiento Hospital Eduardo Pereira .....	60
Ilustración 23: Dirección de Viento y Temperatura Atmosférica.....	61
Ilustración 24: Hospital Eduardo Pereira 1era Planta .....	63
Ilustración 25: Cara Frontal Norte 3D Hospital Eduardo Pereira.....	63
Ilustración 26: Cara Oeste 3D Hospital Eduardo Pereira .....	64
Ilustración 27: Cara Este 3D Hospital Eduardo Pereira.....	64
Ilustración 28: Estación Valparaíso, Temperaturas .....	65
Ilustración 29: Incidencia del sol en invierno, horario mañana .....	67
Ilustración 30: Incidencia del sol en invierno, horario tarde .....	68
Ilustración 31: Incidencia del sol en verano, horario mañana .....	69
Ilustración 32: Incidencia del sol en verano, horario tarde .....	70
Ilustración 33: Radiación Solar.....	71
Ilustración 34: Gráfico distribución consumo eléctrico Hospital Eduardo Pereira .....	73
Ilustración 35: Gráfico Variación del consumo energético de gas natural .....	75
Ilustración 36: Gráfico Variación del consumo energético de gas natural .....	77
Ilustración 37: Consumo Total térmico de invierno HEP.....	80
Ilustración 38: Consumo Anual Sistema Térmico .....	81
Ilustración 39: Consumo total eléctrico .....	83
Ilustración 40: Consumo anual sistema eléctrico.....	84
Ilustración 41: Imágenes de Modelos analizados .....	86
Ilustración 42: Modelo Caso Base, Segundo piso .....	87

Ilustración 43: Zonas y m2 .....	87
Ilustración 44: Fachada noroeste Hospital Eduardo Pereira .....	88
Ilustración 45: Mapa conceptual simulación caso base .....	89
Ilustración 46: Simulación Caso Base .....	90
Ilustración 47: Cuadro explicativo Caso Base .....	91
Ilustración 48: Definición muros interiores Design Builder .....	91
Ilustración 49: Definición de muros exterior e interior .....	92
Ilustración 50: Definición de acristalamiento de ventanas .....	92
Ilustración 51: Fluorescente T8 .....	93
Ilustración 52: Balance térmico Caso Base .....	96
Ilustración 53: Propiedades térmicas, Doble Vidrio .....	97
Ilustración 54: Balance Térmico, Estrategia n° 1 .....	97
Ilustración 55: Propiedades Térmicas .....	98
Ilustración 56: Balance Térmico, Estrategia n° 2 .....	98
Ilustración 57: Propiedades térmicas Poliestireno .....	99
Ilustración 58: Balance térmico, Estrategia n° 3 .....	99
Ilustración 59: Balance térmico, Estrategia Combinada .....	100
Ilustración 60: Consumo caso base versus estrategias .....	102
Ilustración 61: Cuadro explicativo de envolvente .....	104
Ilustración 62: Pérdidas Térmicas del Caso Base .....	105
Ilustración 63 : Porcentajes de incidencias de pérdidas térmicas .....	106
Ilustración 64: Promedio anual de incidencias en pérdidas .....	107
Ilustración 65: Ganancias Térmicas .....	108
Ilustración 66: Porcentajes de incidencias en ganancias térmicas .....	109
Ilustración 67 : Promedio anual de incidencias en ganancias .....	110
Ilustración 68: Vidrio doble para ventanas .....	111
Ilustración 69: Marco de aluminio para ventanas .....	112
Ilustración 70: Poliestireno expandido .....	113

## Índice de Tablas

Tabla 1: Indicadores de Consumo.....	24
Tabla 2: Condiciones interiores y ventilación de recintos según Minsal.....	25
Tabla 3: Cargas de refrigeración unitarias por equipos en recintos, según Minsal .....	26
Tabla 4: Densidad de carga de iluminación.....	26
Tabla 5: Nivelación de ocupación de adoptados en proyecto.....	27
Tabla 6: Resumen indicadores de confort recomendados para diferentes establecimientos ....	35
Tabla 7: Parámetros lumínicos recomendados para las habitaciones de un hospital.....	38
Tabla 8: Camas Licenciadas del sistema de salud de Chile.....	43
Tabla 9: Servicio de salud por su clasificación y zonas térmicas .....	59
Tabla 10: Definición de zonas del Hospital Eduardo Pereira .....	62
Tabla 11: Consumo eléctrico de Hospital Eduardo Pereira 2013 .....	72
Tabla 12: Consumo eléctrico de Hospitales Eduardo Pereira, 2014.....	73
Tabla 13: Consumo Gas Natural 2014, Hospital Eduardo Pereira .....	76
Tabla 14: Sistema de Consumo invierno .....	79
Tabla 15: Sistema térmico de Consumo, verano. ....	80
Tabla 16: Resumen anual de Consumo.....	81
Tabla 17: Consumo Sistema Eléctrico.....	82
Tabla 18: Consumo anual sistema eléctrico.....	84
Tabla 19: Ranking de equipos consumidores de energía HEP .....	85
Tabla 20: Características generales del modelo, Caso base.....	90
Tabla 21: Consumo y potencia sistema de iluminación, Caso base .....	93
Tabla 22: Densidad de iluminación .....	94
Tabla 23: Sistema consumo eléctrico , Caso Base.....	94
Tabla 24: Sistema Consumo térmico, Caso Base .....	95
Tabla 25: Densidad ocupación Personas , Caso base .....	95
Tabla 26: Cuadro resumen transmitancias de estrategias .....	101
Tabla 27: Comparación de la Demanda en calefacción del caso base versus estrategias.....	101
Tabla 28: Comparación de Caso base versus estrategias sala de hospitalización.....	102
Tabla 29: Consumo simulación versus consumo estrategia .....	103
Tabla 30: Costo anual versus Costo con estrategia.....	103
Tabla 31: Costo estrategia.....	103

## Resumen

Los edificios antiguos, y quizás muchos de los que se están construyendo actualmente no han considerado los gastos energéticos que se producirían en el futuro para satisfacer las necesidades de confort térmico de sus habitantes, lo que da como resultado edificios ineficientes e incluso inhabitables.

Dentro de la ciudad de Valparaíso se encuentran emplazados tres edificios hospitalarios públicos que han sido construidos sin una consideración de eficiencia energética. Por lo que se tomó la decisión de realizar la investigación en el Hospital Eduardo Pereira ya que todas las especialidades se encuentran en solo un edificio considerando lo complejo del sistema de funcionamiento de un hospital. Para este estudio su finalidad y propósito fue evaluar la situación actual energética del Hospital y a partir de los resultados proponer estrategias de reducción de consumo energético para lograr que el edificio tenga una evolución hacia el camino de la eficiencia.

Con esta finalidad se realizaron simulaciones energéticas como también un estudio en terreno de los gastos y consumos de energía del sistema eléctrico y térmico. De toda esta información cuantificada se obtuvieron los resultados para comenzar la simulación en un caso base escogido de acuerdo a un posterior análisis de cada planta del edificio hospitalario.

A continuación del análisis se ocupó un programa de simulación energética llamado Design Builder en el que se estudió el comportamiento actual del edificio. De acuerdo a esto se obtuvieron los resultados del balance térmico del edificio que indicaron las pérdidas y ganancias de energía, y para terminar a partir esa información proponer estrategias que contribuyan en disminuir las pérdidas sin perder el confort de los ocupantes.

## **Abstract**

The old buildings, and perhaps many of those that are being built at present, did not consider the energy costs that would be incurred in the future to satisfy the thermal comfort needs of their inhabitants, which results in inefficient and even uninhabitable buildings.

Within the city of Valparaiso are located three public hospital buildings that have been built without consideration of energy efficiency. The decision will be taken to carry out the investigation in the Eduardo Pereira hospital since all the specialty areas are in only one building considering the complexity of the operating system of a hospital, for this study its purpose and purpose was to evaluate the current energy situation of the Hospital to propose strategies for reducing energy consumption and for the building to evolve towards the path of efficiency.

For this, energy simulations were carried out as well as an on-site study of the energy and energy consumptions of the electrical and thermal system, of all this quantified information, results were obtained to start the simulation in a base case chosen according to a later analysis of each plant of the hospital building.

After the previous analysis an energy simulation program called Design Builder was occupied in which the current behavior of the building was studied. According to this, the results of the thermal balance of the building were obtained, which will indicate the energy losses and gains, which according to this information can be proposed strategies that contribute in reducing the losses without losing the comfort of the occupants.

# CAPÍTULO I: Antecedentes generales

## 1.1 Introducción

Los edificios hospitalarios son unos de los mayores consumidores de energía, la necesidad de un uso continuado los 365 días del año, las 24 horas del día, además de los requerimientos de confort y servicios médicos específicos, los convierte en una tipología arquitectónica altamente intensiva (Gas Natural Fenosa, 2010), por este motivo surge la necesidad de identificar las variables más importantes de un establecimiento eficiente, ya que uno de los propósitos históricos fundamentales de la construcción particularmente, es proveer de adecuadas, estables y permanentes condiciones de habitabilidad a sus habitantes, con prioridad en el confort higrotérmico, requerimiento básico e imprescindible para la actividad humana. (Manual de reglamentación térmica, 2006).

En la actualidad las estimaciones sobre el consumo de energía de estos establecimientos indican, que el sector de salud es responsable del 15% del consumo total del sector público, con alrededor de 240 GWh por año. Esta cifra es alta comparada a los estándares internacionales, sin embargo el alto consumo no se relaciona con un estándar de confort elevado, un ejemplo de esto es el hospital Dr. Luis Calvo Mackenna que consume en energía eléctrica un promedio de 2603 MWh al año, de la cual el 15% corresponde a iluminación, el 36% a climatizar el recinto, enfriando o temperándolos por medio de equipos de aire acondicionado, y el 10% en producir agua que llega hasta los artefactos sanitarios. El resto es energía utilizada por los instrumentos clínicos y artefactos conectados a la red eléctrica, en cifras monetarias, esto corresponde a un promedio de 300 millones de pesos por año y un consumo anual de 10.8 MWh/cama (Walter Löhr; Karin Gauer; Nelson Serrano; Alicia Zamorano, 2009).

En cuanto al nivel de confort que se debe alcanzar en un hospital, entendido éste como esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico según la norma UNE-EN ISO 7730 y que está en función del valor de un conjunto de variables ambientales (La temperatura del aire, la temperatura radiante, la humedad relativa y la velocidad del aire) y de unas ligadas a la persona (El consumo metabólico según el tipo de actividad realizada y la vestimenta). Así mismo conviene remarcar el grado de afectación que supone, de nuevo, la diversidad existente en el mismo, tanto a nivel de servicio como a nivel de ocupante.

A nivel de servicios o áreas, el hospital, como contenedor de un amplio conjunto de actividades, está obligado a cumplir con unos altísimos estándares de calidad, sobre todo para determinadas zonas, como las de quirófanos o las de recuperación, dónde, además, ha de controlar el nivel bacteriológico (Cruceta, 2005).

A nivel de ocupante, que hace uso de las instalaciones hospitalarias, conjugar dos situaciones tan diferentes como el confort del paciente, que debe permanecer, muchas veces, en un reposo casi absoluto y el confort del trabajador, que ha de realizar tareas que requieren una actividad física importante, es complicado. De esta forma, mientras la falta de confort térmico en el personal puede originar molestias o incomodidades que afecten a la ejecución de las tareas y

en consecuencia al rendimiento laboral, en los pacientes, puede llegar a suponer un retardo en su proceso curativo.

A su vez hablar de eficiencia significa obtener máximo beneficio de los recursos de los que se dispone, mediante una gestión adecuada de los mismos, evitando, en consecuencia, un coste económico innecesario (García, 1997). Por lo cual extrapolar esta definición al tema que nos ocupa, medir la eficiencia energética térmica en el sector hospitalario, supone dar respuesta a preguntas como: ¿Cuándo se puede considerar que un hospital es eficiente? ¿Cuál debería ser, en ese caso, su consumo de energía óptimo? Entonces medir la eficiencia energética conlleva a relacionar los inputs usados con los outputs obtenidos (García, 1997), que en nuestro caso, considerando tan solo la fase de uso del edificio, serían la energía suministrada y la energía consumida térmica, calefacción, climatización, ventilación, etc., respectivamente. (Cuchí et al, 2010).

En efecto es importante no confundir un aumento del consumo con un mayor confort, ya que ambos deben estar en la proporción adecuada (Antonio López, 2011).

El confort en un hospital es un factor muy importante y las condiciones de ambiente interior que se exigen en los mismos, reguladas por un conjunto de normativas, son bastante exigentes. Para aquello se espera disminuir al máximo las demandas de energía, utilizar y optimizar las ganancias internas y externas. En el caso de la calefacción o refrigeración, utilizar sistemas no contaminantes, eficientes y de bajo costo (Manual de reglamentación térmica, 2006).

Por ello, aunque se trate de unos edificios altamente consumidores de energía, en los que es necesario aplicar técnicas de eficiencia energética térmica que conduzcan a reducir las emisiones que generan, por todos los motivos que se vienen explicando, no hay que olvidar que éstas nunca deben ser realizadas a costa de reducir confort (Comando, 2008).

En el marco de crisis que se está viviendo el día de hoy, el hecho de que en nuestro país exista un alto porcentaje de hospitales públicos, hace necesario estudios que puedan derivar en un reajuste y que permitan, en consecuencia, un ahorro económico importante. Es ahí donde nos detenemos en una parte del país como es la región de Valparaíso (Antonio Carretero Peña; Juan Manuel García Sánchez, 2012).

El edificio en estudio de la ciudad de Valparaíso fue construido sin consideraciones ni normativas en eficiencia por ende su consumo elevado y demanda lleva a un mayor costo y esto hace sentido ya que se puede intervenir, analizar para buscar las formas y estrategias posibles por esto, es necesario caracterizar la envolvente de cada recinto del establecimiento, es decir, determinar el tipo de ventanas, muros, techumbre y el estado en que estos se encuentran. Con el objetivo de identificar opciones que conduzcan a utilizar la energía de manera eficiente (Juan Luis Olguín Marschhausen, 2010).

De acuerdo a este análisis y metodología usando las simulaciones podemos tener presente que realizando modificaciones a edificios que aunque no estén contruidos de forma eficiente si al re diseñar e intervenir ya sea de forma activa o pasiva podemos obtener mejoras y disminuir los consumos, perfectamente se podrían sobrellevar en el tiempo.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Evaluar el comportamiento energético en hospitales públicos de la ciudad de Valparaíso con el propósito de determinar estrategias de ahorros de energía.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la incidencia de la radiación solar y temperatura exterior sobre los cerramientos del edificio.
- Determinar la incidencia de la materialidad de la envolvente en el comportamiento energético del edificio.
- Determinar la incidencia de la actividad realizada por uso de ocupantes en el comportamiento energético del edificio.
- Determinar la incidencia de la carga de iluminación en el comportamiento energético del edificio.
- Determinar la incidencia de equipos térmicos y electrónicos sobre el comportamiento energético del edificio.
- Evaluar e identificar posibles acciones y cambios enfocados al ahorro en el consumo energético y minimización de costos hacia la obtención de la eficiencia.
- Definir estrategias de ahorro energético para el caso de estudio.

### **1.3 Alcances de la investigación**

- Esta determinación se realizará sólo considerando hospitales que estén dentro de la ciudad de Valparaíso.
- El alcance de estudio determinado será el hospital Eduardo Pereira seleccionando caso base.
- Se consideraran metodologías ya existentes para el estudio de eficiencia energética.
- No se considera el consumo del sistema agua caliente sanitaria y agua caliente calefacción.

## 1.4 Metodología de la investigación

El objetivo principal del trabajo es cuantificar el beneficio que conlleva la implementación de soluciones térmicas para hospitales, se hará un análisis de los hospitales de la ciudad de Valparaíso para poder escoger el edificio con las condiciones más óptimas para su estudio. De acuerdo a eso, se realiza un catastro in situ del hospital en estudio con la ayuda del departamento de mantención del edificio para proveer de información, ya sea de facturación de los distintos sistemas, como también de información sobre los equipos eléctricos y térmicos que se encuentran en todo el edificio. Logrando así cuantificar el consumo dependiendo de su uso y buscar donde se encuentra el mayor consumo y a que está relacionado, ya sea en equipos médicos, iluminación, equipos de oficina o climatización.

Con respecto al problema del edificio, se puede pensar en soluciones que sean posibles de analizar computacionalmente y compararlas con la misma herramienta. Las soluciones a implementar se harán interviniendo el diseño pasivo y donde se encuentren las más altas pérdidas, proponiendo estrategias en muros, ventanas y acristalamiento.

Así mismo con la herramienta computacional Design Builder se pueden estimar las bajas en la carga térmica producida por cada solución. Design Builder es una herramienta computacional para verificar el comportamiento energético, de luminosidad y confort de edificios. Ha sido desarrollado para simplificar el proceso de la simulación de edificios, y permite comparar rápidamente la función y el desempeño del diseño de edificios.

Posteriormente, se modelará en Design Builder el estado de un caso de estudio, en un lugar del edificio con distintos usos, respetando orientación, porcentaje, tipo de vidriado (simple y termo panel), iluminación y uso del edificio (ocupación y equipos de escritorio). Además de su condición de borde dada por la sombra que producen los edificio contiguos.

## **CAPÍTULO II: Marco teórico**

### **2.1 Introducción**

En este capítulo, para el entendimiento tanto del contenido como del motivo de esta investigación, se requiere la aclaración de ciertos conceptos, de los cuales algunos de ellos ya han sido planteados en la introducción del capítulo I.

Los edificios destinados a establecimientos de salud están designados entre los que requieren mayor uso de energía para funcionar, por lo que se hacen necesarias políticas, normativas y guías de diseño específicas. La recepción de medidas de eficiencia energética puede generar importantes ahorros operativos, los cuales permitirían reorientar esos recursos a la atención clínica, y los mayores costos de inversión, si los hay, serían amortizables en el corto y mediano plazo.

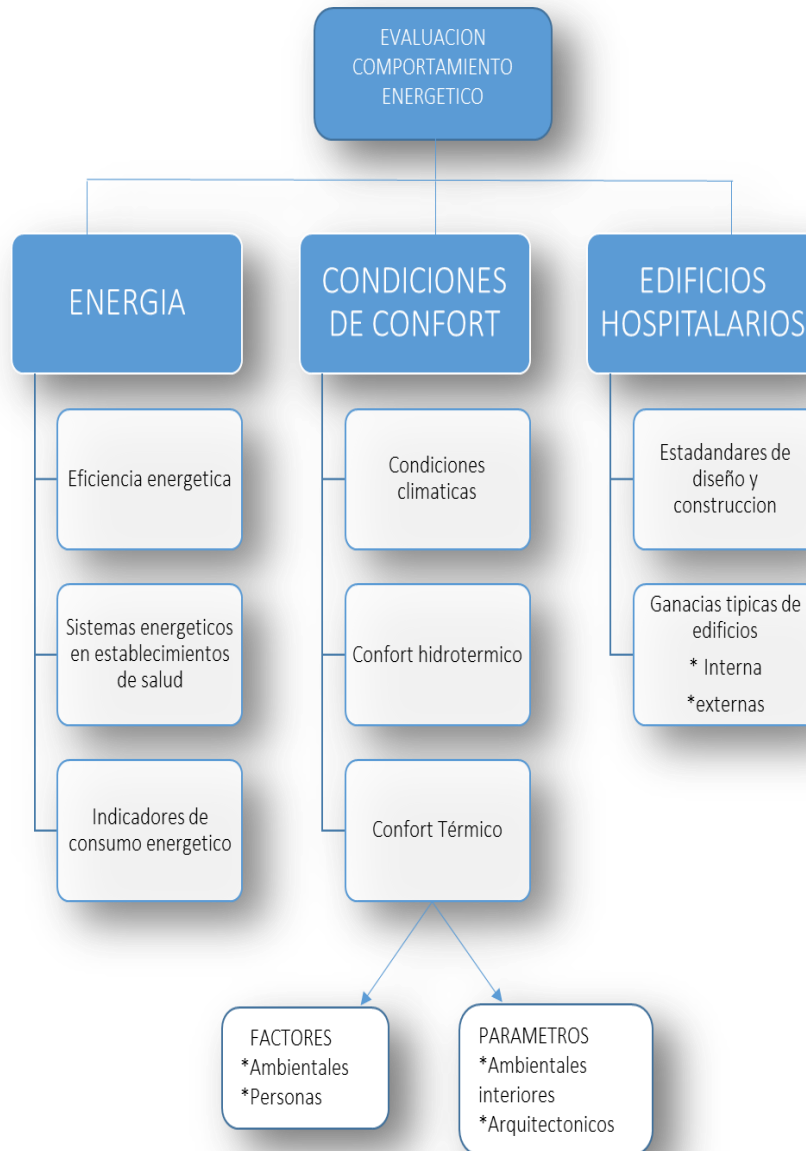
Un buen establecimiento de salud, con un buen desempeño energético y de habitabilidad, será el resultado de un conjunto de acciones coordinadas que abarcan todo el proceso de diseño, la construcción, puesta en marcha, y operación. Por consiguiente, cada edificio deberá tener en consideración factores como ubicación geográfica y el clima local, por lo que la arquitectura y tecnología deberán adecuarse a las particulares características del entorno. En estos se consideran las características pasivas que son orientación, factor de forma, envolvente térmica y acristalamiento más control solar.

Cabe mencionar, que estas características forman parte de un posterior diseño pasivo, que se deben apoyar en herramientas de modelación que permitan predecir el comportamiento térmico de diferentes alternativas de diseño y aportar datos para la toma de decisiones.

A su vez, también debemos considerar que un edificio con un adecuado diseño pasivo tendrá una baja demanda energética. A partir de ahí, se deberán incorporar sistemas activos eficientes acompañados con programas de gestión en climatización, iluminación artificial, sistemas de impulsión y calentamiento de agua potable, sistemas eficientes de generación de energía (eléctrica y térmica) y uso de energías renovables.

## 2.1.1 Mapa conceptual Marco Teórico

Ilustración 1: Mapa Conceptual Marco Teórico



Fuente: Elaboración propia, 2018

## 2.2 Energía

Con respecto a que entendemos por Energía, se puede mencionar que el término Energía tiene muchas acepciones y definiciones, relacionadas todas con la capacidad de transformar, poner en movimiento, realizar algún trabajo o suministrar un servicio. De esta manera, su apego hacia el lado industrial y económico lleva consigo una larga historia que se remonta al origen del hombre como ser pensante.

Si bien la energía ha estado presente siempre como recurso natural, adquiere relevancia cuando el ser humano toma conciencia de ella y le saca provecho para su beneficio y confort. En nuestros días, resulta tan vasta la utilización de energía y el desarrollo de tecnologías asociadas a ella, para explotarla y darle un uso industrial o económico, que no podemos desentendernos de su carácter intrínseco al ser humano y a la sociedad que conforma. Si bien en épocas primitivas la demanda de energía era mínima y los recursos se podrían haber considerado infinitos. Sin embargo con el transcurso de la historia, e hitos importantes en ella como la Revolución Industrial, las nuevas tecnologías y procesos desarrollados han experimentado una necesidad de energía explosivamente creciente.

Es por esto que en tiempos actuales, la escasez de los recursos utilizados, los altos costos económicos y el consumo energético desmedido y descontrolado han acaparado la atención mundial, tomando relevancia la idea de una eficiencia energética.

Dado que este nuevo concepto en el manejo de los recursos energéticos disponibles, corresponde a un conjunto de medidas y prácticas que reducen la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de bien o servicio, o para alcanzar los requerimientos energéticos asociados a un nivel de confort dado, sin perder la calidad del producto. En el mundo globalizado que vivimos, la eficiencia energética resulta vital ante la vulnerabilidad de los países sobre las fuentes de energía externas. Por tanto la disponibilidad de la energía es un factor fundamental para el desarrollo económico, lo que termina en comprometer las metas de crecimiento de cada país.

Teniendo en cuenta que en el planeta hay Energía en demasía y en muchas formas, pero que sin embargo, esta energía canalizada y procesada para ser usada es la que presenta carencias. A modo de ejemplo, la población mundial usa  $1,2 \cdot 10^{15}$  Tcal de energía anual y el puro Sol aporta aproximadamente  $1,76 \cdot 10^{19}$  Tcal anuales de energía radiante en la atmósfera terrestre. De igual forma, el agua consumida no alcanza al 1% de la masa hídrica total del planeta, sin embargo la disponibilidad de agua apta para el consumo humano se puede considerar escasa (Rodrigo vera, 2008).

## 2.2.1 Tipos y Fuentes de Energía

Como ya se mencionó anteriormente, nuestro planeta posee una gran cantidad de energía disponible en variados tipos y formas, pero de las cuales no todas son explotadas ni transformadas en utilizables. Las fuentes más comúnmente usadas son aquellas que se encuentran concentradas en una cierta cantidad de materia, como es el caso del petróleo, el gas natural y el carbón. Por otro lado se encuentran aquellas que se perciben en forma difusa, como es el caso del sol, el viento, la tierra, las mareas, entre otras.

Existen diferentes formas de clasificación de las fuentes de energía. Una clasificación de las fuentes de energía presentes en la naturaleza, se da de acuerdo al agotamiento de las fuentes, las que se especifican en:

**Fuentes de Energía Renovables:** Corresponde a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya que la tasa de utilización es mucho menor al ritmo de formación del propio recurso.

- Energía solar
- Energía eólica
- Energía geotérmica
- Energía hidráulica
- Energía mareomotriz
- Energía de la biomasa

**Fuentes de Energía No Renovables:** Corresponde a la energía que se encuentra en la naturaleza en una cantidad limitada, y que una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, ya que la tasa de utilización es muy superior al ritmo de formación del propio recurso.

- Combustibles fósiles: petróleo, carbón, gas natural.
- Energía nuclear.

Por otra parte de acuerdo al tratamiento o transformación de la energía se pueden clasificar en:

**Energía primaria:** Corresponde a la energía disponible en forma directa para su uso sin necesidad de someterla a un proceso de transformación. Ejemplo de ello son los combustibles crudos.

**Energía secundaria:** Corresponde a las energías primarias que son transformadas mediante procesos que modifican sus características iniciales, en formas de energía más adecuadas. Ejemplo de ello es la energía eléctrica y combustibles refinados o procesados.

### **2.2.3 Gestión Energética, Auditoría Energética y Programa de Eficiencia Energética**

¿Cómo saber dónde ir, a menos que se sepa de donde se viene? Esta resulta una poderosa pregunta para comprender cuál es el siguiente paso a dar, ya que la esencia está en entender de cuán lejos se ha venido para saber cuán lejos es posible llegar. En esta travesía, no sólo se necesitan las ganas de seguir avanzando, sino que también es necesario un destino y una metodología clara.

Así mismo durante los últimos años la atención ha sido centrada en el desarrollo de los métodos e instrumentos necesarios para ahorrar energía en hospitales. Ya que los hospitales son organizaciones las cuales funcionan 24 horas al día, a lo largo de todo el año, y consumen energía en diferentes formas y vías en una escala enorme. Ellos son generalmente grandes edificios complejos que merecen un cuidadoso control climático interior. En el caso de uso de equipos más antiguos (como es observado comúnmente en muchos de estos recintos), más energía es consumida en términos de más requerimientos de electricidad, más fuerza de trabajo intensiva y más mantenimiento, entre otras cosas.

De igual forma, edificios usados o pobremente aislados resultan en pérdidas de calor más grandes. Considerando todos estos factores, llega a ser muy necesario seguir un efectivo protocolo de gestión energética para implementar medidas de disminución de costos para ahorros energéticos.

Sin embargo, los altos costos de mantenimiento o restauración dejan poco espacio para incorporar inversiones para ahorrar energía en un presupuesto de hospital. Además, el confort y calidad del cuidado de pacientes es de suma importancia y no puede ser comprometido por medidas de rebaja de costos que pueden afectar la calidad del servicio. Una Gestión Energética, debería ser una buena medida para mejorar la eficiencia energética de una infraestructura en una continua competencia hacia la disminución de consumo de energía, y la tenencia y aplicación de un Programa de Eficiencia Energética (EEP) resulta una herramienta muy eficaz.

Los EEP son implementados dirigiendo Auditorías de Energía (EA). De esta manera muchos países pertenecientes a la International Energy Agency (IEA) están utilizando o desarrollando procesos de Auditoría Energética en orden a incrementar la eficiencia de los programas de ahorro de energía. Posteriormente la información obtenida, es usada para identificar y evaluar oportunidades de conservación de energía y formular apropiadas acciones de ahorro. Por lo tanto los cambios son realizados, entonces, basados en los reportes y sugerencias de la EA, y son observados y evaluados para mantener siempre el uso inteligente de la energía (Comisión nacional de energía, 2010).

La EA establece un portafolio de consumo energético e identifica un inventario de uso de energía por equipos. Una EA debería ser planeada de tal manera que cumpla los siguientes objetivos:

- Evaluar el mayor proceso energético.

- Evaluar el impacto en caso de cambios en alguno de los procesos energéticos.
- Anticipar el uso futuro de energía.
- Evaluar posibilidades de requerimiento de capital.
- Optimizar los procesos funcionales al mismo tiempo que se mantiene minimizado el uso de energía.
- Localizar ineficiencias en uso de energía en orden a implementar graduación en una manera oportuna.

Por consiguiente para los hospitales, llega a ser necesario implementar un desempeño basado en EEP que mantendría y mejoraría la calidad del servicio y al mismo tiempo reduciría el consumo usando medidas alternadas y sabias de uso de energía.

### **2.2.4 Eficiencia Energética**

Considerando que ya ha sido definida la energía, sus fuentes, usos e importancia en todas las actividades que desarrollamos, se continuará definiendo Eficiencia Energética (EE). La EE de un proceso, se refiere al cociente entre la cantidad de energía efectivamente aprovechada y la energía consumida para el efecto buscado.

La optimización de la EE se refiere al conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, sin sacrificar la producción, la calidad o los niveles de confort. Dicho de otra forma, la EE corresponde a “hacer más con menos”.

### **2.2.5 Medidas de eficiencia energética**

Existen básicamente dos tipos de medidas de eficiencia energética. Están las medidas operacionales, que consisten en modificar las formas de operar un equipo o sistema. Y las medidas de recambio tecnológico, que contemplan el reemplazo de un equipo o sistema por uno optimizado.

El uso optimizado de la energía genera diversos beneficios en términos económicos, medioambientales y a nivel país.

### **2.2.6 Beneficios de la eficiencia energética**

- Beneficios económicos: reduce los costos de producción u operación de las empresas, mejorando la competitividad.
- Beneficios ambientales: reduce el consumo de recursos naturales y por ende, disminuye la emisión de gases contaminantes.
- Beneficios a nivel país: aumenta la seguridad del abastecimiento de energía y disminuye la vulnerabilidad del país por dependencia de fuentes energéticas externas.

En nuestro país se han tomado medidas en favor de la EE desde el año 1994, tales como el cambio progresivo de luminarias de alumbrado público por equipos de mayor eficiencia, implementación de programas de ahorro energético en edificios públicos, el fomento al uso de iluminación eficiente, nuevos reglamentos en cuanto a aislamiento térmico de viviendas, creación de instrumentos de fomento para la EE y la incorporación del etiquetado en artefactos eléctricos y vehículos livianos, junto con campañas de sensibilización y apoyo al recambio de equipos, motores y camiones.

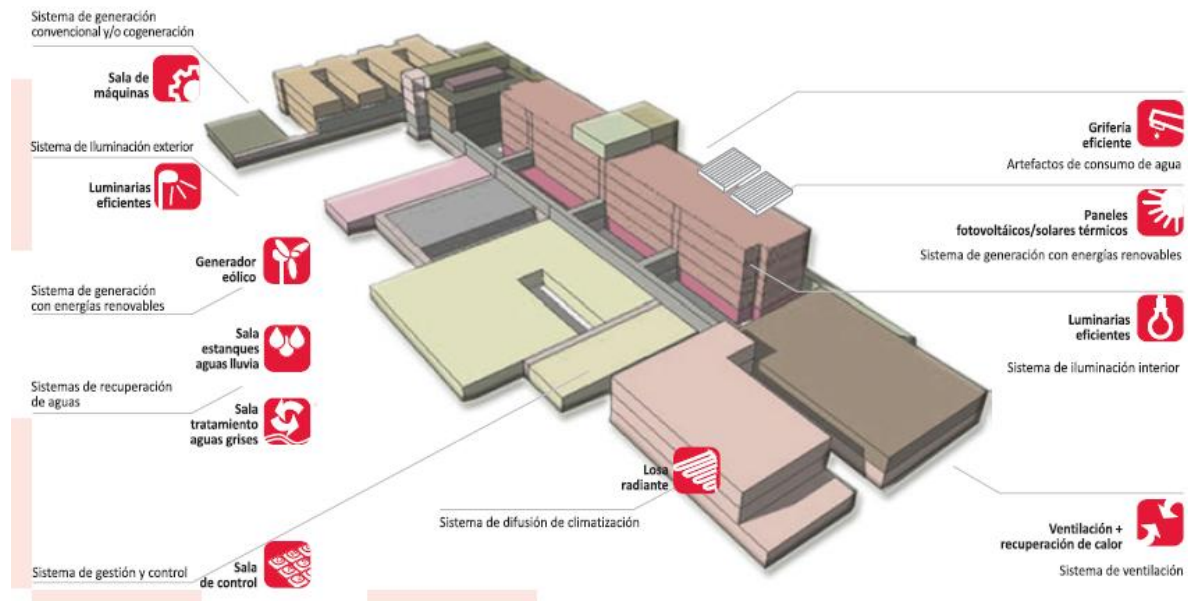
En la actualidad, Chile cuenta con una institucionalidad enfocada a la temática energética. Es así que a partir del año 2010 se creó el Ministerio de Energía, cuyo rol es la elaboración y coordinación de políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo energético. Además, en relación a la EE, Chile cuenta con la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, cuyo rol es el estudio, evaluación y coordinación de todo tipo de iniciativas relacionadas con la diversificación, ahorro y uso eficiente de la energía (Comisión nacional de energía, 2010).

## 2.2.7 Sistemas energéticos en establecimientos de salud

En un establecimiento de salud podemos distinguir una serie de sistemas que permiten satisfacer las diferentes demandas energéticas requeridas por este tipo de edificio. Estos sistemas pueden incluir tecnologías convencionales, así como de eficiencia energética y de energías renovables.

La siguiente lista resume estos diferentes sistemas a encontrar en un establecimiento de salud, los que se aprecian esquematizados en la ilustración 2.

**Ilustración 2: Sistemas enérgicos en establecimientos de salud**



Fuente: Guía eficiencia energética para salud establecimientos de salud, Achee, 2013.

En la ilustración II apreciamos lo siguiente:

- Sistema de iluminación artificial interior y exterior.
- Artefactos de consumo de agua (grifería, inodoros, urinarios, etc).
- Sistema de recuperación de agua (agua lluvia, aguas grises).
- Sistema de difusión de climatización (por aire, por agua, etc)
- Sistema de ventilación + recuperación de calor.
- Sistema de generación convencional y/o cogeneración.
- Sistema de generación con energías renovables, y Sistema de gestión y control.

## 2.2.8 Indicadores de consumo energético en los hospitales.

El indicador más frecuente utilizado para medir el consumo energético en el hospital es el de consumo por paciente o cama hospitalaria, pero, si entramos más en detalle, podemos considerar todos los indicadores energéticos enumerados a continuación.

**Tabla 1: Indicadores de Consumo**

<b>Electricidad</b>	<b>Combustible</b>	<b>Gestión de energía</b>
Fuerza. Demanda por cama (kw/cama)	Calefacción. Demanda por m2 (kcal/h.m2)	Energía consumida por m2 ( mwh/m2.año)
Fuerza. Consumo por cama (kw/cama. día)	Agua caliente Sanitaria .Demanda por cama (th/h. cama)	Energía consumida por cama (kwh/cama. día)
Alumbrado. Consumo por m2 (w/m2)	Cocinas. Demanda por cubierto (th/h. cubierto)	Coste energía eléctrica por cama (\$/cama. día)
Alumbrado. Consumo por m2 (kwh/m2. año)	Varios: Lavandería, Esterilización, Demanda por cama ( Th/h/cama)	Coste energía térmica por cama (\$/cama. día)
	Calefacción, ACS y varios. Consumo por cama (Th/cama. día)	Coste energía eléctrica en alumbrado (\$/kwh)
	Cocinas. Consumo por cubierto. (Th/cubierto)	Coste energía térmica en gas (\$/Th)
		Coste de energía térmica en gas (\$/Th)
		Porcentaje de presupuesto de la operación para energía %

Fuente: Tesis Doctoral Marta López, Salamanca, 2011.

Entonces, es evidente que para elaborar el conjunto de todos los indicadores mencionados es preciso conocer el edificio, las instalaciones y su funcionamiento, Además, como se ha mencionado anteriormente, para comparar los indicadores energéticos entre los hospitales hay que examinar los siguientes factores, por su influencia sobre los mismos:

- El tamaño del hospital, tanto en número de camas como en superficie.
- Las funciones realizadas en el edificio, según se trate de un hospital básico o Multifuncional.
- El diseño arquitectónico del edificio
- Su ubicación que determinara las condiciones climáticas, sociales.
- Los recursos energéticos de los que dispone, tanto propios como exteriores, gas, electricidad y petróleo.

- Los servicios complementarios que posee el hospital como la lavandería, la cocina, la zona de esterilización.

## 2.2.9 Condiciones interiores y niveles de ventilación

Se tendrán en cuenta los criterios referenciales de MINSAL

**Tabla 2: Condiciones interiores y ventilación de recintos según Minsal**

Recinto	ACH (h <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)	HR (%)	Presión	Ruido (dB)	Tipo de aire
Pabellones quirúrgicos	20	18-22	45-55	Positiva	< 40	100% aire exterior. Filtraje en tres etapas. 99,7%
UPC adultos/pediátrico	10	20-24		Positiva	< 40	100% aire exterior. Filtraje en dos etapas. 95%
UPC neonatal	10	24-27		Positiva	< 40	100% aire exterior. Filtraje en dos etapas. 95%
Imagenología	10	20-22		Positiva	< 40	100% aire exterior. Filtraje en dos etapas. 95%
Laboratorio. Banco de sangre	10	20-22		Positiva	< 40	100% aire exterior. Filtraje en tres etapas. 99,7%
Central de mezclas. Farmacia	10	20-22		Positiva	< 40	100% aire exterior. Filtraje en tres etapas. 99,7%
Sedile	10	20-22		Positiva	< 40	100% aire exterior. Filtraje en dos etapas. 95%
Pacientes inmunodeprimidos	30	22-24		Positiva	< 40	100% aire exterior. Filtraje en tres etapas. 99,7%
Pacientes infecciosos	10	22-24		Negativa	< 40	100% aire exterior. Filtraje en dos etapas. 95%

Fuente: [www.minsal.cl](http://www.minsal.cl)

## 2.2.10 Condiciones interiores y ventilación de recintos según MINSAL

En zonas de hospitalización se ha considerado una renovación mínima de aire de 3 h<sup>-1</sup> y condiciones de temperatura ambiente en un intervalo de 21° a 25° C. En zonas de salas de espera, áreas administrativas, boxes de consultas y áreas de hospitalización se ha considerado lo expuesto en ASHRAE Standard 62.1-2007:

- Áreas administrativas 0,4 l/sm<sup>2</sup>
- Consultas 8 l/s persona
- Pasillos y zonas comunes 0,4 l/sm<sup>2</sup>

## 2.2.11 Infiltraciones

Para la realización de las simulaciones se ha considerado un nivel de infiltraciones correspondiente a:

- 0,6 renovaciones/hora en zonas o estancias que lindan con el exterior
- 0,2 renovaciones/h en todas las zonas interiores
- 0,6 renovaciones/hora en zonas de pasillo/circulaciones

## 2.2.12 Equipamiento Electrónico

De acuerdo con criterios del MINSAL, según la tabla adjunta:

**Tabla 3: Cargas de refrigeración unitarias por equipos en recintos, según MINSAL**

Zona	Densidad carga (W/m <sup>2</sup> )
Habitaciones	10
Circulación	5
Estar Personal	10
Oficinas	40
Salas de Reuniones	10
Box Consultas	40
Imagenología	70
Residencia Médica	40
Sala Observación	40
Cafetería	50
Cocina	20
Laboratorio	70
UPC Cuidado Intermedio	70
UPC Cuidado Intensivo	70
Pabellón Quirúrgico	70
Salas de Partos	70
Sala Observación	40

Fuente: [www.minsal.cl](http://www.minsal.cl)

## 2.2.13 Nivel de iluminación

**Tabla 4: Densidad de carga de iluminación**

Zona	Densidad carga (W/m <sup>2</sup> )
Estar Personal	9,5
Oficinas	10,5
Salas de Reuniones	13,3
Box Consultas	17,9
Imagenología	14,2
Residencia Médica	6,7
Sala Observación	12,3
Cafetería	14,1
Laboratorio	19,5
UPC Cuidado Intermedio	17,9
UPC Cuidado Intensivo	17,9
Pabellón Quirúrgico	20,3
Salas de Partos	20,3
Diálisis	17,9
Habitaciones	6,7
Aislamiento Paciente	6,7
Rehabilitación	12,4

Fuente: ASHRAE Fundamentals, 2013.

### 2.2.14 Nivel de ocupación

Los ratios de ocupación empleados son los que se desprenden de los planos de amueblamiento del anteproyecto. En caso de ausencia se emplearán los siguientes:

**Tabla 5: Nivelación de ocupación de adoptados en proyecto**

Zona	Ratio (m <sup>2</sup> /persona)
Habitaciones	10
Circulación	9
Estar Personal	10
Oficinas	5
Salas de Reuniones	5
Box Consultas	5
Imagenología	10
Residencia Médica	10
Sala Observación	5
Cafeteria	5
Cocina	12,5
Laboratorio	10
UPC Cuidado Intermedio	5
UPC Cuidado Intensivo	5
Pabellón Quirúrgico	5
Salas de Partos	5
Sala Observación	10
Diálisis	10
Habitaciones	10
Aislamiento Paciente	10
Rehabilitación	10
Salón de Actos	2

Fuente: ASHRAE Fundamentals, 2013.

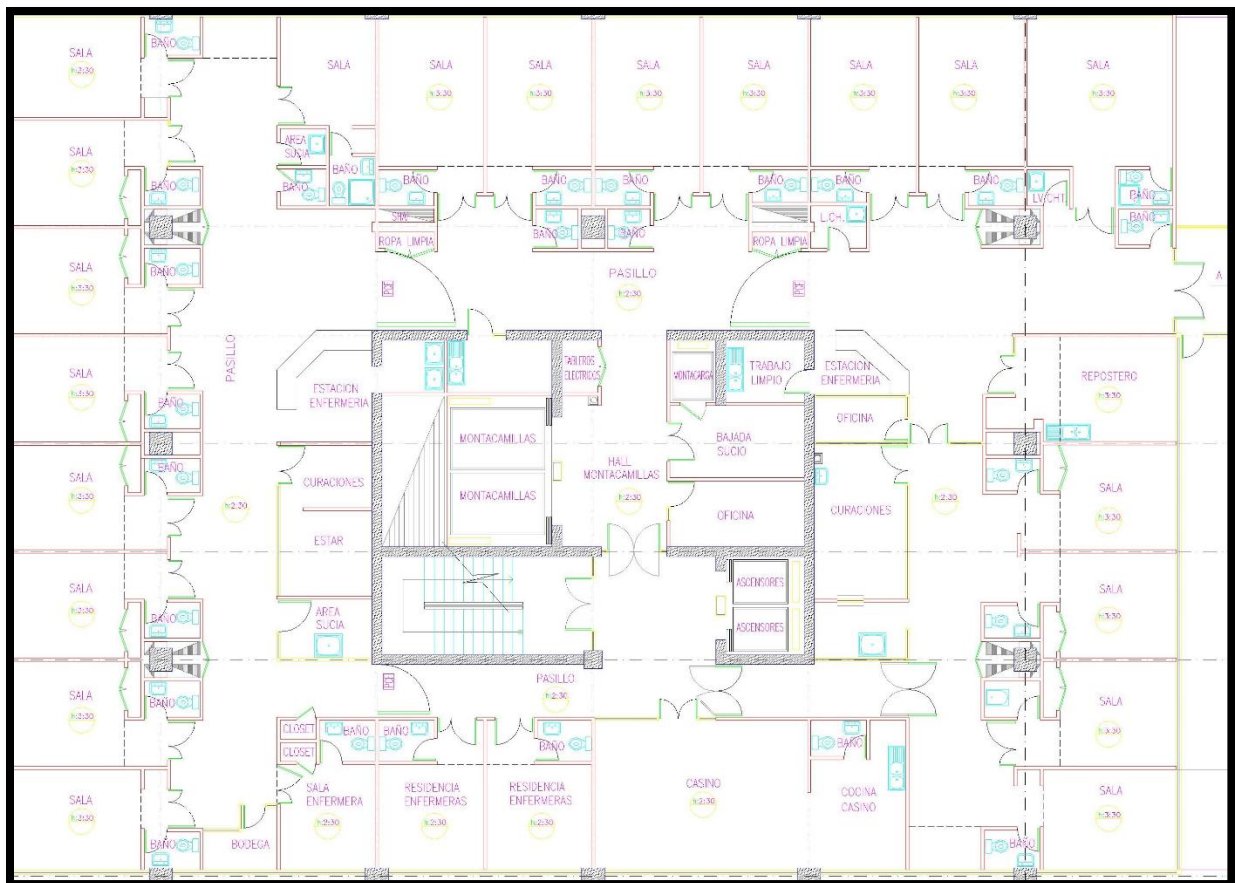
## 2.2.15 Antecedentes generales de demanda en salas de hospitalización en Chile

En el siguiente resumen se revisara brevemente la demanda energética en salas de hospitalización en distintos hospitales chilenos:

### Hospital Carlos Van Buren

El hospital Carlos Van Buren ubicado en la ciudad de Valparaíso, cuenta con 41.453 m<sup>2</sup> construido, 526 camas. Su demanda energética en sala de hospitalización es de 52 kwh/m<sup>2</sup> anual, se detalla la planta del hospital.

**Ilustración 3: Planta Torre Medica Hospital Carlos Van Buren**



Fuente: Hospital Carlos Van Burén, 2015.

También podemos encontrar hospitales diseñados eficientes y en los cuales las demandas son las siguientes:

**Hospital Carlos Cisternas, Calama**

- **Superficie total hospital**

28.993m<sup>2</sup>

- **Zona Climática (NCh 1079)**

Norte desértico (ND)

- **Demanda Energética (sala de hospitalización)**

23 kwh/m<sup>2</sup> según estudio de optimización envolvente + clima

**Hospital Regional de Rancagua**

- **Superficie total hospital**

98.593 m<sup>2</sup>

- **Zona Climática (NCh 1079):**

Central interior (CI)

- **Demanda Energética (sala de hospitalización)**

20 kwh/m<sup>2</sup> según estudio de optimización envolvente + clima

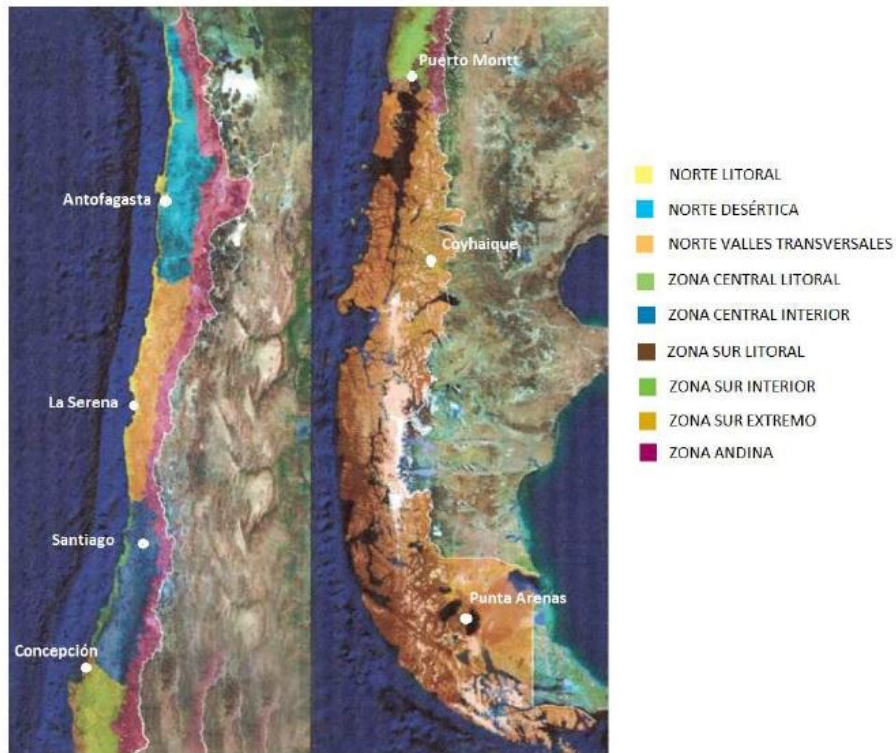
**Hospital Eduardo Pereira**

Para el hospital en estudio Eduardo Pereira, su demanda es de 40kwh/m<sup>2</sup> comparado con los hospitales con diseño más eficientes se ve una notable diferencia en la reducción de la demanda tomando parámetros de diseños pasivos o activos que reduzcan aquello, lo que se traduce en una disminución en consumo, lo cual rebajaría los gastos energéticos y costo del hospital.

## 2.3 Normativa Vigente en Chile

La Norma NCh1079 "Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico", establece una zonificación climática para Chile, que caracteriza cada zona, la ilustración muestra la zonificación de todo el país.

**Ilustración 4: Mapa de Zonificación climática para Chile**



Fuente: [www.achee.cl](http://www.achee.cl)

Valparaíso corresponde a la central litoral: Se conoce como litoral central a la zona costera de la Región de Valparaíso, entre la bahía de Papudo por el norte y el balneario de Santo Domingo por el sur. En esta zona se encuentran los principales balnearios y puertos de Chile.

Es una zona de clima mediterráneo con temperaturas templadas, inviernos de 4 a 5 meses su vegetación es normal. Las lluvias y heladas van en aumento hacia el sur.

Según esta norma la transmitancia térmica máxima de los muros perimetrales de la envolvente debe ser:

$$U_{max} = 1,9 \left[ \frac{W}{m^2K} \right]$$

## 2.4 Condiciones climáticas

### 2.4.1 Índice climático aceptable.

Todos los hospitales son únicos en diseño y medida, y en los diferentes servicios especiales que proveen. Sus sistemas técnicos pueden ser diseñados y ajustados para reunir los requisitos y necesidades de cada medio ambiente individual. Muchos países tienen regulaciones que indican como pueden ser alcanzados estos requerimientos. Esto es acompañado por regulaciones para la sensación térmica, ventilación, iluminación y niveles de temperatura interior.

### 2.4.2 Clima en la Región de Valparaíso

Para comprender los edificios hospitalarios a utilizar en este estudio, es necesario entender el clima de la región de Valparaíso.

En la Región de Valparaíso se distinguen cuatro tipos de clima: un clima seco de estepa que es la continuación del existente en la IV Región y tres climas templados que se diferencian entre sí por las características de la nubosidad y la duración del periodo seco.

Valparaíso posee un clima mediterráneo de gran nubosidad con veranos secos y tibios e inviernos húmedos y templados con una temperatura media anual de 13 °C (Csb) en la Clasificación climática de Köppen influenciado por la Corriente de Humboldt la cual modera las temperaturas en verano e invierno, haciendo que la Amplitud térmica anual sea atenuada. En julio, que es el mes más frío, la temperatura media es de 11,6 °C, mientras que en el verano asciende a unos 18 °C aproximadamente. Las temperaturas muy raras veces sobrepasan los 30 °C aunque en la ciudad se han registrado hasta 36 °C. Las precipitaciones se concentran en otoño e invierno, siendo el mes más lluvioso julio (118 mm); el total anual promedio de precipitaciones es de 472mm. La nieve se ha presentado en raras ocasiones en los sectores más altos de la ciudad. Caracteriza también a Valparaíso los fuertes vientos que durante el invierno pueden producir sensaciones térmicas por bajo el punto de congelación. El clima de Valparaíso se asemeja al de San Francisco en el estado de California, Estados Unidos, en una latitud similar del hemisferio norte.

En resumen en Valparaíso se encuentra:

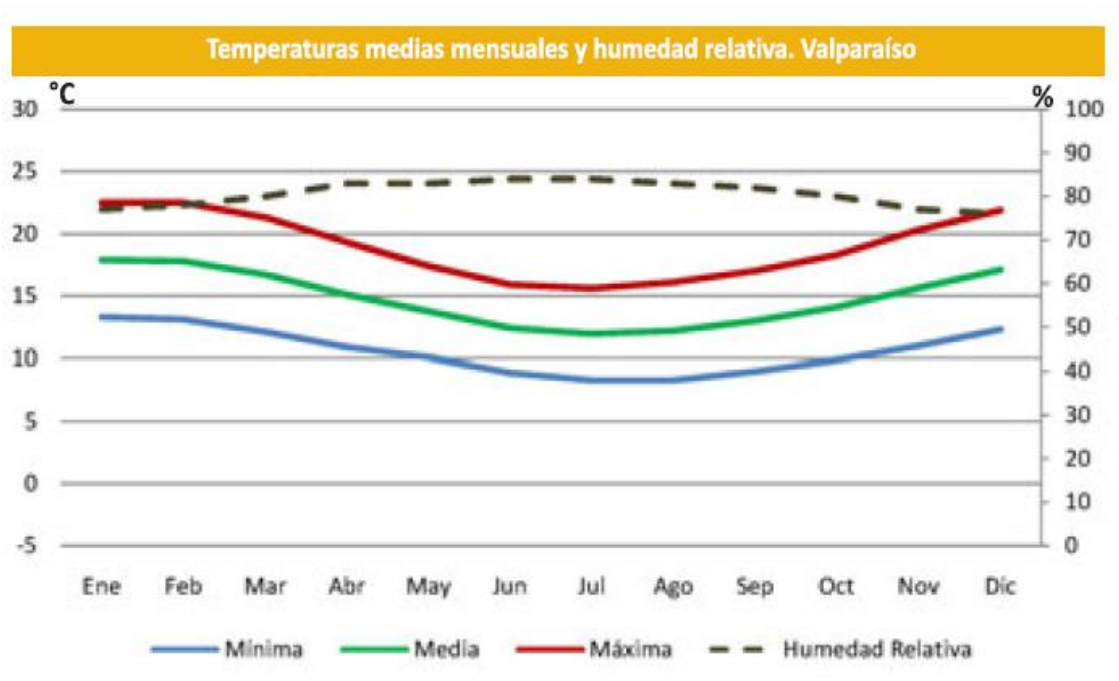
- Temperatura promedio moderadas a lo largo de todo el año.
- Temperatura promedio máxima en verano bajo la máxima de confort.
- Baja oscilacion diaria de temperaturas media mensual. Cerca de 7 °C en verano y solo 5 °C en invierno.
- Alta nubosidad durante todo el año. En verano, alta probabilidad de nubosidad matinal que disipa a mediodia .
- Alta radiacion solar en verano y moderada en invierno. Promedios de radiacion solar horizontal total entre 1,7 kwh/m2 día (julio) y 6,1 kwh/m2 (enero).
- Alta humedad ambiental durante todo el año. Promedios mensuales entre 78 % (enero) y 84% (julio).

- Precipitaciones moderadas concentradas en meses de invierno. Varían entre 300 mm anuales en el norte hasta cerca de 800 mm anuales en el sur. Máxima de 24 horas oscila entre 80 mm aproximadamente en el norte, y sobre los 120 mm en el sur de la zona.
- Vientos débiles de predominancia SW. Vientos intensos combinados con lluvia.

Los grados de calefacción calculados en base 18,3 °C son de 993 al año.

En el siguiente Gráfico podemos apreciar Temperatura y humedad relativa de la ciudad de Valparaíso.

**Ilustración 5: Temperatura y humedad relativa de la ciudad de Valparaíso**



Fuente :[www.meteochile.net](http://www.meteochile.net)

**Ilustración 6: Parámetros climáticos promedio de Valparaíso**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima absoluta (°C)	31.4	29.2	29.1	27.3	26	24.4	27	29.6	27.5	25.3	27	26	31.4
Temperatura máxima media (°C)	22.1	21.7	19.8	18.7	16.8	15.9	15.4	15.8	16.5	17.4	18.5	19.4	18.3
Temperatura media (°C)	15.9	16.2	15.2	13.6	12.2	11.4	10.7	11.2	11.7	12.7	13.8	14.9	13.2
Temperatura mínima media (°C)	13.2	12.8	10.6	8.6	7.6	7	6	6.6	7	8.1	9.1	11.5	9.1
Temperatura mínima absoluta (°C)	3	2.8	2.4	-0.2	-1.4	-1.8	-2.4	-1.6	-0.6	-5.4	1	1.4	-5.4
Precipitación total (mm)	4	12	17	28	97	242	148	88	30	16	7	3	462
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	3	2	3	5	9	9	8	8	6	5	3	2	63
Horas de sol	279.0	245.7	217.0	174.0	114.7	81.0	93.0	117.8	147.0	170.5	216.0	263.5	2119.2
Humedad relativa (%)	72	74	76	78	80	80	80	79	78	75	71	70	76.1

Fuente: <http://www.weatherbase.com/>

### 2.4.3 Temperatura ambiente

La temperatura ambiente interior es fundamental al momento de establecer un buen nivel de confort. Existen varios estándares sobre este tema, el más aceptado son el conjunto de las normas de confort térmico recomendadas en ISO 7730-1984 que establece un intervalo de temperatura óptima. Los intervalos son:

Temperatura operativa del aire:  $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  para invierno y  $24.5\text{ °C} \pm 1.5\text{ °C}$  para verano.

Diferencia vertical de temperatura del aire entre 1.6 m y 0.1 m (cabeza y tobillo) inferior a 3 °C.

Temperatura de superficie de suelo entre 19 °C y 26 °C (29 °C para sistemas de calefacción por suelo).

Velocidad media del aire inferior a 0.15 m/seg en invierno y 0.25 m/seg en verano.

Asimetría de temperatura radiante debida a planos verticales (ventanas, etc.) inferior a 10 °C.

Asimetría de temperatura radiante debida a planos horizontales (techos, etc.) inferior a 5 °C.

### 2.4.4 Humedad relativa

Los procesos de humidificación causan serios problemas en cualquier tipo de edificios y deben ser cuidadosamente vigilados, dada su influencia en el bienestar de los ocupantes. No existe acuerdo sobre cuál es el intervalo ideal de humedad relativa aunque el más generalizado se fija entre el 20% y el 60% (preferiblemente del 30% al 50%). Niveles muy altos de humedad, por ejemplo >70%, favorecen el incremento de hongos y otros contaminantes microbiológicos.

### 2.4.5 Ventilación

Una ventilación insuficiente es una de las causas más frecuentes de problemas en cualquier tipo de edificio, en particular de los hospitales. Para estos últimos, no es siempre el suministrador de calor el que también permite regular los índices de ventilación (como es normal para edificios comerciales como el caso de oficinas). Como el aire interior es contaminado por ocupantes y actividades en el hospital, debe ser renovado en orden a eliminar olores y contaminantes.

Existe Normativa sobre aportes mínimos de aire en muchos países, pero varía de unos a otros. La International Energy Agency (IEA) indica que un aporte de aproximadamente de 8 litros por segundo (30 m<sup>3</sup>/h) por persona será adecuada para el aire contaminado. Por su parte el estándar ASHRAE 62-1989 propone para obtener una calidad aceptable del aire interior una serie de aportes mínimos de aire fresco. Estos valores pretenden mantener el CO<sub>2</sub> y otros contaminantes dentro de un adecuado margen de seguridad.

Así, se recomienda un aporte mínimo por persona de 10 L/seg (35 m<sup>3</sup>/h). Dado que el grado de ventilación de una habitación en un hospital va a depender de la funcionalidad de ésta

(general o cuidados intensivos) se propone un rango de ventilación entre los 35 y 140 m<sup>3</sup> por persona / hora.

La ventilación en sí no debiera ser causante de problemas adicionales, sin embargo hay que cuidar el mantenimiento y limpieza de los equipos de ventilación y evitar recirculaciones de aire que puedan introducir nuevos contaminantes.

## 2.5 Confort

### 2.5.1 Confort Higrotérmico

Según el ábaco psicrométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 14% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico:

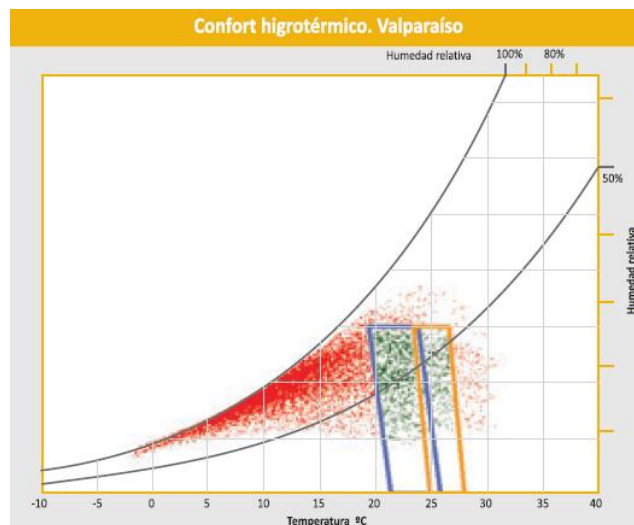
En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.
- Incorporación de un sistema activo de calefacción.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Refrescamiento nocturno.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.

**Ilustración 7: Confort Higrotérmico, Valparaíso**



Fuente :[www.meteochile.net](http://www.meteochile.net)

## 2.6 Condiciones de confort

Por lo que refiere el cumplimiento con las características arquitectónicas que deberían cumplir los establecimientos de salud, de tal manera de contribuir en forma pasiva a reducir el consumo de energía requerido para alcanzar los diferentes niveles de acondicionamiento ambiental para cada uno de los recintos que los componen. Pese a que este planteamiento es primordial dentro de un diseño eficiente de los establecimientos de salud, siempre existirá la necesidad de acompañar estos edificios con sistemas activos que permitan alcanzar los grados de confort y acondicionamiento necesarios en cualquier momento y frente a cualquier necesidad.

En la siguiente tabla se encuentra el resumen de las diferentes condiciones de confort mínimas a considerar que deberán alcanzarse en los diferentes recintos de un establecimiento de salud.

**Tabla 6: Resumen indicadores de confort recomendados para diferentes establecimientos**

Tipo de recinto	Iluminación( Lux )	Rango confort térmico[°c]	Humedad relativa [%]	Renovación aire hora [horas]
Hospitalización	300	21-24	40-60	6
Laboratorios/Farmacia	300	21-26	40-60	6.-12
Salas de espera	300	19-23	40-60	6
Salas de tratamiento	300-500	21-26	40-60	6
Dermatología	500	20-24	40-60	2
UCI	300	20-24	40-60	6
Pabellones quirúrgicos	500-1000	18-26	40-60	15-20
Urgencias	300	20-24	40-60	6.-12
Salas pre y post operatorio	300	21-26	40-60	6
Oficinas/Zonas administrativas	500	20-25	40-60	2
Área vestuario y aseo	150	20-26	40-60	2
Servicios higiénicos	150-200	20-24	40-60	6
Pasillos	150-200	19-25	40-60	2

Fuente: Guía eficiencia energética para establecimiento de salud, 2014

## 2.6.1 Necesidades de confort del Hospital: Confort Térmico, Lumínico y Acústico.

### 2.6.1.1 Confort térmico

En cuanto al nivel de confort que se debe alcanzar en un hospital, entendido éste como “esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico” según la norma UNE-EN ISO 7730, y que está en función del valor de una conjunto de variables ambientales (la temperatura del aire, la temperatura radiante, la humedad relativa y la velocidad del aire) y de unas ligadas a la persona (el consumo metabólico según el tipo de actividad realizada y la vestimenta), conviene remarcar el grado de afectación que supone, de nuevo, la diversidad existente, en el mismo, tanto a nivel de servicio como a nivel de ocupante:

**Ilustración 8: Factores y parámetros que determinan el confort térmico.**

<b>F a c t o r e s</b>	<b>Ambientales</b>	<b>Exteriores</b>	Temperatura del aire
			Temperatura Radiante
			Humedad Relativa
			Velocidad del aire
	<b>Personas</b>	<b>Psicologicos y contributivos</b>	sexo
			Edad
			Peso
			Nivel de actividad
			Estado de salud
			Intercambio de calor
			Historial térmico
			Tiempo de permanencia y espacial de los estimulos fisicos ambientales
	<b>Socioculturales y psicologicos</b>	Tipo de vestimenta	
Expectativa de confort			
contacto visual con el exterior			
<b>P a r a m e t r o s</b>	<b>Ambientales</b>	<b>Interiores</b>	Temperatura del aire
			Temperatura radiante
			Humedad Relativa
			Velocidad del aire
	<b>Arquitectónicos</b>	<b>Adaptabilidad del espacio</b>	Movilidad del ocupante dentro del espacio
			Modificacion de elementos y dispositivos de control ambiental

Fuente: Extraído de la tesis doctoral de María López cristiá (2011)

En la ilustración 8 podemos apreciar específicamente como hay factores y también parámetros que determina el confort térmico.

También podemos señalar que a nivel de servicios o áreas, el hospital, como contenedor de un amplio conjunto de actividades, está obligado a cumplir con unos altísimos estándares de calidad, sobre todo para determinadas zonas, como las de quirófanos o las de recuperación, dónde, además, ha de controlar el nivel bacteriológico (Cruceta, 2005).

A nivel de ocupante, que hace uso de las instalaciones hospitalarias, conjugar dos situaciones tan diferentes como el confort del paciente, que debe permanecer, muchas veces, en un reposo casi absoluto y el confort del trabajador, que ha de realizar tareas que requieren una actividad física importante, es complicado, y mientras la falta de confort térmico en el personal pueden originar molestias o incomodidades que afecten a la ejecución de las tareas, y en consecuencia, al rendimiento laboral, en los pacientes, puede llegar a suponer un retardo en su proceso curativo.

Es importante no confundir un aumento del consumo con un mayor confort, ya que ambos deben estar en la proporción adecuada.

El confort en un hospital es un factor muy importante y las condiciones de ambiente interior que se exigen en los mismos, reguladas por un conjunto de normativas, son bastante exigentes. Por ello, aunque se trate de unos edificios altamente consumidores de energía, en los que es necesario aplicar técnicas de eficiencia energética que conduzcan a reducir las emisiones que generan, por todos los motivos que se vienen explicando, no hay que olvidar que éstas nunca deben ser realizadas a costa de reducir confort.

### **2.6.1.2 Confort lumínico**

La iluminación en hospitales debe cumplir con dos objetivos básicos: Garantizar unas condiciones óptimas para que el personal sanitario pueda llevar a cabo sus tareas correspondientes y, a su vez, lograr un ambiente, lo más confortable posible, para el paciente, ya que, está demostrado, que una iluminación adecuada puede influir en su estado de ánimo, y por tanto, en su proceso de recuperación. Ambos objetivos, a su vez, deben garantizar la máxima eficiencia energética, en la medida de lo posible (IDAE, 2001).

El consumo en iluminación supone entre un 20% y un 30% respecto al consumo total de energía de un Hospital, lo que supone, según datos del IDAE un gasto de unos 1000 GWh/año, que representa el 0,6% del consumo eléctrico nacional. En emisiones de CO<sub>2</sub>, unas 600.000 toneladas de CO<sub>2</sub>/año emitidas a la atmósfera. Sin embargo, este gasto tiene un potencial de ahorro del 30%, por lo que es de gran importancia garantizar una iluminación eficiente, siempre dentro de unos buenos niveles de confort (mediante luminarias de alto rendimiento con equipos de bajo consumo y lámparas de alta relación lumen/watio, sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar.

Podemos clasificar los espacios del Hospital, según el nivel de percepción que se precisa para realizar la tarea:

Espacios con actividad visual elevada: Como quirófanos, laboratorios, salas de rehabilitación y terapia, salas de reconocimiento y tratamiento UCI, servicios de urgencias, salas de rayos X, salas de medicina nuclear, salas de radioterapia y salas de consultas externas.

Espacios con actividad visual normal: Como unidades de hospitalización, farmacia, oficinas y despachos.

**Tabla 7: Parámetros lumínicos recomendados para las habitaciones de un hospital**

Tipo de estancia o actividad	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Zona de la cama	Iluminación general	100	Cálido	1B	A
	Iluminación de lectura	300	Cálido	1B	A
	Iluminación de reconocimiento	800-1000	Cálido	1B	D
	Iluminación de vigilancia	5	Cálido	1B	B
	Iluminación nocturna		Cálido	1B	B
Servicios	Servicios	200	Neutro	2A	C

Fuente: Extraído de IDAE, Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria, 2013

El tiempo anual requerido por la actividad desarrollada en cada espacio también es muy importante: Urgencias o las zonas destinadas a vestíbulos, escaleras, accesos, pasillos, o ascensores requieren un uso anual máximo, 24 horas al día los 365 días del año, frente a almacenes u oficinas que tan solo están operativos de 8 a 12 horas, como mucho.

Existe un valor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado para mantener el diseño de las instalaciones de iluminación en parámetros de eficiencia energética del conjunto adecuados, cuando no son óptimos. Es el Índice de Eficiencia Energética (IEE).

## **2.7 Edificios Hospitalarios**

### **2.7.1 Variables para cumplir con estándares del módulo de Hospitalización**

Junto con las características térmicas de la envolvente, existen otras líneas estratégicas propias del diseño arquitectónico que influyen en las condiciones de habitabilidad y la eficiencia energética de los edificios. Estas estrategias definidas como de asoleamiento y control, se han incorporado en el análisis del módulo de hospitalización a fin de enriquecer el contenido de las recomendaciones y con ello entregar mejores herramientas de diseño arquitectónico de alta eficiencia.

A continuación se describen cada una de las estrategias para analizar, explicando brevemente su relevancia y como serán abordadas en los análisis en recintos de hospitalización.

### **2.7.2 Envolvente**

#### **2.7.2.1 Aislación de los elementos de la envolvente**

La contribución de los elementos de la envolvente es proporcional a su transmitancia, al igual que todas las otras variables. Al aumentar progresivamente el espesor de aislante que tiene un elemento, disminuye la demanda de calefacción. Desde un punto de vista costo/beneficio, para un muro determinado en una localidad y orientación dada del edificio, existe un espesor óptimo de aislante.

En el caso de las cubiertas, en general el efecto del aislamiento es más significativo que para muros verticales y pisos en contacto con el suelo natural.

Se analizó el efecto de espesor de un material aislante tipo, tanto para el partido general arquitectónico como para el módulo de hospitalización.

#### **2.7.2.2 Puentes térmicos**

Se entiende por puente térmico a todas aquellas zonas, encuentros o puntos donde existen pérdidas de calor por conducción, dadas por la falta de continuidad de la envolvente térmica entre el interior y el exterior de la construcción.

## **2.7.3 Asoleamiento**

### **2.7.3.1 Orientación**

El comportamiento de cada elemento de envolvente es influenciado por la radiación solar que recibe, incidiendo en su temperatura superficial y por ende, a la energía transferida a través de muros y cubierta. En el caso de los vidriados, la orientación es más crítica debido a la gran influencia de la radiación solar en el comportamiento global de los vidrios.

### **2.7.3.2 Tipo de acristalamiento y marcos**

La transferencia de calor a través del acristalamiento se descompone en la transferencia debida a la temperatura exterior, y en la transferencia por radiación solar. La inercia del vidrio es lo suficientemente baja para considerar que se comporta en régimen permanente, por lo que la transferencia dependerá de la conductividad del vidrio y de las cámaras de gas incorporadas. En cuanto a la radiación solar, ésta dependerá de la fracción transmitida directamente al interior y de la fracción absorbida y luego disipada hacia el interior.

### **2.7.3.3 Tamaño de ventanas**

Como se menciona anteriormente, las ventanas influyen en el comportamiento térmico del edificio, tanto por transferencia de calor como por ganancia solar directa. El tamaño de las ventanas puede así influir directamente en el nivel de ganancias y pérdidas del recinto, además de generar niveles de iluminación natural adecuados, insuficientes o excesivos.

### **2.7.3.4 Influencia de protecciones solares**

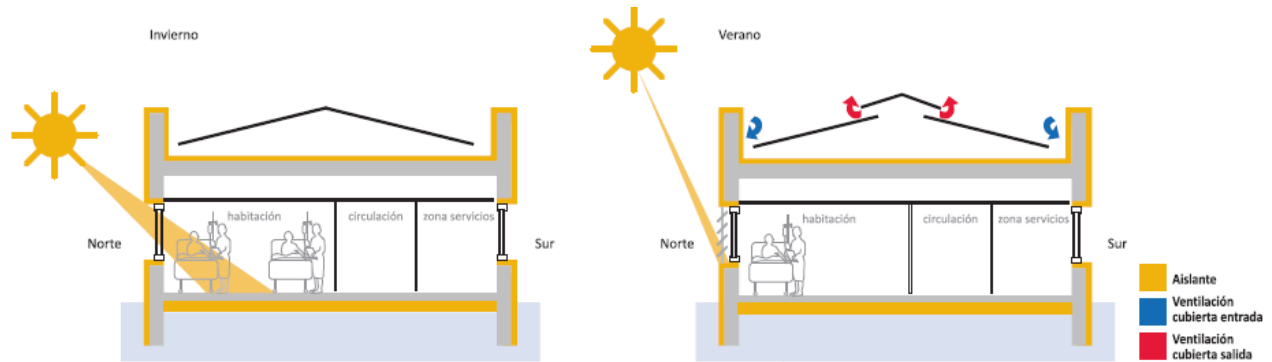
Son aquellos elementos externos a la ventana que modifican la cantidad de radiación solar recibida por esta, lo que dependerá de la radiación, el Angulo de incidencia y la orientación.

Se debe realizar un estudio de la influencia de un sistema de protección solar, mediante su equivalencia a tres tipos de factor solar, para cuatro distintas orientaciones de ventana. En las tablas de evaluación se tradujo el factor solar a coeficiente de sombra equivalente para mejor comprensión del lector.

Finalmente, los coeficientes de sombra que resulten apropiados se traducen a recomendaciones de porcentajes de sombreamiento de ventanas, a partir de las cuales el diseñador puede proponer elementos exteriores con efectos equivalentes. Es necesario tener en cuenta que en un establecimiento de salud se debe privilegiar la luz natural al máximo, motivo por el cual ha de preferirse un vidriado incoloro y su elemento de protección externo correspondiente antes que un vidriado tinteado o reflectivo.

Sin bien los elementos interiores tipo cortinas y persianas pueden ayudar al control solar, se considera que no son parte del diseño arquitectónico para efectos de estos tipos de análisis.

### Ilustración 9: Asoleamiento



Fuente: Guía de eficiencia energética para establecimientos de salud, 2014

## 2.7.4 Control

### 2.7.4.1 Control de la iluminación

Las cargas por iluminación interior pueden ser consideradas al momento de diseñar el proyecto de iluminación, ya sea por la distribución óptima de las luminarias, el tipo de luminaria, y su sistema de control.

### 2.7.4.2 Inercia térmica

Los elementos de la envolvente con inercia externa se comportan como retardadores de la ganancia exterior. Los elementos internos actúan a su vez como acumuladores de las cargas internas, con lo que reducen y retardan las pérdidas hacia el exterior.

Se debe realizar un análisis de la inercia térmica, comparando el efecto de aislar por dentro o fuera del muro a igual espesor y tipo de materiales.

### 2.7.4.3 Control de la ventilación y la infiltración

La ventilación puede producir tanto ganancias como pérdidas de calor en los recintos, ya sea por ventilación mecánica como natural. Por ese motivo se realizó un análisis de la influencia del uso de un sistema de recuperación de calor del aire de extracción.

### 2.7.5 Aspectos estadísticos de hospitales

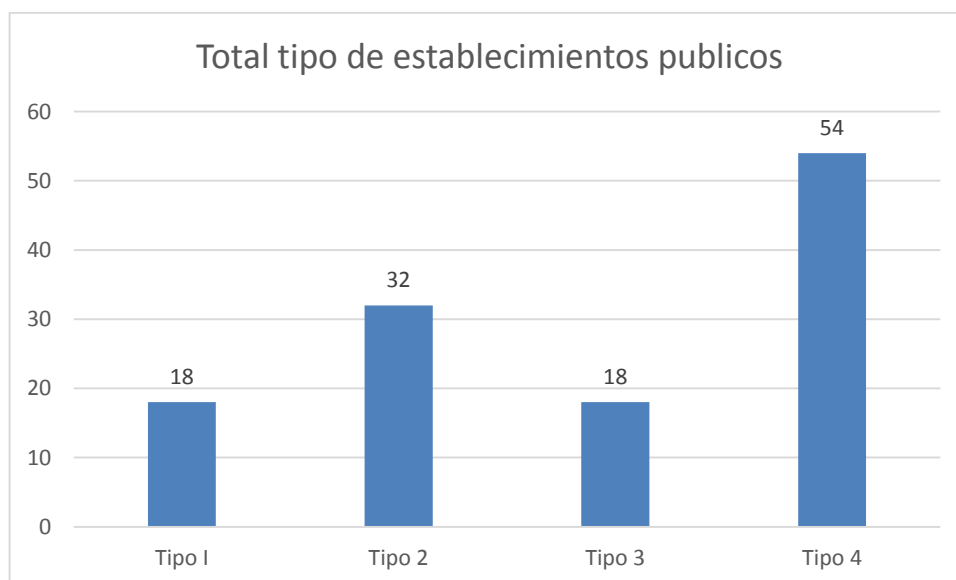
La red asistencial del sector público está constituida por establecimientos ambulatorios y hospitalarios de diferente complejidad asistencial. Entre ellos se cuentan 196 hospitales, de los cuales 60 corresponden a los de mayor complejidad. Así mismo, también forman parte de la red hospitalaria 14 hospitales privados que mediante un convenio de delegación prestan servicios a beneficiarios públicos. Además existen 5 Centros de Referencia de Salud que ofrecen servicios en las cuatro especialidades médicas básicas y 5 Centros de Diagnóstico y Terapéuticos que son establecimientos ambulatorios de muy alta complejidad. Por otro lado, hay un conjunto de clínicas y laboratorios manejados por personas o sociedades privadas. Todo esto, forma parte de la red asistencial nacional.

La complejidad de un hospital depende de varios factores y criterios, como lo son el área de influencia, la población asignada, el número de camas, los recursos humanos, los servicios existentes, el equipamiento y el tipo de actividades. Acorde con estos criterios es posible clasificar los hospitales en cuatro categorías:

- Hospital tipo I: Se encuentran ubicados en ciudades con más de 500.000 habitantes y deben contar con alrededor de 500 camas. Se encuentran ubicados en las ciudades cabeceras de los servicios de salud, constituyendo el hospital base de cada unidad del sistema, cuando el tamaño del Servicio de Salud o su ubicación geográfica lo justifique. Es el establecimiento de atención con el mayor nivel de complejidad y tiene adosado un centro de diagnóstico terapéutico. Posee servicio de urgencia organizado, residencia interna diferenciada por servicio clínico y unidades de tratamiento intensivo. El recurso humano comprende la casi totalidad de las especialidades y subespecialidades clínicas, pudiendo faltar aquellas que por razones de costo efectividad deban concentrarse en algunas unidades del sistema.
- Hospital tipo II: Se ubican en ciudades con más de 100.000 habitantes como único establecimiento hospitalario, pudiendo tener un centro de referencia adosado y cuentan con menos de 400 camas. También se pueden ubicar en grandes urbes como soporte de los hospitales tipo I. Cuando es el establecimiento hospitalario de mayor complejidad del Servicio de Salud, podrá aumentar su nivel de complejidad por sobre lo establecido en el listado de prestaciones y tendrá adosado un centro diagnóstico terapéutico. En cuanto a recurso humano y especialidades médicas es más simple que un hospital tipo I.
- Hospital tipo III: Se encuentran ubicados en localidades de hasta 50.000 habitantes y cuentan con menos de 200 camas, cuya área de influencia corresponde a las poblaciones asignadas a los consultorios rurales y generales urbanos, no siendo éste superior a 70.000 personas. Se pueden ubicar también en grandes ciudades, sirviendo para atender la demanda de hospitalización de menor complejidad de estas localidades.
- Hospital tipo IV: Se encuentran ubicados en ciudades con más de 10.000 habitantes y tienen un número aproximado de camas inferior a 100. Su área de influencia comprende las poblaciones asignadas a los consultorios rurales y generales del sector, no siendo éste superior a 30.000 habitantes. Cuenta con atención médica de urgencias las 24 horas del día y puede tener un consultorio general urbano adosado.

De acuerdo con esta clasificación, la distribución de hospitales del Sistema Público de Chile se puede apreciar en la siguiente Ilustración.

**Ilustración 10: Total de establecimientos públicos**



Fuente: DIES ,2010

**Tabla 8: Camas Licenciadas del Sistema de Salud de Chile.**

Región	Población [miles]	Sector Público		Sector Privado		Total camas por 1000 habitantes
		Nº camas	Ind. Ocup.	Nº camas	Ind. Ocup.	
I	373	834	57,7	217	35,8	2,8
II	443	1048	68,0	581	48,1	3,7
III	255	484	61,7	174	33,6	2,6
IV	545	1106	63,6	76	53,9	2,2
V	1488	4073	74,6	1180	59,4	3,5
RM	5738	10154	77,7	6550	62,7	2,9
VI	748	1437	60,4	328	50,8	2,4
VII	881	2085	66,2	377	59,5	2,8
VIII	1853	4327	64,1	1232	59,3	3,0
IX	836	2330	64,4	329	46,9	3,2
X	1017	2650	64,6	226	55,4	2,8
XI	89	287	51,0	10	17,5	3,3
XII	153	538	65,1	139	42,3	4,4
TOTAL	14419	31353	69,4	11419	58,8	3,0

Fuente: Anuario Atenciones y Recursos MINSAL, 2013

## 2.7.6 Metodologías y herramientas en estudio de comportamiento energético en edificios

*2.7.6.1 “Estudió tecnologías para la reducción del consumo energético destinado a confort térmico del edificio de Ingeniería civil de la Universidad de Chile”, Camilo Enrique Córdova Tornería, 2011.*

- **Objetivo Principal**

Esta investigación tiene por finalidad proponer y evaluar tecnologías para la reducción del consumo energético destinado a confort térmico para el edificio de ingeniería civil, especialmente en verano.

El edificio en estudio presenta problemas de confort térmico para quienes ocupan estas dependencias, sobre todo en verano, a pesar de que el consumo energético es más elevado en invierno. En muchos sectores de este edificio, que está destinado a oficinas para docentes, salas de reuniones, salas de computadores y salas de memoristas mayoritariamente, no se alcanza un estado de confort térmico. Estudios previos identifican los sectores más críticos del edificio. Oficinas docentes ubicadas en los sectores perimetrales norte y poniente del edificio alcanzan los 35°C de temperatura. Ante esto el sistema de climatización del edificio no logra cubrir la carga térmica que se necesita para mantener un estado térmico operable.

- **Variables**

Por consiguiente en primera instancia se modela el caso actual del edificio con el programa computacional Design Builder, llamándolo caso base. Este considera aspectos como:

- Orientación geográfica
- Posición geográfica

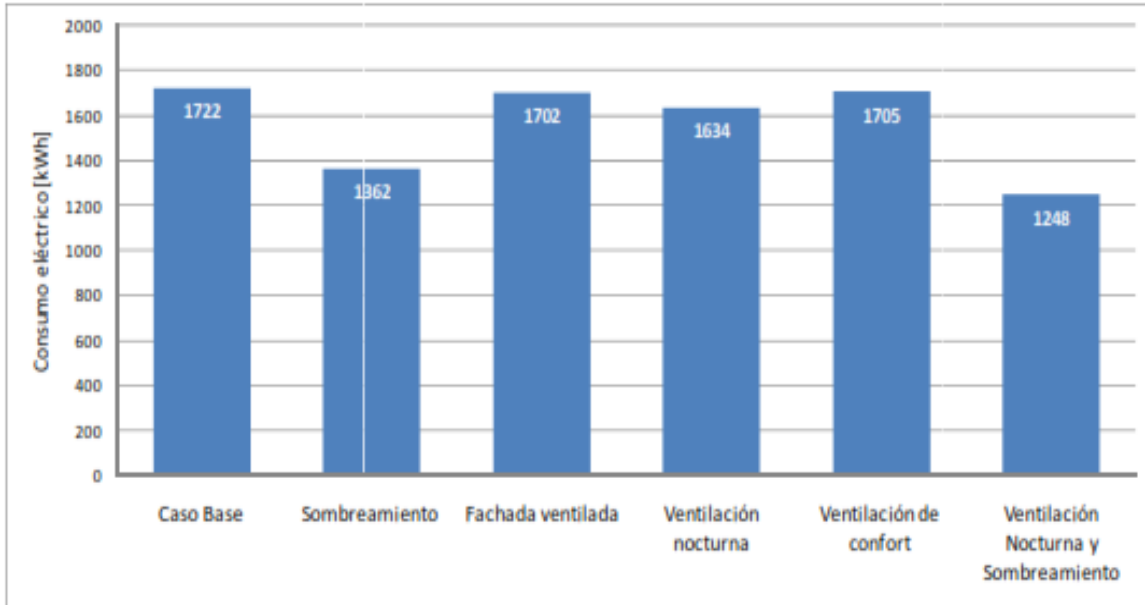
Además se simulan las cargas térmicas en su estado actual, tanto internas como externas, así como:

- Iluminación
- Ocupación
- Equipos de computación.

Se determina la carga térmica en este caso base y se compara con la implementación en el modelo con las soluciones propuestas en este trabajo que serían, sombreado, fachada

ventilada, ventilación nocturna y ventilación de confort que se ven reflejadas en el siguiente gráfico.

**Ilustración 11: Consumos energéticos diarios para las soluciones propuestas.**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En relación a los resultados presentados en este gráfico se concluye que la solución de mayor impacto para la reducción de carga térmica en el edificio de ingeniera es la combinación de ventilación nocturna y sombreado. Ya que el gasto energético diario estimado para el caso base es de 1722kwh, mientras que el caso con sombreado y ventilación nocturna se estima un consumo energético diario de 1248kwh. Esto se traduce en una reducción de un 27%. El sombreado reduce las ganancias térmicas provenientes de la radiación solar mientras que la ventilación nocturna elimina el calor acumulado en las masas internas del edificio.

Se concluyó que la implementación adecuada de ambas soluciones en conjunto mejorara las condiciones de confort del edificio, ya que le resta carga térmica al sistema de aire acondicionado posibilitando un mejor funcionamiento de éste.

### **2.7.6.2 “Evaluación del comportamiento energético de hospitales de complejidad media en un clima templado cálido húmedo de la Argentina” Jorge Daniel Czajkowski, 2001**

- **Objetivo Principal**

Dentro de los objetivos particulares del trabajo se planteó la evaluación de hospitales de la región. Para lo cual se seleccionaron dos establecimientos. En la tabla 2 se muestran sus

características principales. Analizando la tabla se extrae que a pesar de poseer características similares sus consumos reales de energía difieren sustancialmente, ya que el Hospital "San Roque" consume 3.7 veces más energía. Este desequilibrio energético está siendo analizado por el Grupo mediante la realización de auditorías energéticas, aunque aquí analizaremos su comportamiento térmico-energético desde un enfoque edilicio. Debemos aclarar que la mayor parte del consumo de energía en los hospitales no se debe exclusivamente al acondicionamiento higrotérmico de estos, sino al equipamiento energo-intensivo que poseen los distintos servicios. Este campo lo lleva adelante otro (4) miembro del equipo y se expone en otro trabajo de este congreso.

**Ilustración 12: Cuadro resumen Consumo energético**

Denominación	Jerarquía	Tipo	Cant. camas	Superficie m <sup>2</sup>	Consumo energía		
					E. Eléctrica Kw/h/año	Gas natural m <sup>3</sup> /año	Total MJ/año
San Roque	Zonal Gral. de Agudos	Bloque-basamento	154	4.585	366.111	144.538	1.593.699
Dr. R. Gutiérrez	Zonal Gral. de Agudos	Claustral	161	4.682	32.929	515.788	5.935.762

Fuente: Jorge Daniel Czajkowski, 2001

- **Metodología**

La metodología utilizada consiste en aplicar medidas progresivas de URE- Uso racional de la Energía en la envolvente edilicia, permitiendo conocer cuanta energía en calefacción demandan realmente estos edificios respecto de lo que consumen, según el siguiente detalle: a. primer balance térmico con condiciones de envolvente térmica reales y 5 renovaciones de aire correspondientes al tipo de carpinterías de los edificios; b. la primera medida adoptada corresponde a mejorar la estanqueidad del edificio incorporando burletes en las carpinterías, con lo cual las renovaciones de aire se reducen a las reglamentarias (2 RA/h); c. la segunda medida fue incorporar 5 cm de aislante térmico en techos; d. la tercera medida - la más costosa - fue incorporar 2 cm de aislante térmico en paredes.

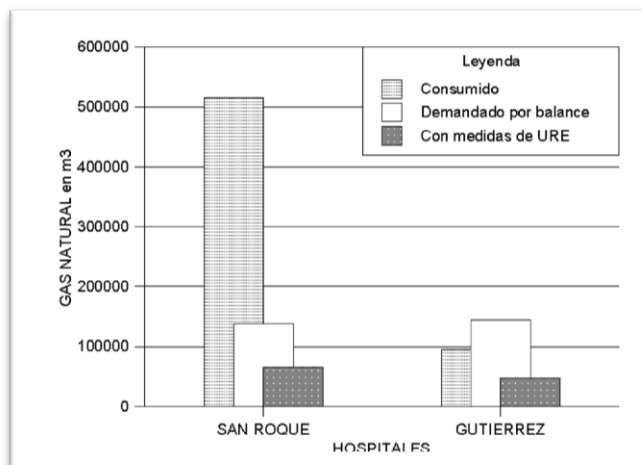
**Para comportamiento térmico se analizaron las siguientes variables:**

- La superficie, el volumen, el área envolvente total del edificio, el coef. de compacidad (Co), el factor de forma, las pérdidas totales por grado, la carga térmica anual del edificio en calefacción, las pérdidas en función a la superficie calefaccionada y el coeficiente global de pérdidas térmicas. .

Para este estudio la conclusión después del análisis fue la siguiente:

De acuerdo a esto se analizó el comportamiento según las pérdidas de energía y también la relación entre la energía demandada y consumida.

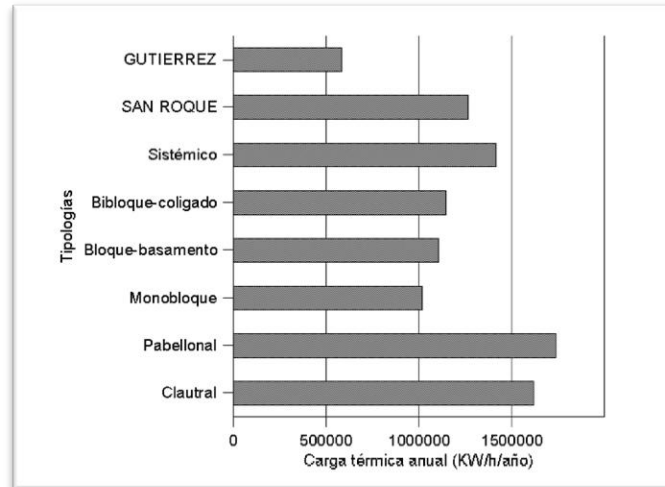
**Ilustración 13: Comportamiento de la energía**



Fuente: Jorge Daniel Czajkowski, 2001

De acuerdo a la ilustración n° 13 se puede apreciar que en el hospital San Roque nos muestra un desequilibrio entre lo calculado por balance y lo realmente consumido ya que consume 3 veces más, esto puede implicar que influyan varios factores.

De acuerdo a esto se realizó un análisis de las pérdidas de la envolvente, ya sea piso, ventanas, cerramientos, etc. Y se llevaron análisis distintas medidas de control para la disminución del consumo que están reflejados en el siguiente gráfico. La aplicación de las distintas medidas de ahorro de energía logró una considerable disminución de la demanda de energía en calefacción.

**Ilustración 14: Comportamiento energético**

Fuente: Jorge Daniel Czajkowski, 2001

### 2.7.6.3 “Evaluación de comportamiento energético Edificio Vertex” Laura Gil Pinzon, 2010

Para obtener el estado actual del edificio Vertex y su consumo energético se siguieron tres líneas de estudio: toma de temperaturas en los espacios de estudio, seguimiento de los consumos del edificio tomando datos de SIRENA y de los contadores de gas instalados en el edificio, y análisis de los sistemas de climatización e iluminación del edificio utilizando programas de simulación como: LIDER y Dialux.

La obtención de toda esta información, el análisis de la misma y las acciones derivadas se organizaron en las siguientes fases:

**Fase 1. Levantamiento de datos:** recoger toda la información del edificio que nos permita entender su funcionamiento, cuál es su estado actual y que consumo energético tiene.

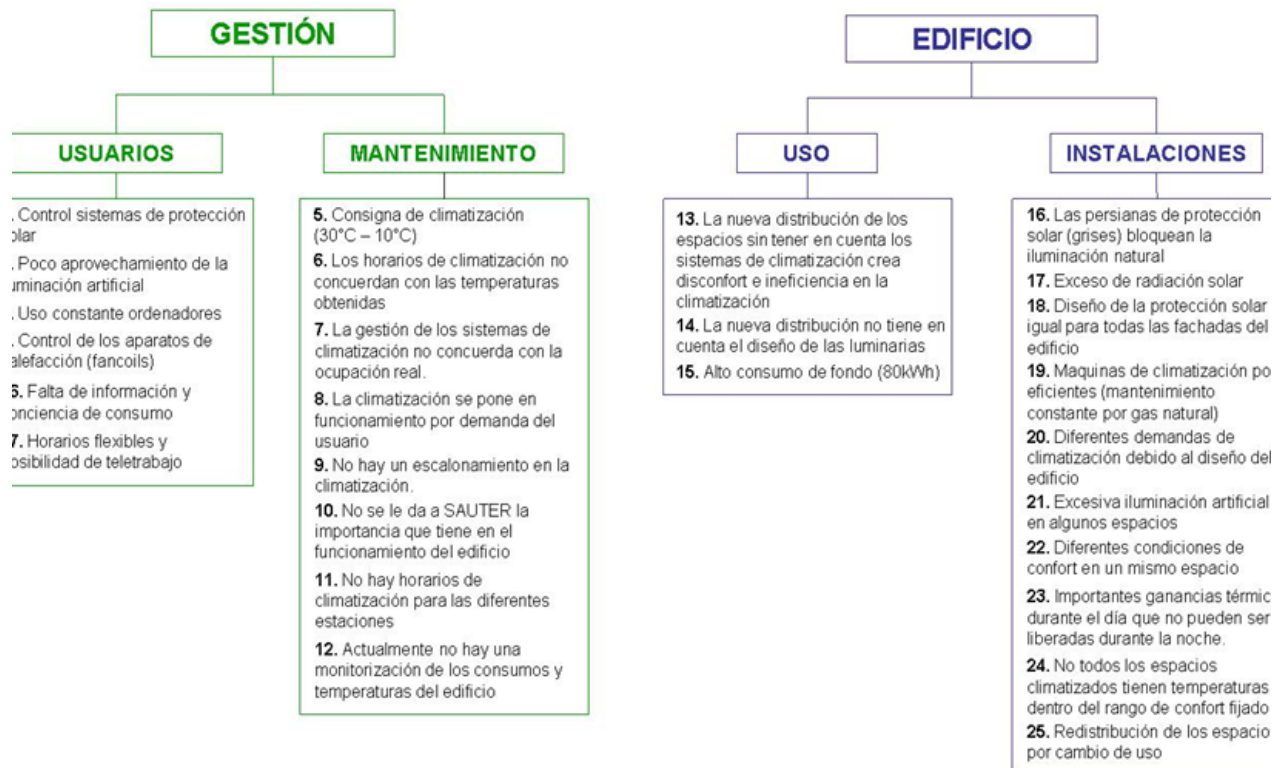
Existen dos clases de datos, los estáticos y los dinámicos, los cuales requieren diferentes trabajos de campo.

**Fase 2. Análisis:** Caracterización del edificio mediante el análisis de los datos recogidos en la Fase 1: sistemas de climatización, iluminación y otros sistemas, funcionamiento del edificio, consumo de recursos y las condiciones de confort.

**Fase 3. Diagnóstico:** Conclusiones obtenidas a partir del análisis realizado en la Fase 2, permitiendo identificar los problemas del edificio y las posibles opciones de mejora de los ámbitos analizados: la envolvente, los sistemas, la gestión, las condiciones de confort y el consumo energético.

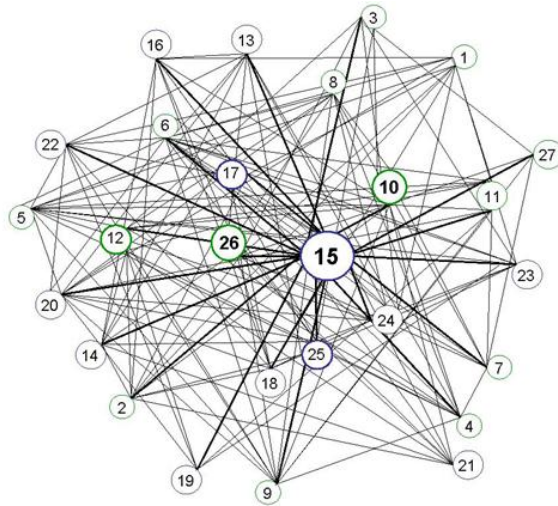
**Fase 4. Opciones de mejora:** Planteamiento de acciones de mejora específicas, que permitan solucionar los problemas del edificio identificados en la Fase 3.

**Ilustración 15: Esquema de conclusiones**



Fuente: Laura Gil Pinzón, 2010.

Una vez clasificados los problemas se relacionaron entre sí, con el objetivo de jerarquizarlos y de esta manera identificar los problemas más importantes en el comportamiento energético del edificio.

**Ilustración 16: Esquema de relación**

Fuente: Laura Gil Pinzón, 2010

- Los problemas que obtuvieron mayor número de relaciones con los demás fueron los siguientes:

- 15. Alto consumo de fondo (24)
- 26. Falta de conciencia e información de los usuarios del edificio (14)
- 10. Poco provecho y atención a SAUTER (14)
- 25. Cambio de uso sin tener en cuenta las instalaciones (13)
- 17. Exceso de radiación solar (12)
- 12. No existe monitorización de consumos y temperaturas del edificio (11)

### **Conclusión:**

Podemos concluir que los problemas que más relaciones obtuvieron están relacionados con el uso y gestión del edificio y sus instalaciones.

En este caso, los problemas del edificio se deben al cambio de uso y al diseño de este ya que no se tuvo en cuenta su relación con el entorno. Los problemas de uso y gestión se deben al cambio de uso del edificio, a algunos fallos que se presentan en el programa de gestión y al mal manejo de los sistemas de climatización por parte de los usuarios. De acuerdo a esta jerarquización se crearon propuestas en las acciones de eficiencia en las instalaciones.

## CAPÍTULO III: Marco Metodológico

### 3.1 Modo de obtención de la información y recopilación de datos

**Levantamiento de datos:** Recoger toda la información de edificio que nos permita entender su funcionamiento, cuál es su estado actual y que consumo energético tiene.

Existen dos clases de datos los estáticos y lo dinámicos, los cuales requieren diferentes trabajos de campos.

**Análisis:** Caracterización del edificio mediante el análisis de los datos recogidos en la fase 1. Consumo de recursos y las condiciones de confort.

**Diagnóstico:** Conclusiones obtenidas a partir del análisis realizado en la fase 2, permitiendo identificar los problemas del edificio y las posibles mejoras de los ámbitos analizados, se escogerá un caso tipo y será simulado en software ecotect analizando la incidencia del sol en la envolvente y su comportamiento térmico respecto a su materialidad, respectivamente se realizara simulación para encontrar el balance térmico y sus estrategias con el software Design Builder.

- **Software Design Builder**

Design Builder es una herramienta muy potente para realizar simulaciones energéticas. Como motor de cálculo (el programa que realiza los cálculos de la simulación) utiliza Energy Plus que es uno de los más reconocidos y utilizados a nivel internacional y que tiene la ventaja de permitir más de un sistema por zona (esta limitación la conocen aquellos que hayan trabajado con cualquiera de los Calener). Con aquel podemos analizar el comportamiento térmico del edificio y nos permitirá optimizar nuestras estrategias activas o pasivas.

Se ingresan los primeros datos que constan de lo siguiente:

- Datos del clima
- Ocupación y horarios
- Cargas térmicas de equipos eléctricos e iluminación
- Temperatura de confort por zonas

Los otros datos que también están incluidos son de los cerramientos que serían los siguientes:

- Espesor y tipo de material de muros para cálculo de transmitancia térmica
- Material ventanas y puertas

De acuerdo a esto se calcula cuanta potencia necesitamos para calefacción y refrigeración como también las demandas y consumo energético.

Ahora un breve resumen de las fases para una simulación de módulos de hospitalización.

### 3.2 Metodología para el análisis del módulo de hospitalización

En los recintos de hospitalización las variables propias de la arquitectura presentan un gran potencial para contribuir a la eficiencia energética del edificio a un nivel de habitabilidad de alto estándar. De esta forma, las recomendaciones para los recintos de hospitalización profundicen en la influencia de distintos aspectos de la arquitectura en el comportamiento térmico y habitabilidad.

Para lo anterior, es necesario realizar un análisis dinámico para entender la influencia de distintas variables sobre los indicadores de eficiencia energética y calidad ambiental de los recintos de hospitalización, específicamente los dormitorios, áreas de espera y circulaciones. Para dicho análisis climáticos propios de cada localidad representativa, utilizando el motor de cálculo Energy plus desarrollado por el departamento de energía de EE.UU.

El proceso de simulaciones se ha separado en dos etapas generales. La primera corresponde a la definición de los distintos parámetros que determinan el comportamiento térmico y ambiental de los recintos:

El proceso de simulaciones se ha separado en dos etapas generales. La primera corresponde a la definición de los distintos parámetros que determinan el comportamiento térmico y ambiental de los recintos:

- Archivo climático.
- Modelo geométrico.
- Variables de uso y cargas internas.
- Características térmicas de la envolvente.
- Los climas, las localidades representativas utilizadas en los análisis, y la forma en que estos son incorporados en el análisis.

A continuación se describe la determinación del modelo geométrico y las variables de uso y cargas internas. La determinación de las características térmicas de la envolvente se describe dentro de la siguiente sección.

#### **Modelo geométrico**

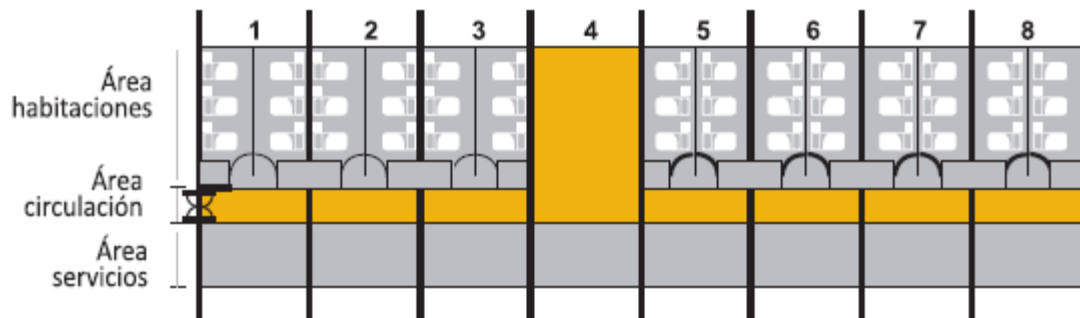
En cuanto al modelo geométrico, se definió utilizar un módulo de hospitalización tipo según revisión de proyectos reales de establecimientos de salud de la red del ministerio de salud de Chile.

A partir de lo anterior, se realizó un análisis de influencia de distintas variables sobre el comportamiento térmico y ambiental de los recintos, Las que se entienden que pueden ser controladas por el equipo de diseño del proyecto:

- Orientación.
- Aislación térmica de la envolvente.

- Inercia térmica.
- Inercia térmica.
- Tamaño de ventanas, tipo de vidriado y marcos.
- Protecciones solares.
- Revestimientos exteriores.
- Control de la iluminación.
- Control de la ventilación e infiltración.

**Ilustración 17: Modo Hospitalización**



Fuente: Achee, Guía de salud, 2013

## CAPÍTULO IV: CASO DE ESTUDIO

### 4.1 Planificación para el análisis

El elemento a analizar corresponde a los edificios hospitalarios públicos de la ciudad de Valparaíso. A tales establecimientos se les realizará una evaluación de los consumos energéticos suministrados por las empresas de servicios, y su posterior análisis estadístico para la obtención de comparaciones útiles en la determinación del comportamiento energético

En la ciudad de Valparaíso el espacio muestral a seleccionar es el de ciudad de Valparaíso Establecimientos del Sistema Público de Chile vemos que la Región de Valparaíso posee 22 de los 182 hospitales públicos a nivel nacional, es decir un 12 % del total, correspondiente a establecimientos de alta y mediana complejidad. Cobertura de estos hospitales es de alrededor un 40% de la población total del país, es decir, más de 6 millones de habitantes.

La muestra de estudio queda representada por:

- Hospital Carlos Van Buren
- Hospital Salvador
- Hospital Dr. Eduardo Pereira

De los 3 hospitales los 2 de alta complejidad son el Hospital Carlos Van Buren (HCV) y el hospital Eduardo Pereira (HEP), el hospital Salvador es orientado a salud mental por ende se tomaran los 2 primeros mencionados para la planificación. El primero de estos HCV está emplazado en el plan de Valparaíso con 8 edificios que conforman la totalidad del hospital que contemplan cada especialidad más dispersas, el HEP en cambio está compuesto por el edificio principal que contempla todas la especialidades en un todo, por ende para caso de estudio es más favorable. Para aquello se realizó un levantamiento en terreno con la ayuda del departamento de mantención del hospital de los equipos eléctricos, lumínicos y térmicos para realizar un análisis e identificar donde está el mayor consumo y en que piso para luego proponer un sector con distintos usos que nos permite visualizar su comportamiento.

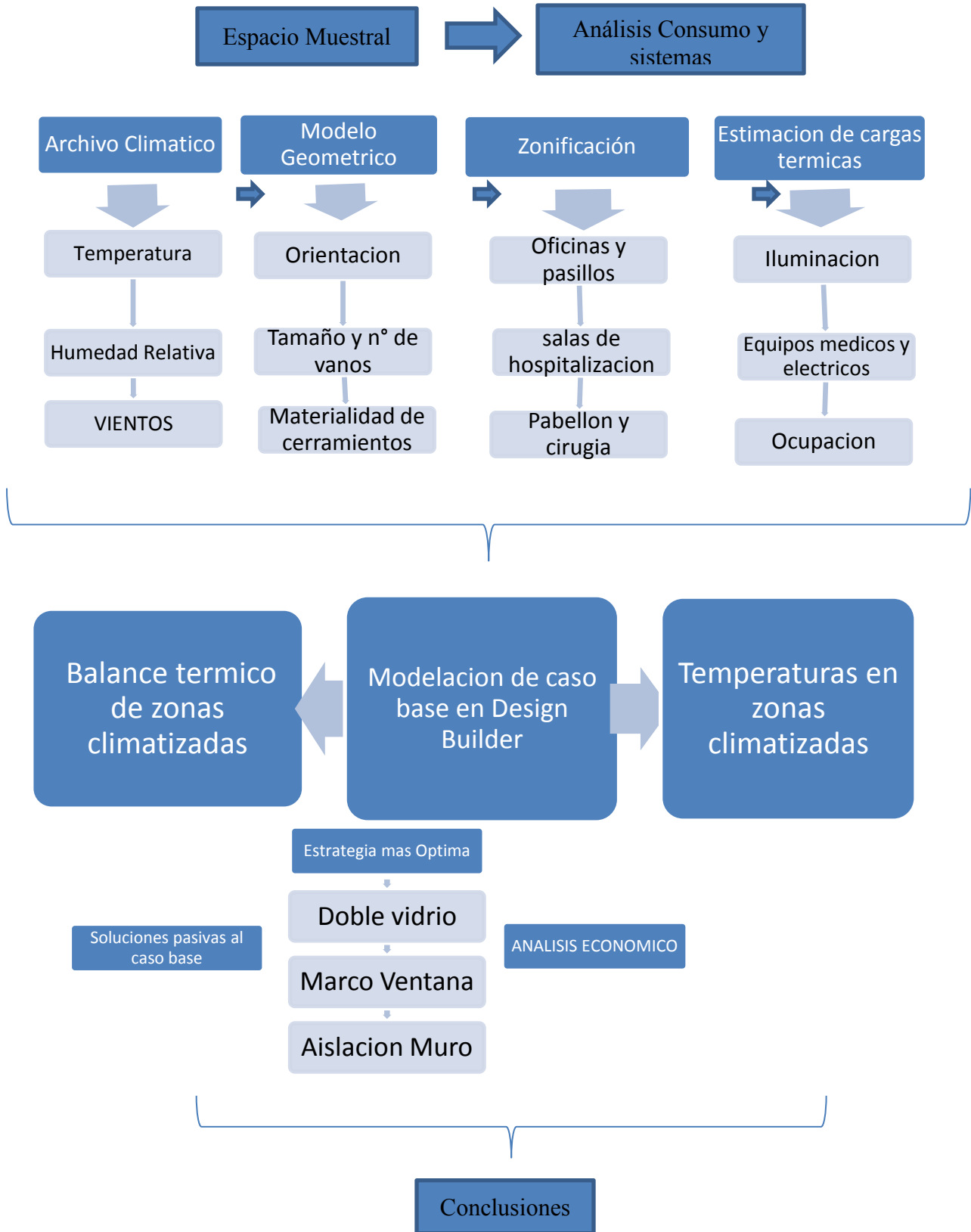
**Tabla 9: Detalle hospitales Alta complejidad, ciudad de Valparaíso**

Denominación	Zona Térmica	n° camas	superficie m <sup>2</sup>
Hospital Carlos Van Buren	2	526	41453
Hospital Eduardo Pereira	2	222	11000

Consumo energía		
E. Eléctrica	m <sup>3</sup> /año	Costos anuales \$ aprox
2.969.110	222.333	130.000.000
591.900	25.000	45.000.000

Fuente: Elaboración Propia, 2018

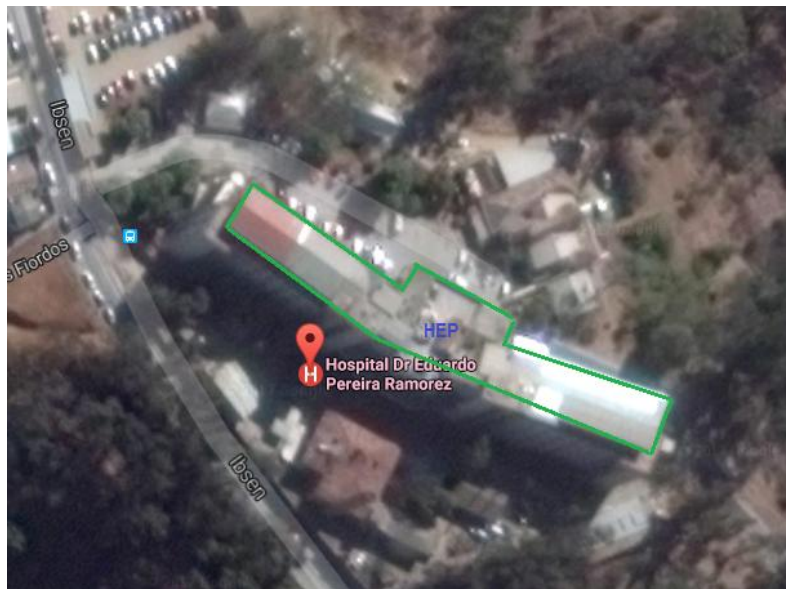
## 4.2 Mapa Conceptual y planificación



### 4.3 Características del Hospital Eduardo Pereira

El Hospital Doctor Eduardo Pereira R. fue fundado en 1940, en Valparaíso, llamado en esa época Sanatorio Hospital Valparaíso, siendo rebautizado el año 2002. El actual Hospital Doctor Eduardo Pereira R. posee un área construida de 16.000m<sup>2</sup> con capacidad de 216 camas, actuando como Campus Clínico de la Universidad de Valparaíso en carreras de medicina, enfermería, química y farmacia e ingeniería biomédica, además de kinesiología para la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

**Ilustración 18: Tipología Hospital Eduardo Pereira**



Fuente: [www.google.cl/maps](http://www.google.cl/maps)

**Ilustración 19: Fachada norte del Hospital Eduardo Pereira**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

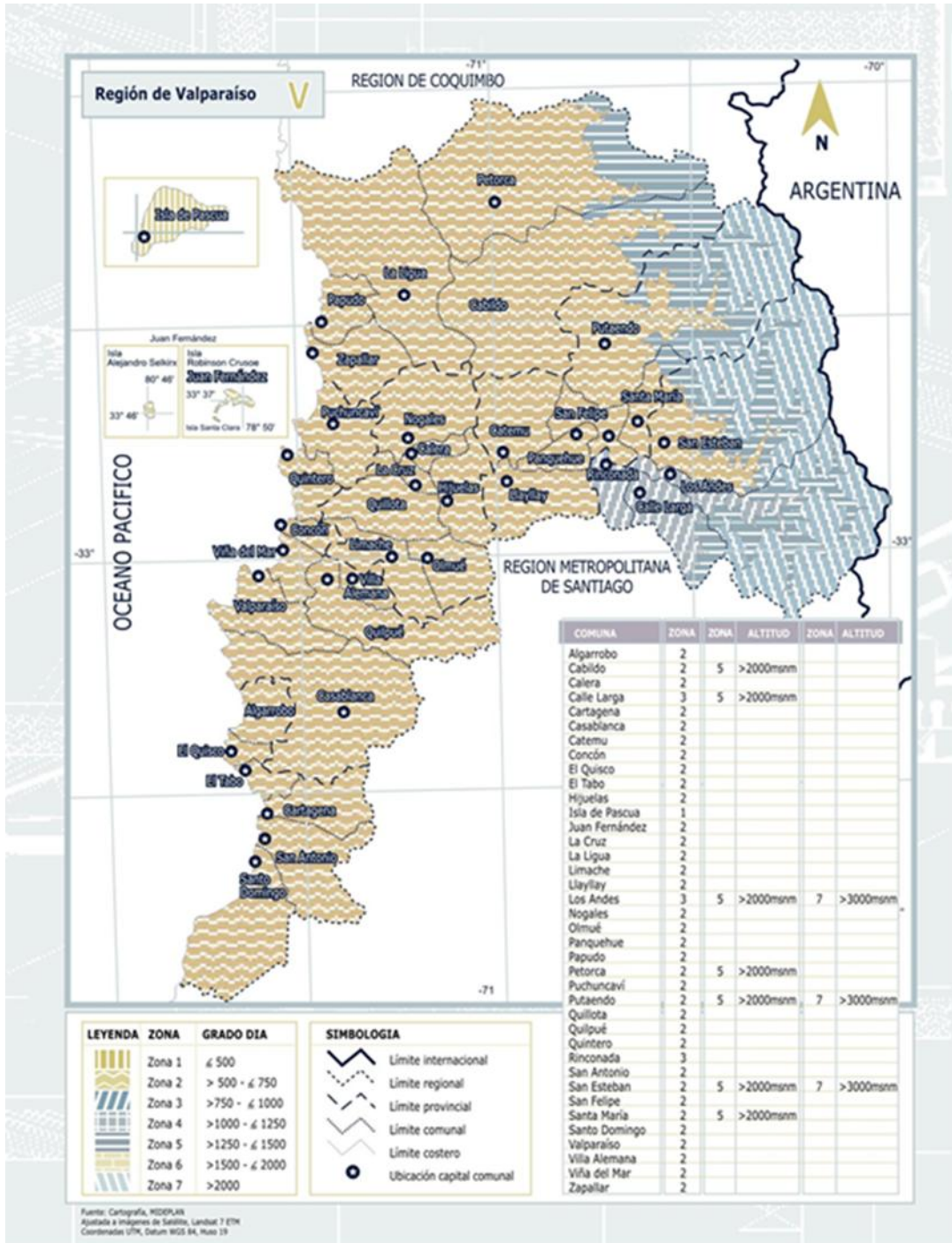
**Ilustración 20: Fachada noroeste Hospital Eduardo Pereira**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

### 4.4 Zonas térmicas Valparaíso

Ilustración 21: Reglamentación térmica Quinta Región



Fuente: Manual de reglamentación térmica, 2013

Tabla 9: Servicio de salud por su clasificación y zonas térmicas

Nombre del Establecimiento	Comuna	Zona
<b>Servicio de Salud Valparaíso San Antonio</b>		
Hospital Dr. Carlos Van Burén	Valparaíso	2
Hospital Dr. Eduardo Pereira Ramírez	Valparaíso	2
Hospital Dr. Claudio Vicuña	San Antonio	2
Hospital Del salvador	Valparaíso	2
Hospital San José	Casablanca	2
Hospital Hanga Roa	Isla de pascua	1
<b>Servicio de Salud Viña del Mar Quillota</b>		
Hospital de Viña del Mar	Viña del Mar	2
Hospital de Quillota	Quillota	2
Hospital de Quilpué	Quilpué	2
Hospital de La calera	La Calera	2
Hospital de Geriátrico de Limache	Limache	2
Hospital de Limache	Limache	2
Hospital de La ligua	La ligua	2
Hospital de Cabildo	Cabildo	5
Hospital de Petorca	Petorca	5
Hospital de Quintero	Quintero	2
Hospital de Peñablanca	Villa Alemana	2
<b>Servicio de Salud Aconcagua</b>		
Hospital de San Felipe	San Felipe	2
Hospital de Los andes	Los Andes	5
Hospital de Llaillay	Llay-lLAY	2
Hospital de Putaendo	Putaendo	5
Hospital Psiquiátrico de Putaendo	Putaendo	5

Fuente: Elaboración propia con referente Servicio de Salud Chile, 2015

## 4.5 Características geográficas Valparaíso

La ciudad de Valparaíso se encuentra ubicada en las coordenadas en decimales latitud -33,0208S y longitud -71,6425° se caracteriza por tener un Clima Templado Cálido con lluvias invernales y con estación seca prolongada de gran nubosidad: Este clima corresponde al sector costero de la Región. Se caracteriza por una gran cantidad de nubosidad que se observa todo el año, con mayor intensidad en invierno, asociada a nieblas y lloviznas, lo que a su vez produce bajas amplitudes térmicas. La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el más frío es de sólo 5° a 6° C y la diferencia diaria entre las temperaturas máximas y las mínimas varía entre 7° C en verano y sólo 5° C en invierno, lo que es entre 1° y 3° inferior, respectivamente, que en el mismo clima de la Región de Coquimbo. La humedad atmosférica es alta, con un valor medio de 82%.

### Ilustración 22: Emplazamiento Hospital Eduardo Pereira

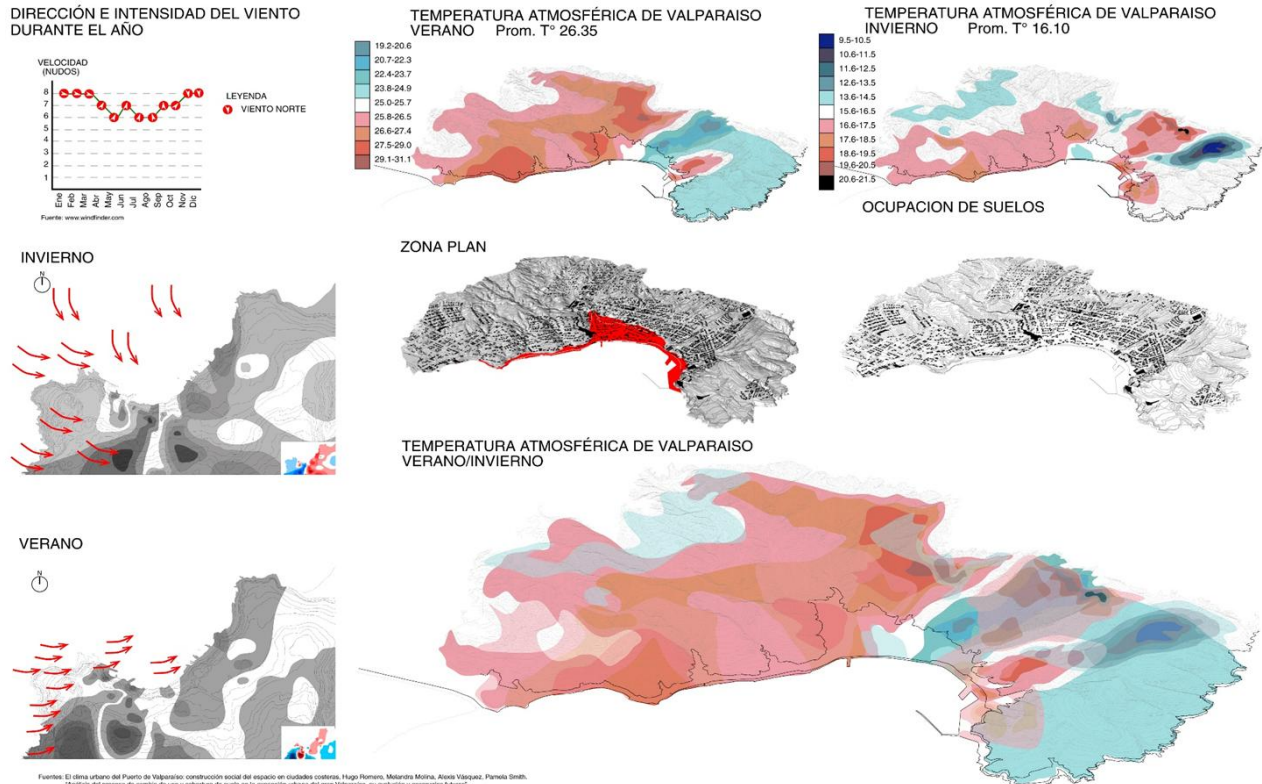


Fuente: [www.google.cl/maps](http://www.google.cl/maps)

### 4.5.1 Dirección de viento y temperatura atmosférica ciudad Valparaíso

Podemos predeterminar a que temperatura atmosférica está ubicado el Hospital Eduardo Pereira, de acuerdo a la imágenes el edificio se encuentra emplazado donde existe mayor temperatura tanto como en invierno y en verano ya que se señala con el color rojo.

**Ilustración 23: Dirección de viento y temperatura atmosférica**



Fuente: [www.google.cl/temperaturasvalparaiso](http://www.google.cl/temperaturasvalparaiso)

Respecto a los datos geográficos y levantados el edificio en 3D ahora se someterá a una simulación de la incidencia de sol sobre el edificio y la radiación que recibe obtener las conclusiones pertinentes donde se someterán las estrategias de ahorro en calefacción y refrigeración.

**Tabla 10: Definición de zonas del hospital Eduardo Pereira**

Piso nº -1	Piso nº 1	Piso nº 2	Piso nº 3	Piso nº 4	Piso nº5
Anatomía Patológica	Of. Jefe de Farmacia	Sector "C "	Gastroenterología	Sector "E "	Labotario
C.R. Logística	Fonasa	Medicina Mujeres	Enf. Supervisora gastro	Cirugía Hombres	Banco de sangre
c.c Serv. Generales	Recaudación	Enf. Supervisora Medicina	Arco C	Secretaría de cirugía	Ofici. Calidad y seg. Del paciente
Rayos	Oirs	Dirección	Pabellón quirúrgico	Enf. Supervisora Cirugía	Prev. De riesgos
Cardiovascular	Gestión de camas	Recursos Humanos	Enf. Supervisora Pabellón	Biblioteca	Oficina GRD
Policlínico Ges	Pensionado	Oficina de personal	Recuperación	Sala de consejo	Oficina Unitaria
Auditorium	Oficina de Bienestar	Oficina de partes	Enf. Supervisora UPC	Sector "C°	
c.c. Matención	Recetario Farmacia	Sector D	Unidad de pacientes Críticos	Cirugía Mujeres	
Equipos Médicos	c.c. Alimentación	Medicina Hombres			
Kinesiología	c.c. Esterilización	Secretaría de medicina			
Bodega de Farmacia					
Baños Públicos					

Fuente: Elaboración Propia, 2018

#### 4.6 Características de la Edificación

El Hospital Eduardo Pereira cuenta con una superficie de 6580 m<sup>2</sup> de 4 pisos más 1 subterráneo en la siguiente imagen se visualiza la 1era planta del edificio con las dimensiones de los vanos que fueron adjuntadas en archivos de autocad.

La estructura de edificio es de hormigón armado con acabo exterior de mortero. Las ventanas son de vidrio corriente con marco de madera, la cubierta es de zinc con aislamiento de lana mineral.

En la siguiente imagen se aprecia la 1era planta del hospital que se repite sucesivamente en los pisos siguientes.

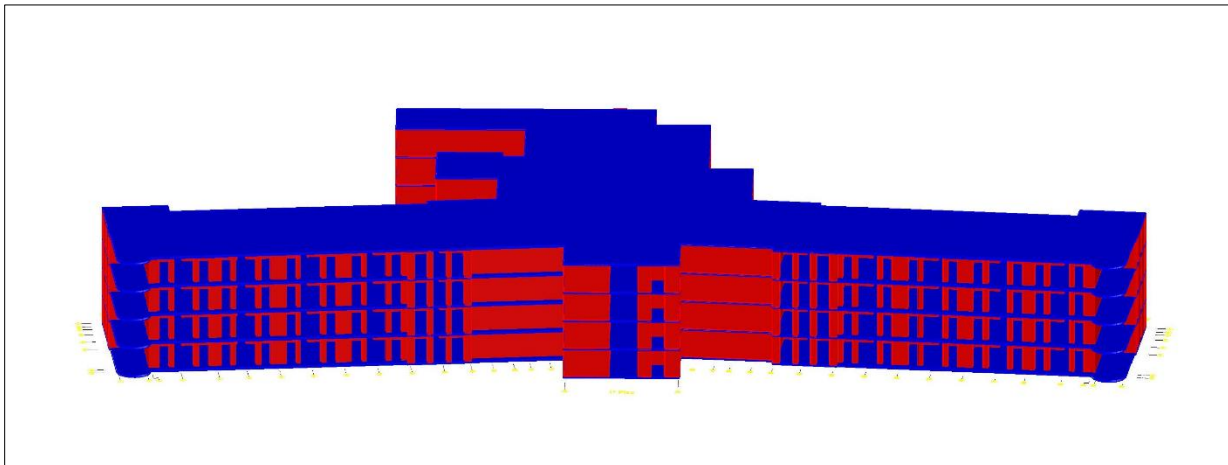
##### Materialidad del edificio

- Muros perimetrales de hormigón armado con 40 cm espesor
- Losa de hormigón con 12 cm de espesor
- Ventanas con marco de madera
- Vidrios simple en ventanas

**Ilustración 24: Hospital Eduardo Pereira 1era Planta**

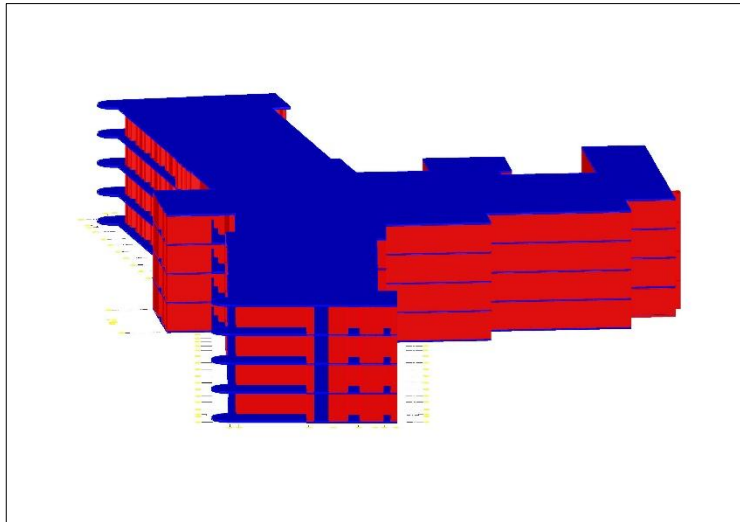
Fuente: Servicios Generales Hospital Eduardo Pereira, 2015

Para realizar la simulación correspondientes en el software ecotect se tuvo que realizar un levantamiento 3D del edificio completo en las siguientes imágenes las cuales corresponden a las vistas que fueron captadas desde el plano.

**Ilustración 25: Cara Frontal Norte 3D Hospital Eduardo Pereira**

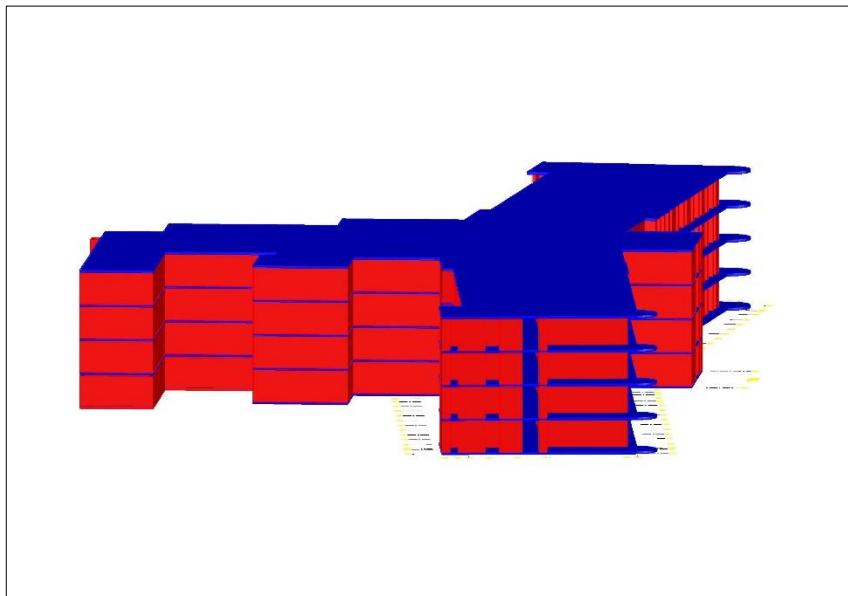
Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Ilustración 26: Cara Oeste 3D Hospital Eduardo Pereira**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Ilustración 27: Cara Este 3D Hospital Eduardo Pereira**

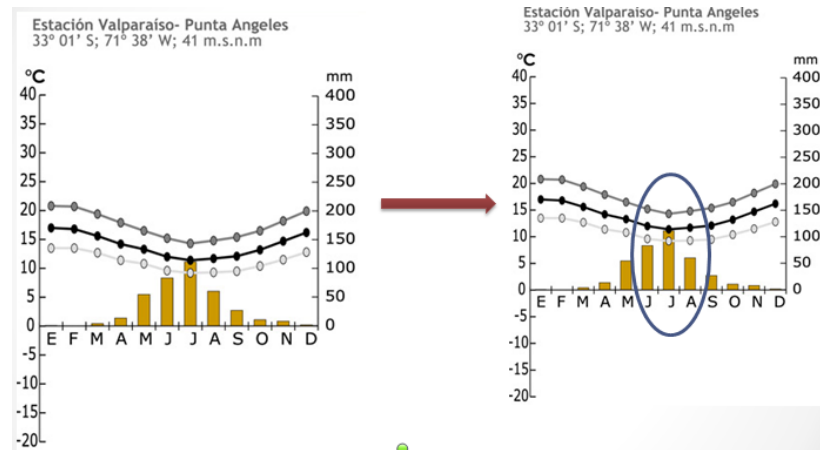


Fuente: Elaboración Propia, 2018

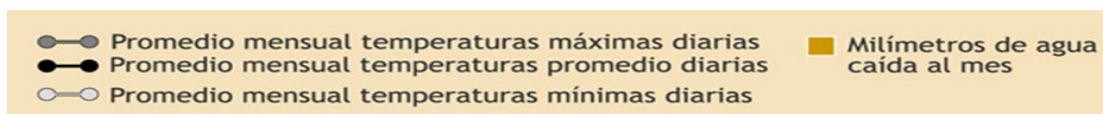
## 4.7 Aplicación de Caso

En los gráficos podemos observar que en la ciudad de Valparaíso las temperatura mínimas diarias oscilan bajo los 10°, las temperaturas promedio en invierno sobre 10°C y la temperaturas máximas sobre los 20° en verano y en invierno sobre los 15° y las mayores precipitaciones se registran en el mes de julio con 100 mm.

**Ilustración 28: Estacion Valparaíso, Temperaturas**



Fuente: Elaboración propia, Ecotect, 2018



Respecto a las variables de temperatura consideradas en los gráficos anteriores podemos obtener un acondicionamiento térmico.

Un ejemplo de esto es considerar una comparación de días con ausencia de precipitaciones ejemplo:



- **Día asolamiento**

Proporcionalidad indirecta: A mayor temperaturas menores ráfagas de viento, por lo tanto peores condiciones de ventilación del edificio.

- **Día Nubosidad parcial**

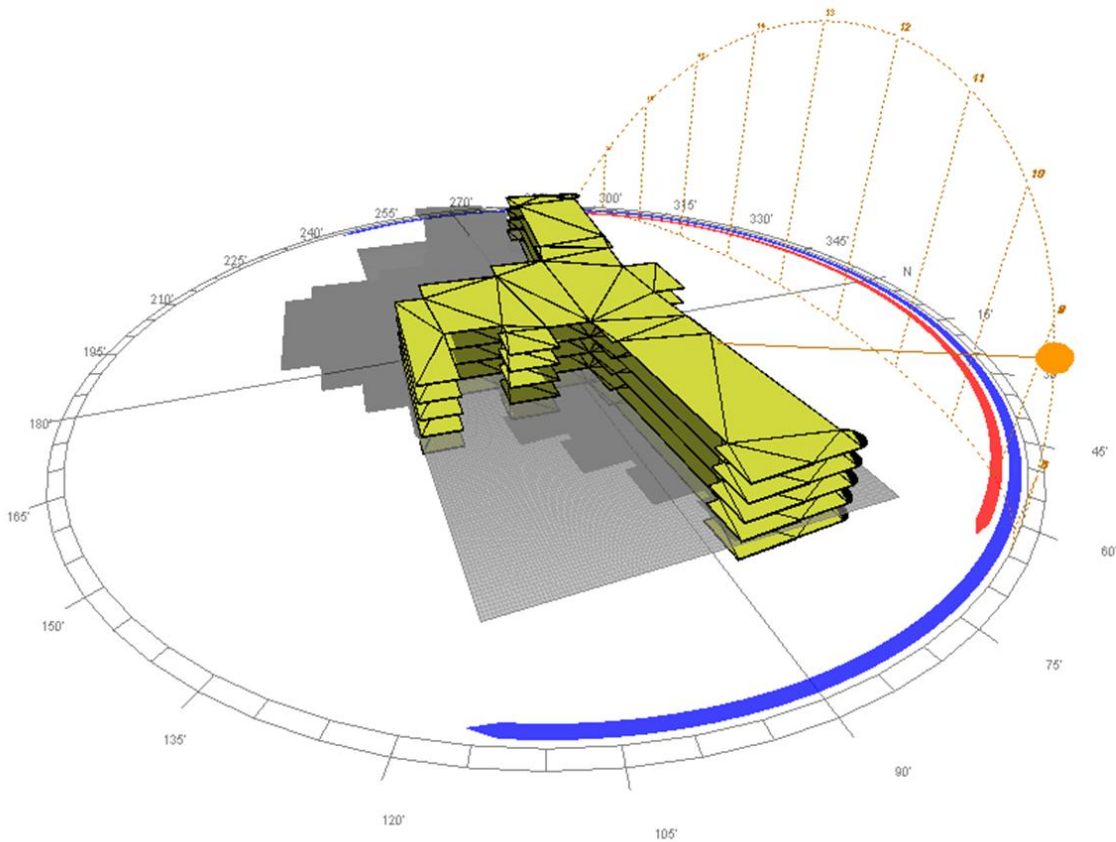
Proporcionalidad Directa: A mayor temperatura mayores ráfagas de viento por lo tanto mejoran las condiciones de ventilación del edificio.

Se infiere que a pesar de que las relaciones entre temperatura y viento fluctúan de acuerdo a la presencia o ausencia de nubosidad; se puede observar un rango promedio de variación de 2 puntos, por lo que a primer diagnóstico no debería tener grandes incidencias en la envolvente edificada.

- **Incidencia Solar (Invierno)**

Simulación en la estación de invierno por la mañana, podemos observar que el sol comienza a salir 8:30 a 9:00 am por el lado Este del edificio donde se encuentran ubicadas salas de hospitalizados y oficinas en pisos siguientes.

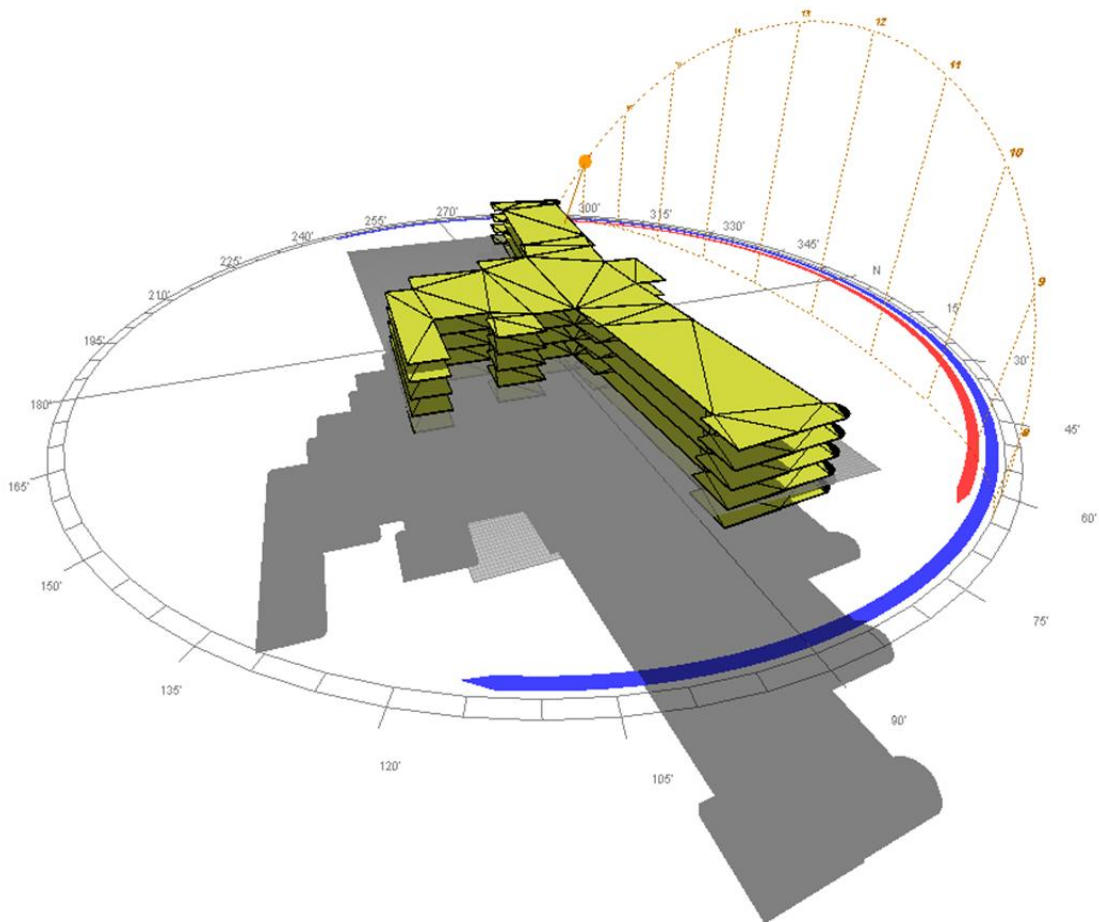
**Ilustración 29: Incidencia del sol en invierno, horario mañana**



Fuente: Elaboración Propia Simulación Ecotect, 2018

- **Incidencia Solar (invierno)**

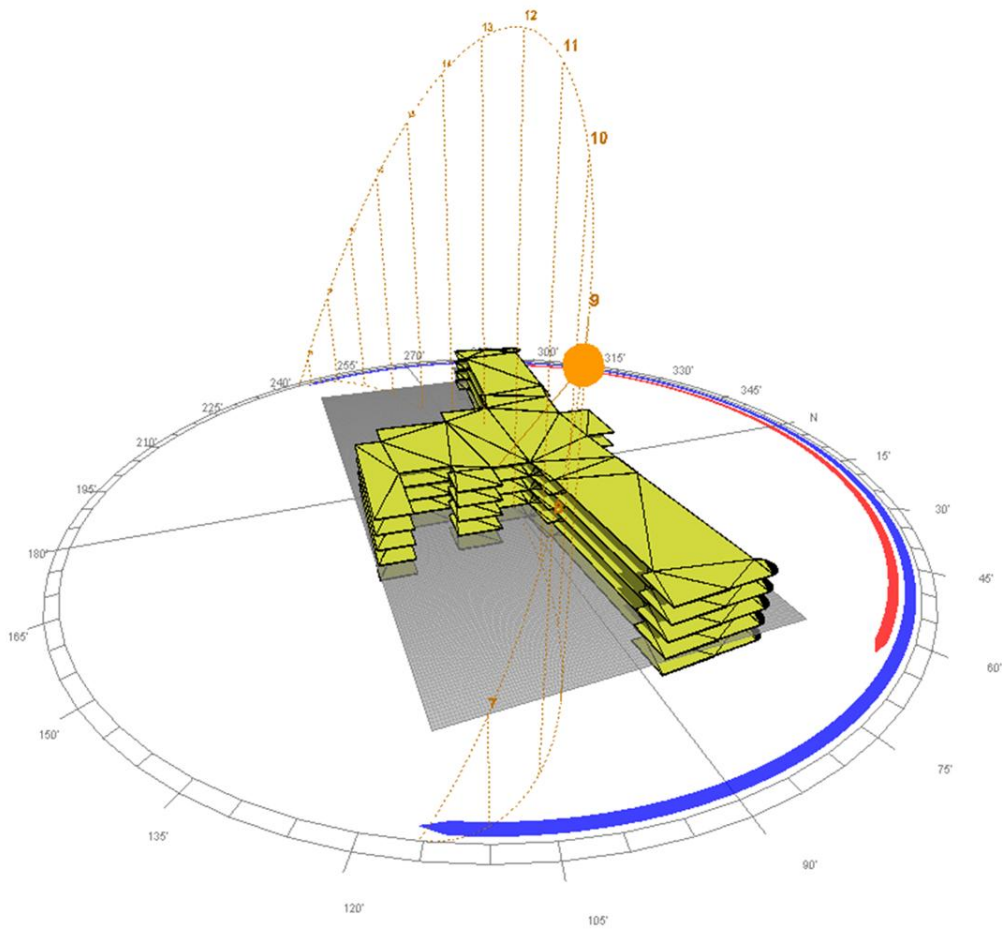
Simulación en la estación de invierno por la tarde podemos observar que el sol incide en un horario de 17:00 levemente por el lado Oeste del edificio donde se encuentran ubicadas salas de hospitalizados.

**Ilustración 30: Incidencia del sol invierno, Horario tarde**

Fuente 20: Elaboración Propia Simulación Ecotect, 2018

- **Incidencia del solar (Verano)**

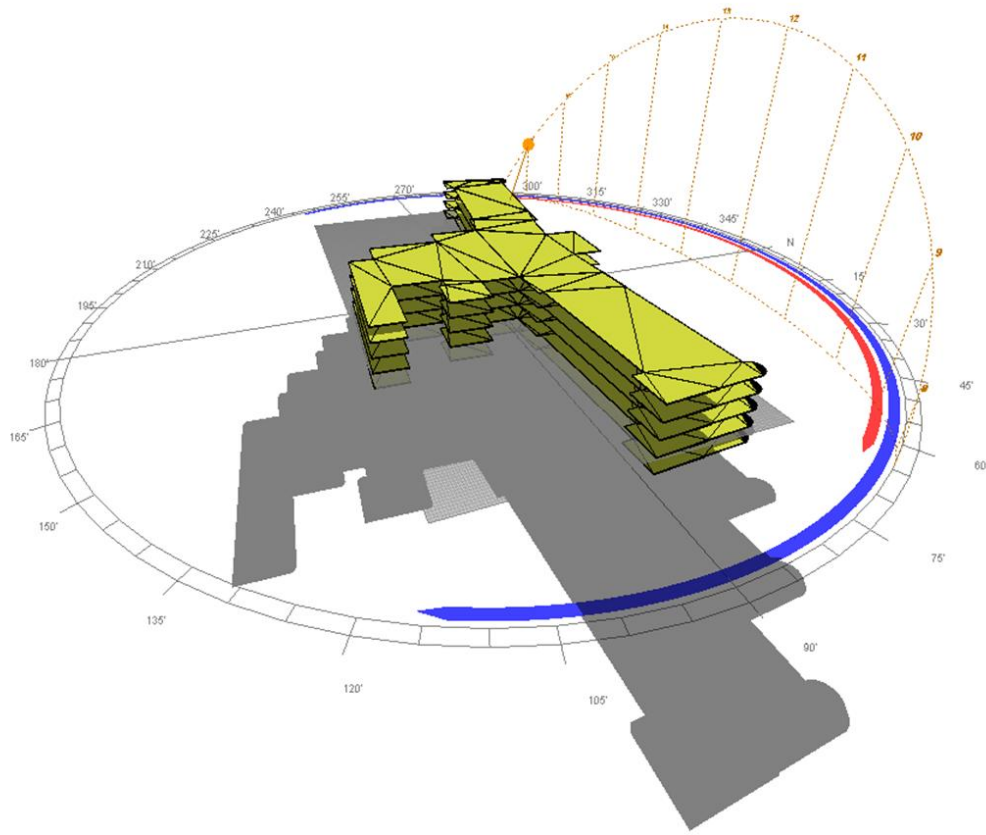
Simulación en la estación de invierno por la mañana podemos observar que el sol incide en la cara superior del edificio en horario de 8:00.

**Ilustración 31: Incidencia del sol verano, Horario mañana**

Fuente: Elaboración Propia Simulación Ecotect, 2018

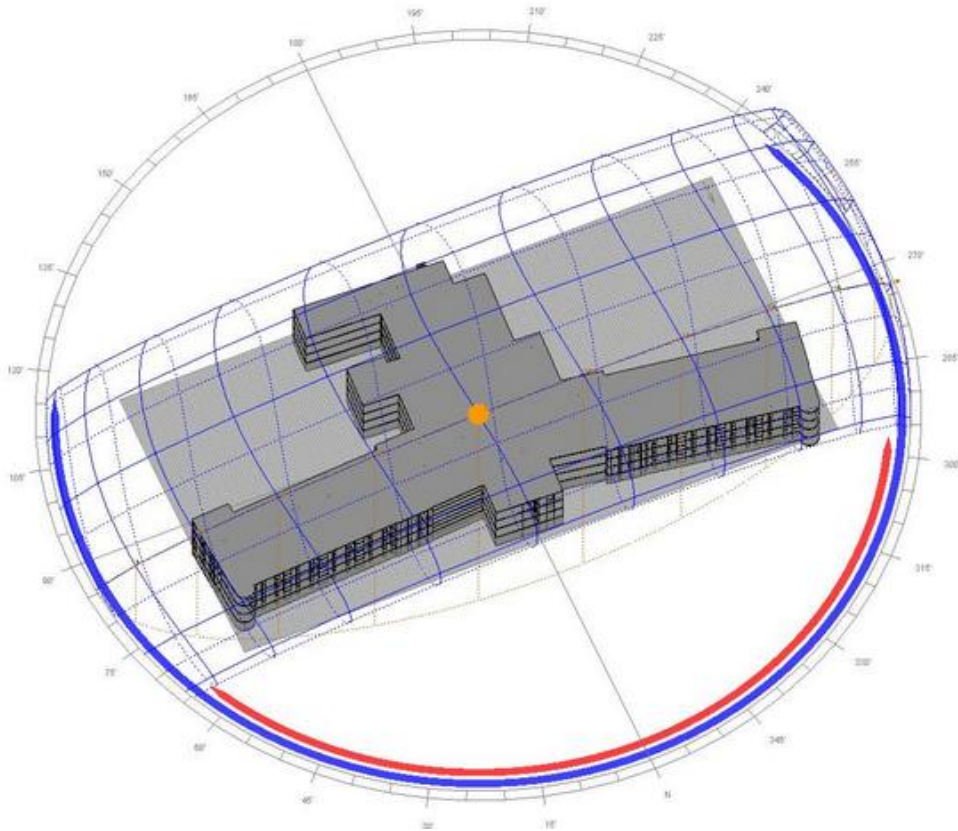
- **Incidencia solar (verano)**

Simulación en la estación de invierno por la tarde podemos observar que el sol incide en la cara superior del edificio en horario de 19:00.

**Ilustración 32: Incidencia del sol verano, Horario tarde**

Fuente: Elaboración Propia Simulación Ecotect, 2018

### Ilustración 33: Radiación Solar



Fuente: Ecotect, Elaboración Propia, 2018

Con los datos obtenidos de ganancias de calor y de pérdidas podemos optar por estrategias en la cara frontal norte aprovechando la incidencia solar y así disminuir en ciertas zonas del edificio los porcentajes de consumo para calefacción y refrigeración. Se propondrán estrategias y se simularán específicamente obteniendo datos cuantitativos de disminución.

#### **CONSTATAIONES**

- Mayor incidencia solar en la cara Este durante el invierno.
- Mayor incidencia solar en la cara superior durante el verano.
- Mayor cantidad de vanos por la cara norte, pérdida de energías en invierno y ganancias en verano.

Se proponen estrategias constructivas de la materialidad de la envolvente, materiales para combatir los puentes térmicos, la radiación excesiva y crear un balance para invierno buscando un equilibrio.

## 4.8 Análisis por facturación HEP

Se realizó un levantamiento de la facturación para visualizar el consumo anual del edificio y cuáles eran los meses con mayor consumo la tarifa eléctrica contratada por el hospital es AT 4,3.

### 4.8.1 Eléctrico

En las siguientes tablas 11 y 12 se refleja el consumo de electricidad del Hospital Eduardo Pereira.

**Tabla 11: Consumo eléctrico de Hospital Eduardo Pereira 2013**

	ene-13		feb-13		mar-13	
Medidor	Consumo KW	Total boleta	Consumo kw	Total boleta	Consumo kw	Total boleta
102313	47400	3.697.200	48.900	3.862.813	45.000	3.433.107
	abr-13		jun-13		jul-13	
Medidor	Consumo KW	Total boleta	Consumo kw	Total boleta	Consumo kw	Total boleta
102313	49.631	3.920.625	53.400	3.920.625	53.700	4.017.523
	ago-13		sep-13		oct-13	
Medidor	consumo kw	total boleta	consumo kw	total boleta	consumo kw	total boleta
102313	60.900	4.474.953	51.900	3.960.074	51.600	3.918.353
	nov-13		dic-13			
Medidor	Consumo KW	Total boleta	Consumo kw	Total boleta		
102313	54.300	4.119.528	47.400	3.695.207		

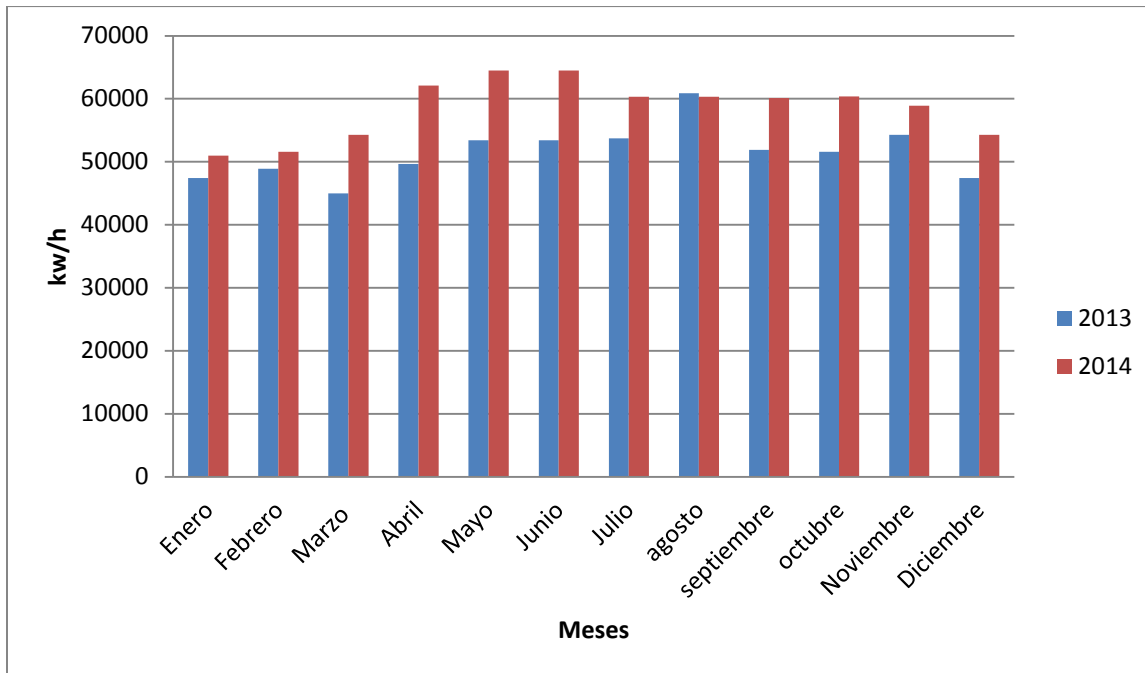
Fuente: Departamento de servicios Generales Hospital Eduardo Pereira, 2013

**Tabla 12: Consumo eléctrico de Hospital Eduardo Pereira, 2014**

	ene-14		feb-14		mar-14	
Medidor	Consumo KW	Total boleta	Consumo kw	Total boleta	Consumo kw	Total boleta
102313	51000	3.978.000	51.600	4.024.800	54.300	4.235.400
	abr-14		jun-14		jul-14	
Medidor	Consumo KW	Total boleta	Consumo kw	Total boleta	Consumo kw	Total boleta
102313	62.100	4.843.800	64.500	5.031.000	60.300	4.703.400
	ago-14		sep-14		oct-14	
Medidor	consumo kw	total boleta	consumo kw	total boleta	consumo kw	total boleta
102313	60.300	4.703.400	60.100	4.687.800	60.400	4.711.200
	nov-14		dic-14			
Medidor	Consumo KW	Total boleta	Consumo kw	Total boleta		
102313	58.900	4.594.200	54.300	4.235.400		

Fuente: Departamento de servicios Generales Hospital Eduardo Pereira, 2014

En el siguiente grafico queda expresado el consumo eléctrico en el tiempo de los Hospitales Carlos Van Buren y Eduardo Pereira en los años 2013 y 2014.

**Ilustración 34: Grafico distribución consumo eléctrico Hospital Eduardo Pereira**

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Se aprecia que el consumo eléctrico en promedio no ha aumentado en los últimos años, experimentando sus correspondientes alzas de acuerdo a las estaciones climáticas.

El Hospital Eduardo Pereira posee consumos casi invariables a lo largo de todo el año. Esto puede reflejar que son pocos sensitivos a los cambios climáticos externos y de ahí que mantener un ambiente de confort interno durante todo el año no implique aumentar consumos en periodos críticos como los de meses de invierno. Por otro lado, también pueden reflejar que su fuerte no esté centrado en darle toda la comodidad y bienestar que necesiten los usuarios, sino más bien en dar una atención médica que corresponda quitándole importancia al factor confort.

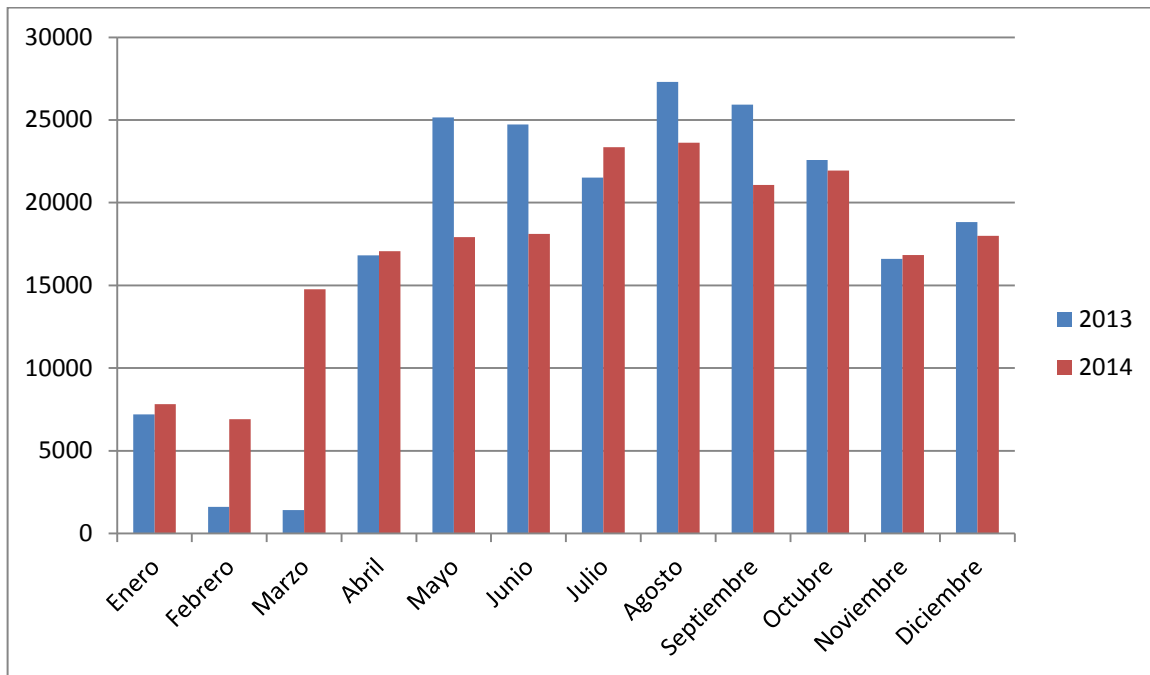
Vemos también que se experimentan leves alzas del consumo en periodos de invierno, lo que refleja que el consumo eléctrico va orientado principalmente hacia la calefacción, iluminación y uso de equipos médicos.

#### **4.8.2 Gas Natural**

Si recordamos, se mencionó que el suministro eléctrico era el recurso más utilizado por cualquier tipo de edificio, en particular en recintos hospitalarios, ya que la demanda por iluminación, ventilación, refrigeración y funcionamiento de equipos médicos resulta muy elevada. Contrario a la electricidad, estos combustibles sólidos se centran únicamente en proporcionar calefacción y agua caliente a los hospitales y clínicas. Pese a ser un campo de acción reducido, es de mucha importancia debido a que la percepción de confort interno de un ambiente en primera instancia está dado por las condiciones térmicas. Además hay que tener en cuenta los elevados costos que acarrea el uso de gas o petróleo y su aumento en periodos de exigüidad. Ante tales condiciones resulta necesario estudiar el comportamiento o desempeño de

Para realizar el estudio, debemos tener especial cuidado en el manejo de la información recopilada. Algunos edificios utilizan el gas natural como fuente de calor, otros el petróleo, los menos usan gas licuado o kerosene, y muchos de ellos tienen sistemas mixtos.

Sin embargo, lo que interesa es la capacidad calorífica que cada uno de estos combustibles pueda entregar al momento de entrar a una caldera, por lo que la procedencia de ellos queda fuera de lugar.

**Ilustración 35: Grafico Variación del Consumo energético de gas natural**

Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Tabla 15: Consumo de Gas Natural 2013, Hospital Eduardo Pereira**

	Consumo m3	Total factura
Enero	18.561	9.935.124
Febrero	15.304	8.177.610
Marzo	15.083	7.961.950
Abril	17.825	9.486.460
Mayo	23.301	12.791.160
Junio	25.152	14.096.630
Julio	28303	16.106.931
Agosto	26.383	15.014.280
Septiembre	25.705	13.493.844
Octubre	19.120	10.876.419
Noviembre	17.657	9.502.090
Diciembre	17.606	10.201.020

Fuente: Departamento servicios generales Hospital Eduardo Pereira

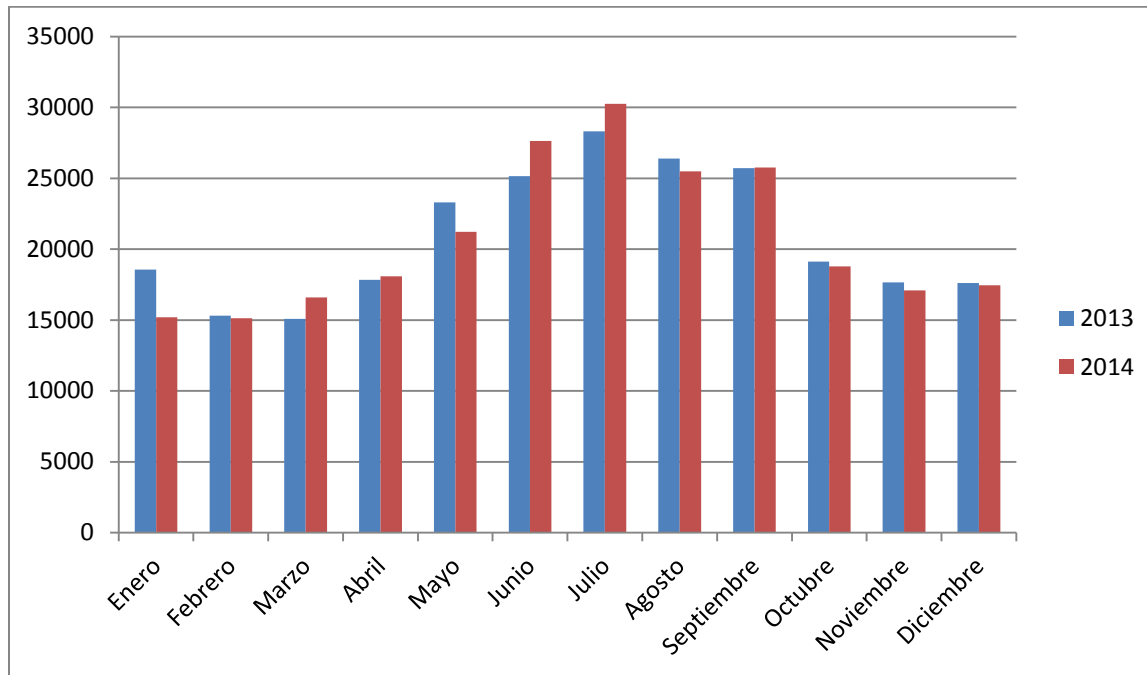
**Tabla 13: Consumo Gas Natural 2014, Hospital Eduardo Pereira**

	Consumo m3	Total factura
Enero	15.194	9.282.280
Febrero	15.133	9.776.980
Marzo	16.589	10.633.549
Abril	18.080	11.589.280
Mayo	21.212	13.598.139
Junio	27.637	17.872.390
Julio	30.256	20.219.513
Agosto	25.486	18.186.545
Septiembre	25.767	16.516.647
Octubre	18.789	12.043.749
Noviembre	17.090	10.954.690
Diciembre	17.456	11.189.296

Fuente: Departamento servicios generales Hospital Eduardo Pereira

En el siguiente grafico veremos reflejado en consumo de Gas Natural para el Hospital Carlos Van Buren y Eduardo Pereira en el tiempo (2013-2014).

**Ilustración 36: Grafico Variación del consumo energético de gas natural**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Este gráfico nos revela mucha información de importancia. Vemos que el consumo energético del hospital con gas natural tiene un comportamiento sinusoidal claramente marcado, con sus puntos de inflexión altos y bajos concordantes con los periodos de invierno y verano respectivamente, lo que es lógico de esperar ante la demanda por calefacción. Más allá de eso, es importante rescatar su carácter de curva ‘suave’ y ‘armónica’, ya que al tratarse de un suministro por cañería y medidor, el consumo efectuado es sólo de lo estrictamente necesario, sin pérdidas, y buscando suplir la necesidad imperante en el mismo instante del consumo.

A continuación veremos el análisis de la muestra de acuerdo a los indicadores y clasificaciones pertinentes.

Ya se comentó anteriormente que el uso de combustibles va dirigido hacia el único fin de obtener calefacción y agua caliente, y que la necesidad de ellas provoca que el confort térmico deseado sea enormemente sensitivo a pequeños cambios de esta variable. Además, al tratarse de hospitales, no es posible realizar disminuciones arbitrarias del consumo ya que los niveles de temperatura son de vitalidad en el cuidado de pacientes. Todo esto convierte al indicador ‘Demanda de Energía Calórica por m<sup>2</sup> construido’ en un parámetro muy casi constante para edificios hospitalarios, lo que se refleja en la linealidad de los datos en el gráfico.

## 4.9 Características de sistemas de instalaciones del HEP

### 4.9.1 Sistema térmico

Este sistema está compuesto por dos calderas de agua, que abastecen al hospital de agua caliente sanitaria y de calefacción, además de dos calderas a vapor que alimentan la cocina, equipos de esterilización y calefacción del pabellón del tercer piso. La caldera a vapor de mayor uso es a gas natural, la segunda caldera es de respaldo y es de petróleo.

En los siguientes cuadros esta descripción técnica de las calderas a vapor:

<i>Caldera Vapor 1</i>	
<b>Cantidad</b>	1
<b>Marca</b>	Induvapor
<b>Año</b>	1971
<b>Combustible</b>	Gas natural
<b>Potencia térmica</b>	2.000kvh
<b>Frecuencia de uso</b>	todo el año excepto en mantención (correctiva)
<b>Aplicaciones</b>	Cocina, esterilización, precalentamiento petróleo para caldera y calefacción para el 3° piso por periodos cortos de tiempo
<b>Purga</b>	6-8 purgas al día (posee un estanque de purga)
<b>Estanque condensado de</b>	llega el retorno calefacción pabellón y de esterilización

<i>Quemador Vapor 1</i>	
<b>Marca</b>	Baltur
<b>Combustible</b>	Gas Natural
<b>Voltaje nominal</b>	3N- 380/220V
<b>Potencia eléctrica</b>	1kW

<i>Caldera Vapor 2</i>	
<b>Marca</b>	INDUVAPOR
<b>Año</b>	1971
<b>Combustible</b>	Petróleo
<b>Potencia Térmica</b>	2.000kVh
<b>Frecuencia de uso</b>	Sólo caso de emergencia (mantenciones y fallas de caldera 1)

<i>Quemador Vapor 2</i>	
<b>Marca</b>	National Airoil Burner
<b>Combustible</b>	Petróleo
<b>Voltaje nominal</b>	3N-380/220V
<b>Potencia eléctrica</b>	2,2 kW

## 4.10 Levantamiento de Datos Consumo

Se realizó un levantamiento en terreno con la ayuda el departamento de mantención el cual provee de todos los equipos de eléctricos y térmicos que están por piso su uso y también su consumo para poder identificar el lugar con mayor alto consumo.

### 4.10.1 Consumo Sistema Térmico

A continuación se presenta la información asociada al levantamiento de datos y equipos solicitados en terreno al hospital Eduardo Pereira.

Sistema térmico:

Climatización: equipos utilizados para calefaccionar, enfriar y/o manejar la calidad del aire dentro del hospital, tales como chillers, UMA's, radiador, estufas GLP, etc.

Cocina: equipos utilizados en la central de alimentación u otra sección con el fin de preparar los alimentos del hospital, tales como hornos, anafes, baño maría, marmitas, etc.

Equipos industriales: equipos que apoyan la operación general del hospital, tales como lavadoras industriales (consumo de vapor).

Equipos médicos: equipos de uso directo o indirecto para las labores médicas, tales como autoclaves.

El detalle de estos equipos se puede encontrar en el Anexo Digital Planillas Levantamiento, donde se presenta el levantamiento realizado.

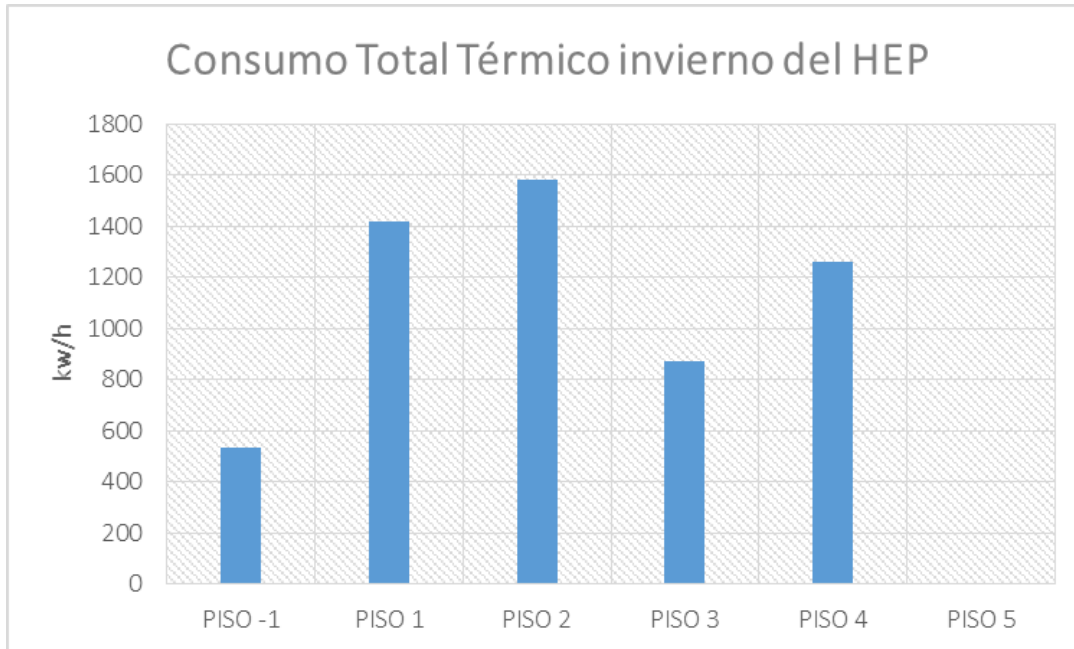
**Tabla 14: Sistema de Consumo invierno**

<b>SISTEMA DE CONSUMO INVIERNO</b>	<b>PISO -1 KW/M2</b>	<b>PISO 1 KW/M2</b>	<b>PISO 2 KW/M2</b>	<b>PISO 3 KW/M2</b>	<b>PISO 4 KW/M2</b>	<b>PISO 5 KW/M2</b>	<b>Total</b>
Climatización	387,6	969	1582,7	872,1	1259,7		5071,1
Cocina		450					1164
Equipos Médicos	144						144
<b>TOTAL CONSUMO kwh</b>	<b>531,6</b>	<b>1419</b>	<b>1582,7</b>	<b>872,1</b>	<b>1259,7</b>	<b>0</b>	<b>6379,1</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2018

La tabla 14 después de realizado el levantamiento de equipos ya sea de climatización, cocina y equipos médicos por piso se logró saber que el mayor consumo térmico en invierno se encuentra enfocado en el piso n° 2 en el sistema de climatización con 1582,7 kwh

**Ilustración 37: Consumo Total térmico de invierno HEP**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la ilustración 37 podemos apreciar que el mayor consumo realizado por el sistema térmico es en el segundo piso y en la tabla 16 podemos visualizar que corresponde a los equipos de climatización.

A continuación los consumos de equipos por pisos asignados al sistema térmico en verano.

**Tabla 15: Sistema térmico de Consumo, verano.**

SISTEMA DE CONSUMO VERANO	PISO -1	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	Total
COCINA		1164					1164
Equipos Médicos	144						144
Total kwh	144	1164					<b>1308</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la tabla 15 se visualiza después de realizado el levantamiento en terreno en solo en verano en los pisos -1 y 1 se genera un consumo del sistema térmico en cocina y equipos medios en

los demás pisos no hay consumo o equipos asignados al sistema térmico también de acuerdo al levantamiento de datos el mayor consumo térmico en verano se encuentra enfocado en el piso n° 1 en el ítem cocina con 1164 kwh.

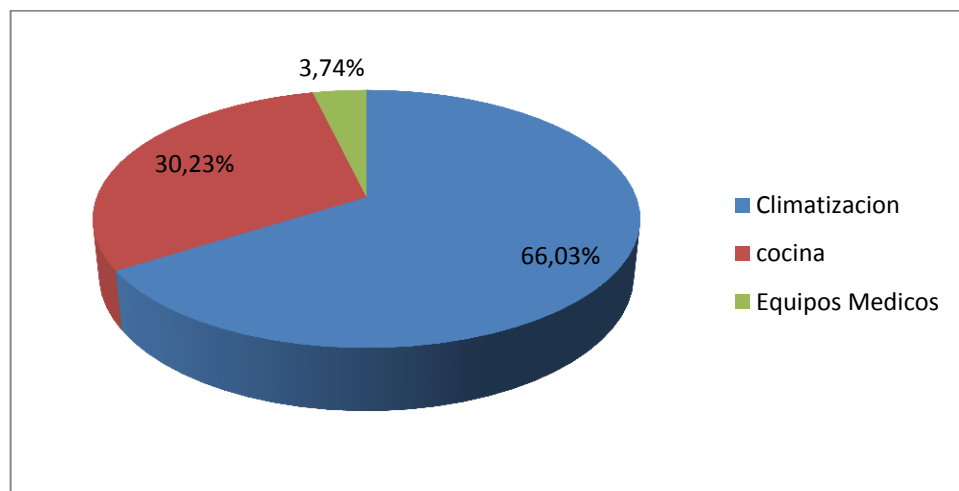
**Tabla 16: Resumen anual de Consumo**

Sistemas térmicos	Consumo anual MHW	%
Climatización	928	66,03%
Cocina	425	30,23%
Equipos Médicos	52,56	3,74%
TOTAL CONSUMO	1405,413	100,00%

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la tabla podemos apreciar el consumo anual en el sistema térmico el 66,03 % es realizado por el sistema de climatización es el mayor consumir de energía.

**Ilustración 38: Consumo Anual Sistema Térmico**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Ilustración 38 se presenta la distribución del consumo térmico, en el sistema térmico del hospital la climatización presentó uno de los más altos consumos energético (66,03%), seguido por cocina (30,23%).

El piso número 2 del hospital Eduardo Pereira de acuerdo al levantamiento de equipos y sus consumos establece el mayor consumo térmico en el edificio por aquello se tomara como muestra y se estudiaran las zonas para establecer cuál es la de mayor consumo.

Desde la perspectiva del consumo térmico se identificaron los siguientes equipos:

- Climatización: radiadores. En total 157 unidades.
- Equipos de cocina: anafes, hornos y marmita. 15 unidades de total.
- Equipos médicos: autoclaves. 2 unidades en total.

Las autoclaves de esterilización realizan 6 cargas por día cada una y cada carga tiene una duración de aproximadamente 90 minutos.

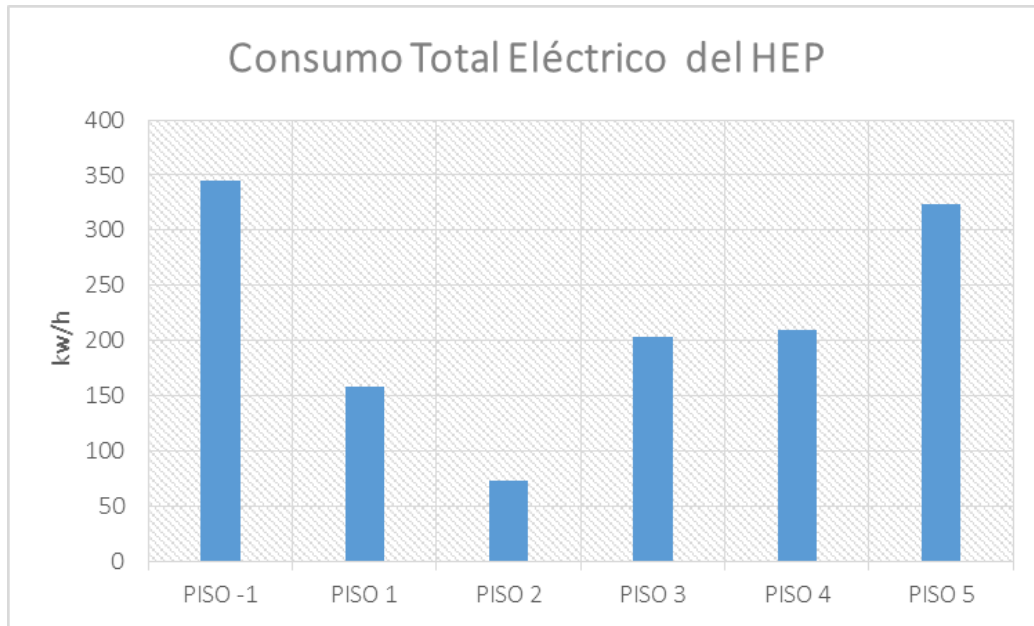
#### 4.10.2 Consumo sistema eléctrico

A continuación se presenta la información asociada al levantamiento de datos y equipos solicitados en terreno al hospital Eduardo Pereira.

**Tabla 17: Consumo Sistema Eléctrico**

SISTEMA ELECTRICO KWh	PISO -1	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5
Climatización	0,1	5,192	16	8,192	16	64
Electrodomésticos	29,16	32,5	28,38	20,93	37,05	50,39
Equipos de oficina	26,67	89,92	24,124	33,973	39,681	41,288
Equipos industriales	58,32	11,03				89,2
Equipos Médicos	231,13	19,225	5	140	117	78,8
<b>TOTAL CONSUMO kwh</b>	<b>345,3769</b>	<b>157,867</b>	<b>73,504</b>	<b>203,095</b>	<b>209,731</b>	<b>323,678</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Ilustración 39: Consumo total eléctrico**

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la ilustración 39 podemos visualizar que el mayor consumo en el sistema eléctrico en el HEP es en el primer piso -1 que de acuerdo a la tabla 17 corresponderían a los equipos médicos con el mayor consumo eléctrico.

Para mejor entendimiento de la clasificación, a continuación se presenta una definición de estos mismos en conjunto con algunos ejemplos de los elementos considerados en cada categoría.

- Climatización: equipos utilizados para calefaccionar, enfriar y/o manejar la calidad del aire dentro del hospital, tales como estufas eléctricas, aire acondicionado, split, equipos, ventana, radiadores eléctricos, etc.
- Sim o Electrodomésticos: equipos cotidianos que pueden encontrar en el hospital, tales como hervidores, televisores, horno eléctrico, lavavajilla, refrigerador, visicooler, etc.
- Equipos de oficina: equipos asociados a las actividades administrativas del hospital, tales como computadores, monitores, fotocopiadoras, rack, router, etc.
- Equipos industriales: equipos que apoyan la operación general del hospital, tales como bombas de agua, cámaras de frio, ascensores, selladoras, etc.

- Equipos médicos: equipos de uso directo o indirecto para las labores médicas, tales como autoclaves, scanner, mamógrafos, lavachatas, analizadores de laboratorio, electrobisturí, monitor cardiaco, etc.
- Iluminación: equipos que entregan luz artificial al hospital, tales como incandescente, tubos fluorescentes, LED, etc.

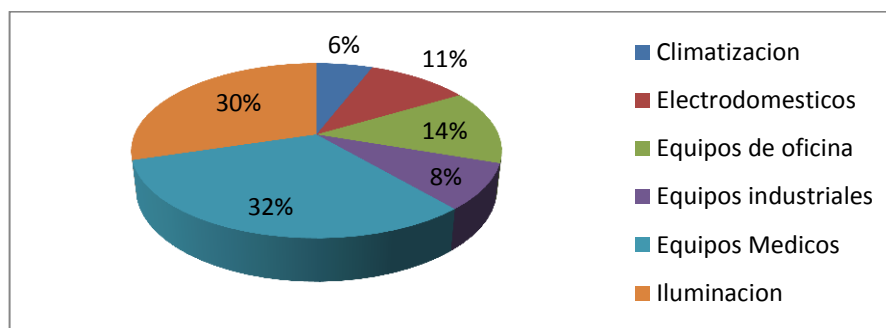
A continuación el consumo anual del sistema eléctrico en el HEP.

**Tabla 18: Consumo anual sistema eléctrico**

Sistema eléctrico	Consumo anual MWH	% consumo
Climatización	39,96	6%
Electrodomésticos	72,42	11%
Equipos de oficina	93,31	14%
Equipos industriales	57,87	8%
Equipos Médicos	215,8	32%
Iluminación	202,0	30%
Consumo total	<b>681,30</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Ilustración 40: Consumo anual sistema eléctrico**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la ilustración 40 podemos apreciar la distribución del consumo anual en cada ítem para lo cual el mayor consumidor eléctrico serían los equipos médicos con un 32 % del total.

### 4.10.3 Uso y Horario de los Dispositivos Consumidores de Energía HEP

En las visitas de terreno se realizó el levantamiento de las horas de uso diario de equipos consumidores de energía de todo el HEP.

Dentro de los equipos de energía, se desarrolló un ranking de los más consumidores, mostrados a continuación:

**Tabla 19: Ranking de equipos consumidores de energía HEP**

Sistema de consumo	Equipo	Cantidad	Uso [h/día]	E [kWh/día]
Climatización	Radiador	157	V: 0 I: 17	V: 0 I: 5.071,1
Cocina	Horno	2	5	280,0
Cocina	Anafe quemadores	121	4	240,0
Cocina	Anafe quemadores	81	4	224,0
Equipos de Oficina	PC	181	7	138,3
Cocina	Anafe quemadores	42	4	120,0
Climatización	Calefactor eléctrico	15	V: 0 I: 4	120,0

Fuente: Elaboración propia, 2018

De acuerdo al levantamiento solicitado al departamento de mantención los equipos con más consumo serían los de climatización con 157 equipos de radiadores con un uso en invierno de 17 horas continuas que da un total 5071 kw/día.

De acuerdo a este levantamiento de datos y su posterior análisis se realizara una simulación de zonas típicas en el 2do piso del hospital ya que es donde se encuentra el mayor consumo térmico en climatización, se tomara una muestra del edificio que será nuestro caso base en el cual se analizara a partir de un balance térmico una serie de alternativas de mejora de la envolvente exterior con el fin de encontrar la alternativa y estrategia más óptima.

## 4.11 Análisis en Software Design Builder

En primera instancia para el análisis térmico del caso base seleccionado después de su levantamiento de consumo energético del hospital y donde pudimos ubicar el lugar con más consumo en calefacción se realizaron 5 modelos térmicos para su análisis, Caso Base, Estrategia n°1, Estrategia n°2, Estrategia n°3 y Estrategia n°4 que serán desarrolladas y presentadas a continuación.

**Ilustración 41: Imágenes de Modelos analizados**



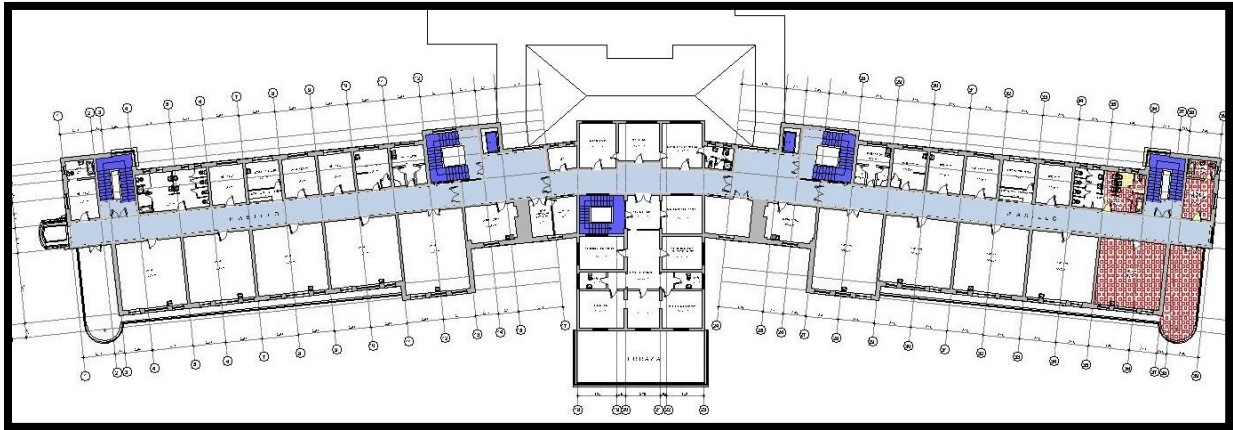
Fuente: Elaboración Propia

### 4.11.1 Análisis de Caso Base

El Caso Base es la descripción de la situación actual respecto al estándar de diseño de arquitectura, confort y consumo de recursos energéticos. Este caso base servirá para comparar las diferentes estrategias de mejora posibles para conseguir los objetivos de sustentabilidad del proyecto de acuerdo al levantamiento anterior el mayor consumidor de energía en el sistema térmico fue los dispositivos de climatización en el sistema eléctrico de Equipos médicos por ende donde podemos atacar es en el consumo de climatización ya que lo equipos médicos jamás se podrán intervenir a menos que se ataque la parte activa del edificio buscando equipos con mejor eficiencia en nuestro caso será más orientada atacar nuestra parte pasiva, de acuerdo a esto se eligió una zona del 2do piso que contenga diferentes usos y se dejó adiabático ya sea la losa y donde se cerró para solo concretar esa zona que en la ilustración 41 está en color rojo.

Para el análisis del hospital Eduardo Pereira se analizaron modelos térmicos: Modelo caso base, Modelo alternativa 1, modelo alternativa 2, modelo alternativa 3 y modelo caso optimo (combinación de alternativas).

### Ilustración 42: Modelo Caso Base, Segundo piso



Fuente: Planos Hospital Eduardo Pereira, 2015

En la siguiente ilustración 42 se observa el plano de planta del segundo piso del hospital Eduardo Pereira en la zona destacada con rojo será nuestro muestreo para simular el caso base que en esta se ubica una sala de hospitalización, baños y oficinas así se comenzara un posterior análisis para el diseño pasivo en el software Design Builder.

El lugar de muestreo o caso base resaltada con el color rojo en la ilustración tiene las siguientes zonas y dimensiones:

#### Ilustración 43: Zonas y m2

zona	m2
Sala de hospitalización	59,62
Oficina medico jefe	12,6
baño	5,7
Baño paciente	30,34
Pasillo	41,31
<b>Total</b>	<b>149,57</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Ilustración 44: Fachada noroeste Hospital Eduardo Pereira**

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la ilustración 44 se encuentra señalado con un cuadro rojo es la fachada y ubicación para su respectiva simulación en el software Design Builder.

### 4.11.2 Simulación Caso Base

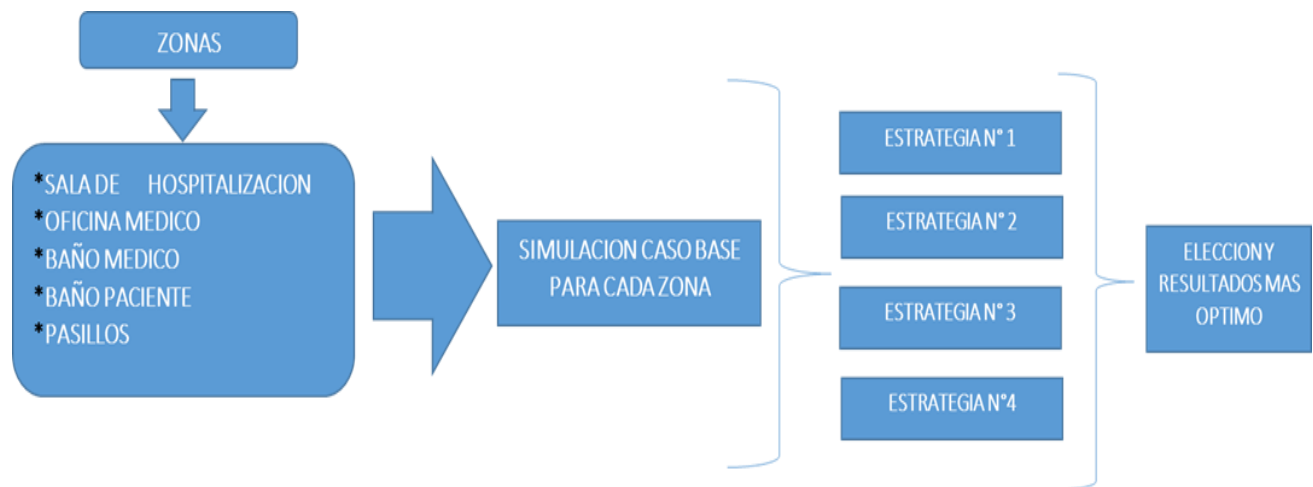
El análisis que se hará sirve para comparar las soluciones que serán presentadas. Es por esto que se aprovechara una muestra del segundo piso del hospital Eduardo Pereira, simulando sus condiciones iniciales para así calcular el rendimiento o efectividad de cada solución al evitar cierta ganancia térmica o eliminarla.

Lo que se busca en definitiva es encontrar la cantidad de energía térmica total que se puede restar del edificio. Esto hará que el equipo de climatización, al tener una menor carga podrá tener un mejor desempeño, sin embargo no es condición suficiente para asegurar que pueda alcanzar el rango de confort térmico.

El cálculo si bien pretende ser un antecedente a lo que puede llegar a ser cada solución es una aproximación a los rendimientos reales que pueden tener las soluciones, ya que para conseguir un desempeño realista se tiene que medir experimentalmente cada una de ellas.

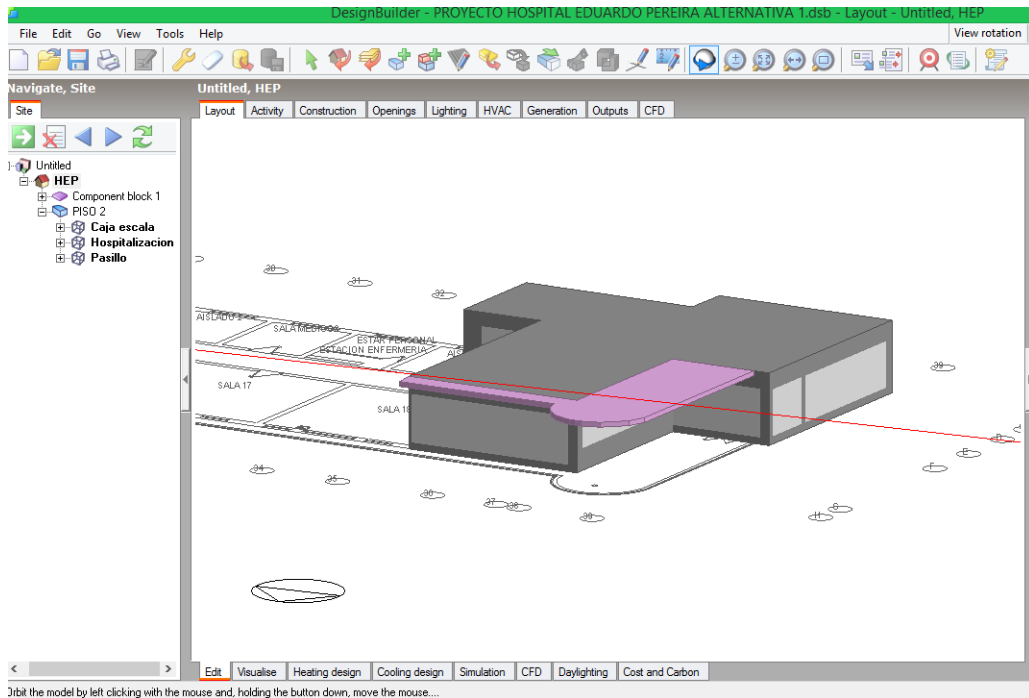
En la siguiente ilustración podemos reflejar la estructura de cómo se realizaran las simulaciones y a qué tipo de zonas.

**Ilustración 45: Mapa conceptual simulación caso base**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

### Ilustración 46: Simulación Caso Base



Fuente: Elaboración propia, software Design Builder, 2018.

En la ilustración 46 se muestra el levantamiento del lugar elegido para el muestreo y simulación en Design Builder, el 80% en la cara norte corresponde a ventanas y el 20% corresponde a muros el lugar que se ve en morado se encuentra ubicada un pérgola .

#### 4.11.3 Características de la envolvente en caso base.

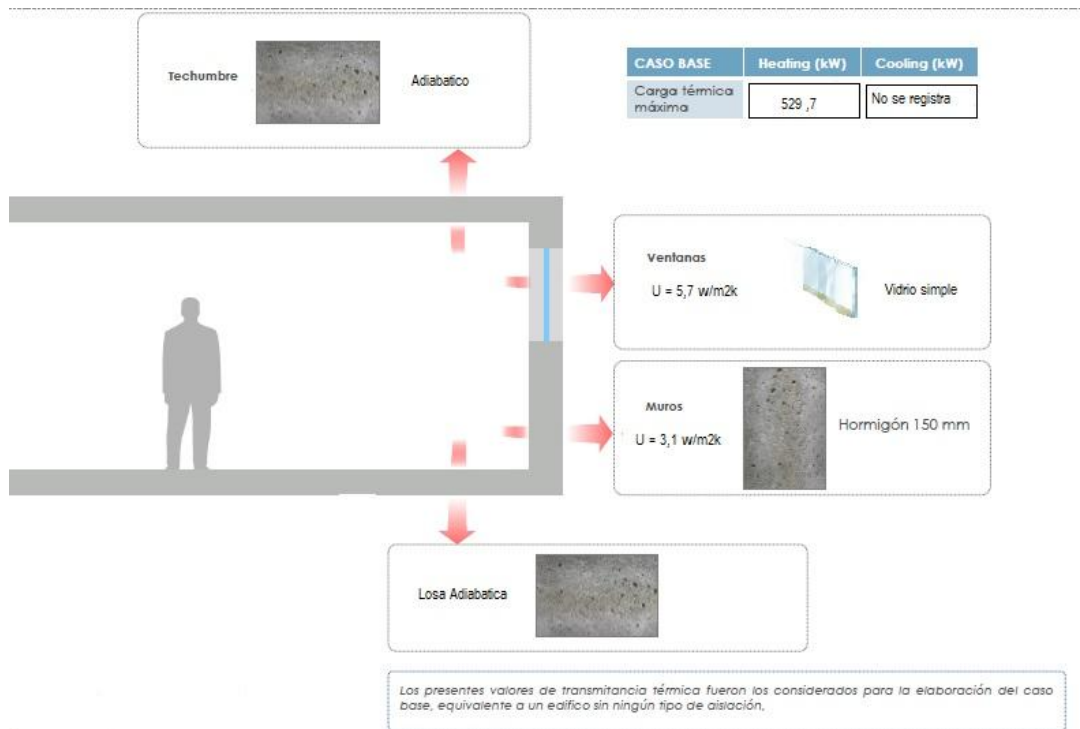
El Caso Base es la descripción de la situación y características de materialidad existentes, confort y consumos de recursos. Este caso base servirá para comparar las diferentes estrategias de mejora posibles para conseguir los objetivos de sustentabilidad del proyecto.

**Tabla 20: Características generales del modelo, Caso base**

sección caso base		Caso Base
ENVOLVENTE	Ventanas	U= 5,7 w/m2k
	Losa	Adiabática
	Muros	U= 3,1 W/M2K

Fuente: Elaboración Propia Caso base, 2018.

**Ilustración 47 : Cuadro explicativo Caso Base**



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

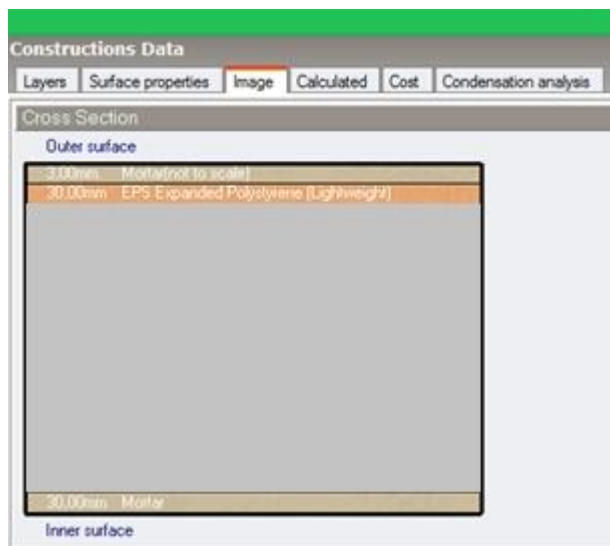
**Ilustración 48: Definición muros interiores Design Builder**

<b>Inner surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,670
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	6,571
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,322
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>3,104</b>
<b>With Bridging (BS EN ISO 6945)</b>	
Upper resistance limit (m <sup>2</sup> -K/W)	0,322
Lower resistance limit (m <sup>2</sup> -K/W)	0,322
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	6,571
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,322
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>3,104</b>

Fuente: Design Builder caso base, 2018.

En la ilustración 48 podemos apreciar un detalle de la transmitancia térmica de los muros interiores.

### Ilustración 49: Definición de muros exterior e interior



Fuente: Design Builder, 2018.

En esta ilustración 49 podemos apreciar de acuerdo a las dimensiones y características de la envolvente el corte de aquel muro identificando su materialidad como sus medidas.

### Ilustración 50: Definición de acristalamiento de ventanas

Glazing Data		
Layers	Calculated	Cost
Calculated Values		
Total solar transmission (SHGC)	0.819	
Direct solar transmission	0.775	
Light transmission	0.881	
U-value (ISO 10292 / EN 673) (W/m2-K)	5.718	
<b>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m2-K)</b>	<b>5.778</b>	

Fuente: Design Builder, 2018

En la ilustración 50 se muestra la transmitancia térmica del tipo de acristalamiento elegido para las ventanas que corresponde a vidrio simple que es de acuerdo al caso original.

## 4.12 Ganancias Internas del caso base a simular

Para realizar la simulación del caso base y estrategias se ingresan las ganancias térmicas ya sean externa e internas, las externas ya fueron ingresadas configurando el modelo con la climatización de la zona geográfica de donde se encuentra emplazado el Hospital y las internas que afectan transmitiendo calor en el hospital serán las siguientes:

### 4.12.1 Equipos de Iluminación

La iluminación de las zonas seleccionadas para el muestreo se encuentra con luminaria fluorescente T8.

**Ilustración 51: Fluorescente T8**



Fuente : [www.google.cl/fluorecentet8](http://www.google.cl/fluorecentet8)

**Tabla 21: Consumo y potencia sistema de iluminación, Caso base**

Sala	Tecnología	Cantidad	Potencia [W]	Fact. Ballast	Uso Verano [hr/día]	Uso Invierno [hr/día]	Potencia Total [W]	Consumo Día Verano [Wh]	Consumo Día Invierno [Wh]
Hospitalización	T8	2	36	1,25	7	9	90	630	810
Baño pacientes	T8	10	18	1,25	7	9	225	1575	2025
Oficina Medico Jefe	T8	2	36	1,25g	7	9	90	630	810
Baño Oficina Medico Jefe	T8	2	18	1,25	7	9	45	315	405
Pasillo	T8	2	36	1,25	7	9	90	630	810

Fuente: Elaboración propia, levantamiento de datos HEP, 2018.

En la tabla 21 se encuentra la cantidad de tipo de luminaria por zona y su consumo diario ya sea en verano y en invierno.

A continuación se refleja la Densidad w/m2 por cada zona de caso base seleccionado.

**Tabla 22: Densidad de iluminación**

Zona	w/m2
Sala de Hospitalización	1,8
Baño pacientes	7,41
Oficina Medico Jefe	7,14
Baño Oficina Medico Jefe	7,8
Pasillo	2,17

Fuente: Elaboración propia, 2018

#### 4.12.2 Equipos Eléctricos Caso Base

**Tabla 23: Sistema consumo eléctrico, Caso Base.**

Zona	Sistema de Consumo	Equipo	Cant.	Pot. Elec [kW]	Uso [hr/día]	Potencia Total [kW]	Consumo Diario Aprox [kWh]
Sala de Hospitalización	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,10	0,50	0,77	0,38

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Densidad w/m2

zona	w/m2
sala de hospitalización	12,9

### 4.12.3 Equipos Térmicos

**Tabla 24: Sistema Consumo térmico, Caso Base**

Zona	Sistema de Consumo	Equipo	Cantidad	Pot. Térmica [kWt]	Uso Invierno [hr/día]	Meses Utilización	Potencia Térmica Total [kWt]	Consumo térmico aprox día Invierno [kWht]
Sala de hospitalización	Climatización	Radiador	2	1,90	17	4	3,8	64,6

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Densidad w/m<sup>3</sup>

zona	w/m <sup>2</sup>
sala de hospitalización	6

### 4.12.4 Ocupación personas

**Tabla 25: Densidad ocupación Personas, Caso base**

Zona	Area Util m <sup>2</sup>	N° Personas	Densidad Personas/m <sup>2</sup>
Sala de hospitalización	59,62	8	0,13
Oficina medico jefe	12,6	2	0,16
baño	5,7	1	0,18
Baño paciente	30,34	5	0,16
Pasillo	41,31	4	0,10

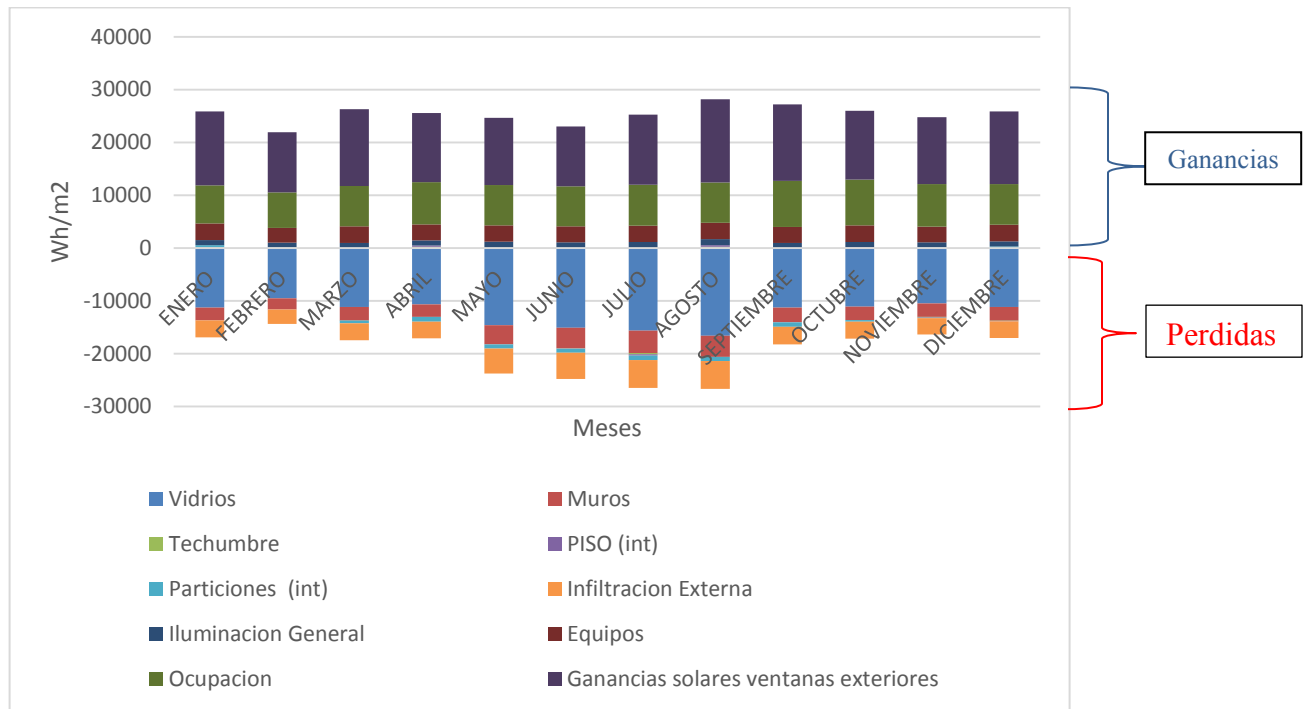
Fuente: Elaboración Propia, 2018

## 4.13. Balances Térmico

### 4.13.1 Balance térmicos Caso Base

En la siguiente ilustración podremos apreciar los resultados de las ganancias y pérdidas que se presentan con el caso base sin las estrategias a desarrollar para buscar resultados más óptimos.

**Ilustración 52: Balance térmico Caso Base**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la ilustración 52 que representa el balance térmico, se puede ver que los mayores flujos térmicos son a través de pérdidas por vidrios exteriores, pérdidas por muros, pérdidas infiltración externa y pérdida particiones interiores. Las ganancias se reflejan a través de la radiación solar entrando por las ventanas exteriores. En base a este comportamiento se definirán las siguientes estrategias:

- Mejorar vidrios exteriores
- Mejorar Marco de ventanas
- Aislar muros
- Combinación de las 3 estrategias

En el caso base no existe sistema de aire acondicionado solo existe sistema de calefacción así que las simulaciones fueron solo considerando el sistema térmico destinado a la calefacción.

Para el caso base el resultado de consumo fue el siguiente: Zone Heating 52905,14 Wh/m²

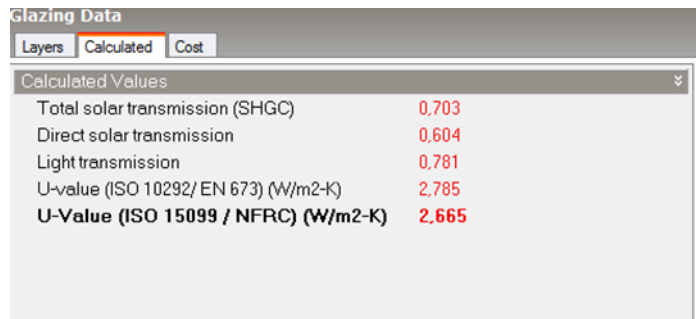
### 4.13.2 Balance térmico Estrategia n° 1

De acuerdo a la fachada norte el 80% de vanos es vidrio y el 20 % es muro por ende se busca una mejora en dicho material disminuyendo la transmitancia térmica ( valor-U) de aquel vidrio como se explica en el siguiente detalle.

- **Doble vidrio**

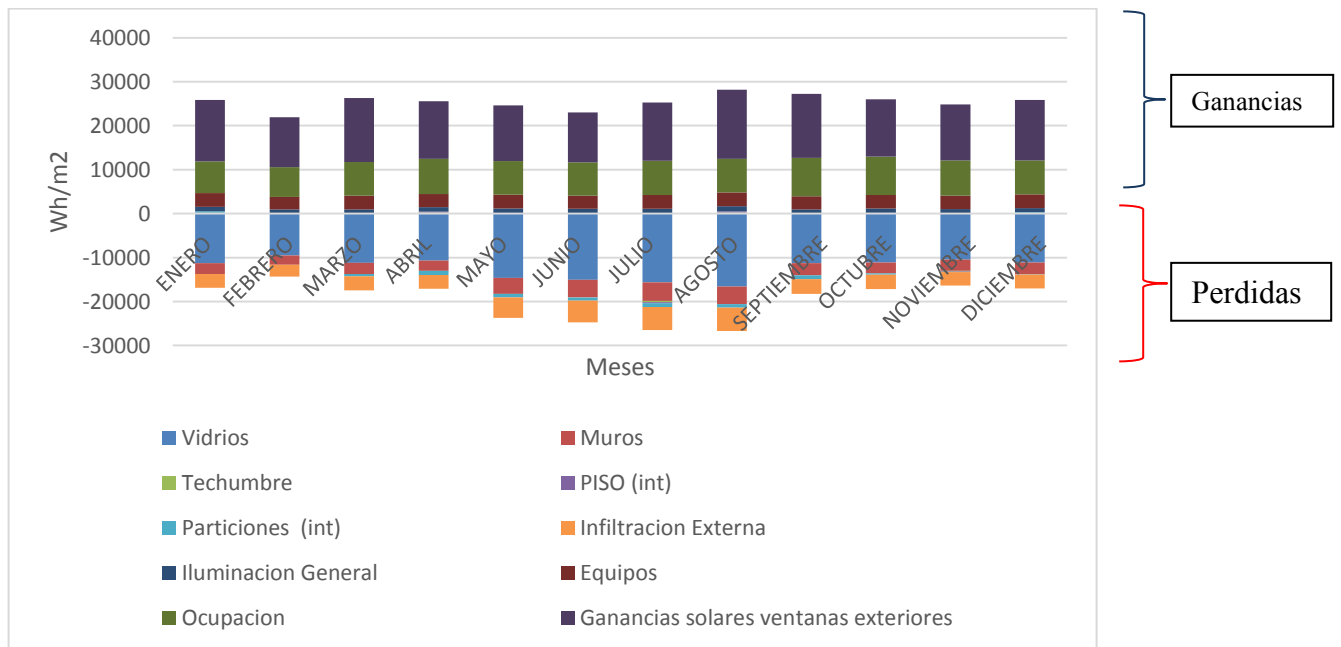
Para este caso se eligió una estrategia de vidrio doble con las siguientes ilustración se observan las propiedades térmicas de la estrategia n° 1 elegidas en el software design builder su valor U es 2,665 w/m2k disminuyendo a lo que es el caso base.

**Ilustración 53: Propiedades térmicas, Doble Vidrio**



Fuente: Design Builder, 2018.

**Ilustración 54: Balance Térmico, Estrategia n° 1**



Fuente: Elaboración propia, Design Builder, 2018.

En la ilustración 54 que representa el balance térmico se puede ver la disminución de pérdida de energía en el caso de vidrios 39797 Wh/m<sup>2</sup> de un 52905,14 Wh/m<sup>2</sup>.

### 4.13.3 Balance Térmico Estrategia n° 2

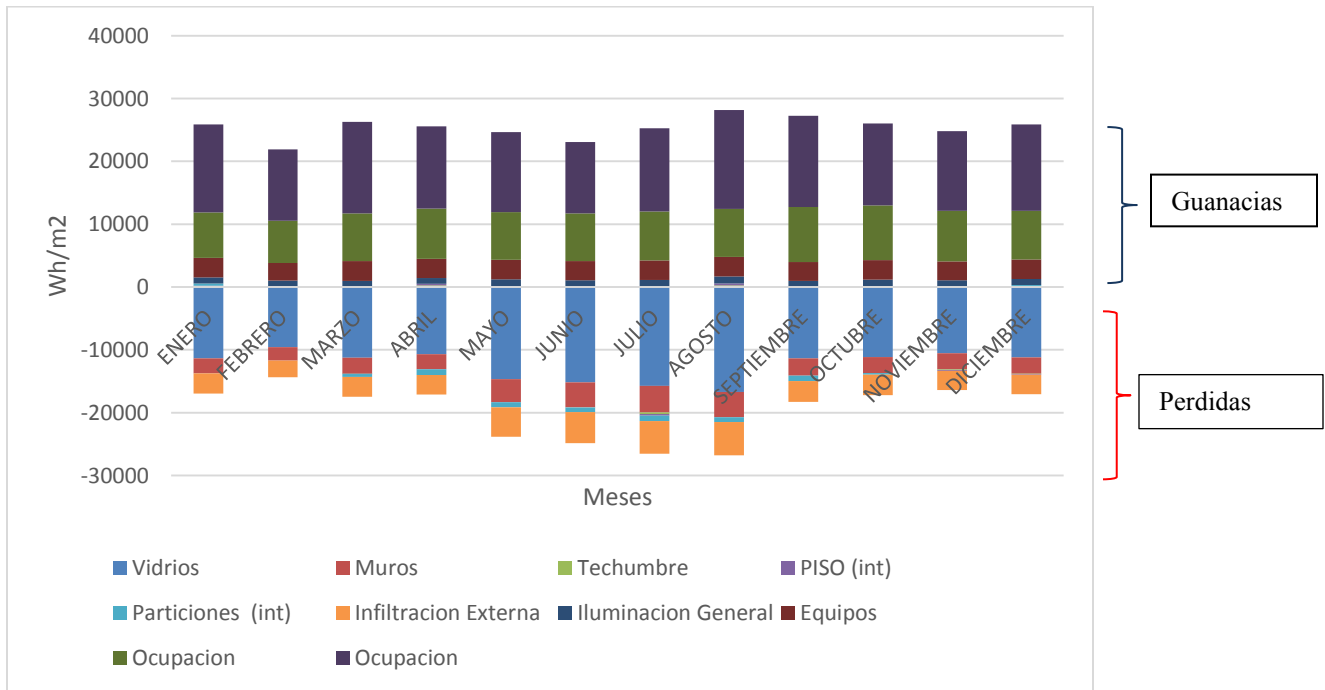
Para este caso fue elegido cambiar el marco de madera que existía a un marco de aluminio las propiedades térmicas serían las siguientes:

**Ilustración 55: Propiedades Térmicas**

With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0,0200
Km - Internal heat capacity (KJ/m <sup>2</sup> -K)	16,7300
Upper resistance limit (m <sup>2</sup> -K/W)	0,275
Lower resistance limit (m <sup>2</sup> -K/W)	0,275
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	9,500
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	0,275
U-Value (W/m <sup>2</sup> -K)	3,633

Fuente: Design Builder, 2018.

**Ilustración 56: Balance Térmico, Estrategia n° 2**



Fuente: Elaboración Propia Design Builder, 2018.

En la ilustración 56 que representa el balance térmico se puede ver la disminución de pérdida de energía en el caso de marcos de aluminio 52226 Wh/m2 de un 52905,14 Wh/m2.

### 4.13.4 Balance Térmico Estrategia n° 3

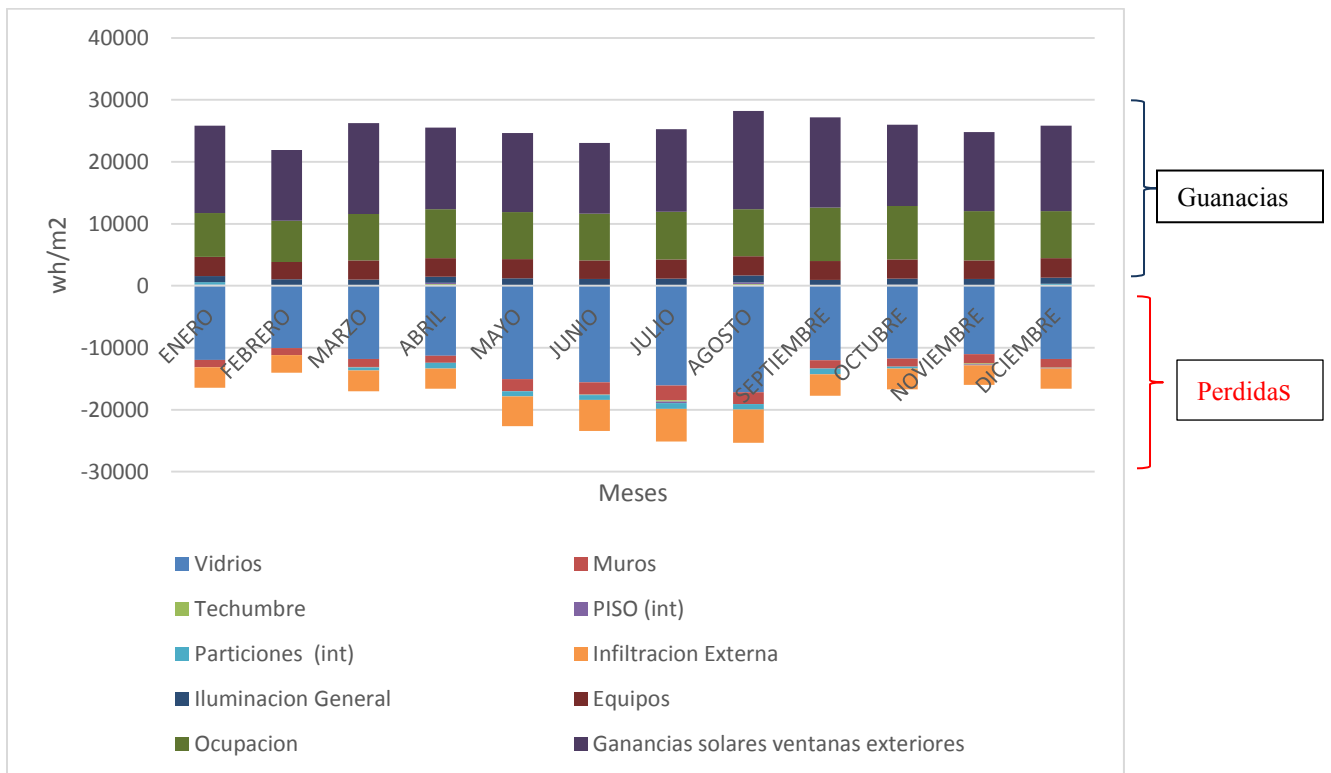
Para este caso fue elegido implementar en los muros polietileno expandido, las propiedades térmicas serían las siguientes:

**Ilustración 57: Propiedades térmicas Poliestireno**

With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0,4630
Km - Internal heat capacity (KJ/m2-K)	215,2640
Upper resistance limit (m2-K/W)	1,214
Lower resistance limit (m2-K/W)	1,214
U-Value surface to surface (W/m2-K)	0,958
R-Value (m2-K/W)	1,214
<b>U-Value (W/m2-K)</b>	<b>0,824</b>

Fuente: Elaboración Propia, Design Builder, 2018.

**Ilustración 58: Balance térmico, Estrategia n° 3**



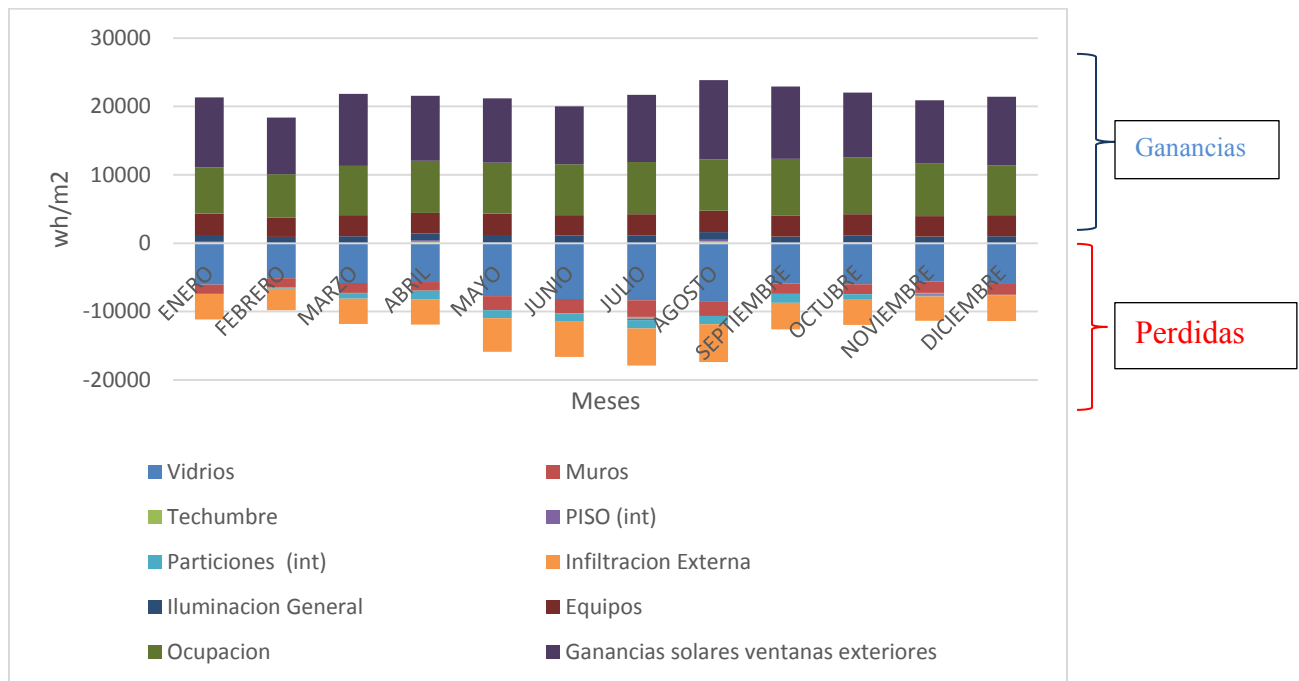
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En la ilustración 58 que representa el balance térmico, se puede ver la disminución de pérdida de energía en el caso 48512 Wh/m<sup>2</sup> de un 52905,14 Wh/m<sup>2</sup>.

#### 4.13.5 Balance Térmico Combinación de Estrategias

Para este caso fue elegido implementar las 3 estrategias ya mencionadas combinandolas y sus propiedades termicas, los resultados de analisis de balance termico serian los siguientes:

**Ilustración 59: Balance térmico, Estrategia Combinadas**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la ilustración 59 que representa el balance térmico se puede ver la disminución de pérdida de energía combinando las 3 estrategias con una disminución de 35308 Wh/m<sup>2</sup> de un 52905,14 Wh/m<sup>2</sup>.

## 4.14 Resultados de la Simulación

De acuerdo a las simulaciones los más incidentes en simular sería la sala de hospitalización de acuerdo a esto se realizó una tabla con distintas estrategias de diseño activo que serán analizadas térmicamente para comprobar cuál es el sistema que produce mayores ahorros.

**Tabla 26: Cuadro resumen transmitancias de estrategias**

CERRAMIENTOS	CASO BASE	ESTRATEGIA N° 1	ESTRATEGIA N° 2	ESTRATEGIA N° 3	ESTRATEGIA N° 4
VIDRIOS	U=5,7 W/M2K	U=2,6 W/M2K	BASE	BASE	U=2,6 W/M2K
MARCOS VENTANAS	U=2,2 W/M2K	BASE	U=3,63 W/M2K	BASE	U=3,63 W/M2K
MUROS	U=3,1 W/M2K	BASE	BASE	U=0,82 W/M2K	U=0,82 W/M2K

Fuente: Elaboración propia, 2018.

A continuación se verán reflejadas las simulaciones térmicas en distintos gráficos para visualizar sus pérdidas y ganancias.

### 4.14.1 Comparaciones de caso base versus estrategias

**Tabla 27: Comparación de la Demanda en calefacción del caso base versus estrategias.**

MESES	CASO BASE	ESTRATEGIA N° 1	ESTRATEGIA N° 2	ESTRATEGIA N° 3	COMBINADAS
ENERO	31,89	26,28	31,85	25,83	18,97
FEBRERO	67,28	50,27	67,05	49,85	30,27
MARZO	44,28	37,05	44,21	30,80	21,82
ABRIL	6,68	4,72	6,69	3,31	1,26
MAYO	3988,11	1780,74	4048,83	3306,53	1261,72
JUNIO	5950,21	3140,35	6017,21	5012,04	2314,65
JULIO	5799,83	3020,66	5865,51	4862,61	2253,41
AGOSTO	4094,59	1864,02	4161,80	3320,42	1324,68
SEPTIEMBRE	7,34	5,50	7,45	5,32	3,05
OCTUBRE	10,64	6,69	10,62	6,00	3,83
NOVIEMBRE	23,69	12,60	23,67	13,41	4,21
DICIEMBRE	42,31	27,50	42,29	27,54	13,98
<b>Total Demanda CalefaccionWH/M2</b>	<b>20066,85</b>	<b>9976,38</b>	<b>20327,19</b>	<b>16663,66</b>	<b>7251,86</b>
<b>% Diminucion</b>	<b>100%</b>	<b>50%</b>	<b>-1%</b>	<b>16%</b>	<b>63%</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En la siguiente tabla n° 27 podemos ver como la demanda en calefacción disminuye considerablemente con el cambio de la materialidad del vidrio (Estrategia n°1) es la condición más favorable para la disminución ya que la estrategia n°3 que combina todos los cambios tendría un costo mayor en inversión comparado con la estrategia n°1.

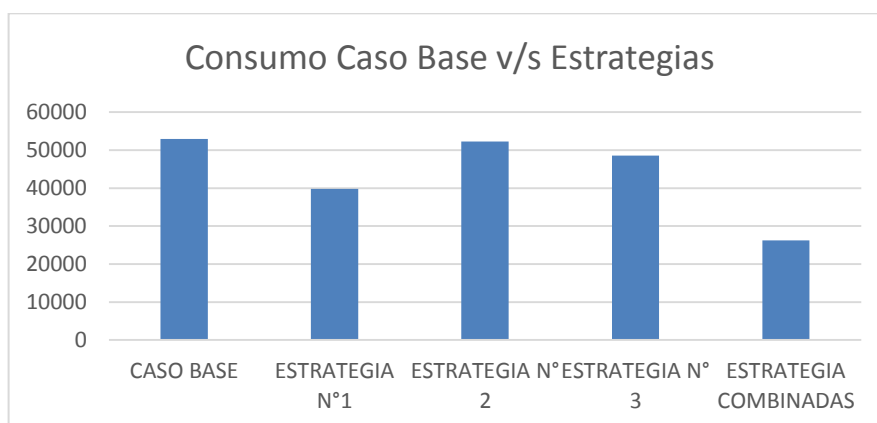
**Tabla 28: Comparación de Caso base versus estrategias sala de hospitalización**

MESES	CASO BASE	ESTRATEGIA N° 1	ESTRATEGIA N°2	ESTRATEGIA N°3	ESTRATEGIAS COMBINADAS
ENERO	0	0	0	0	0
FEBRERO	0	0	0	0	0
MARZO	0	0	0	0	0
ABRIL	0	0	0	0	0
MAYO	11396,45	8443,347	11472,2	10467,91	7512,336
JUNIO	14487,31	11047,96	14567,65	13316,98	9839,687
JULIO	14708,35	11311,68	14784,88	13558,27	10124
AGOSTO	12313,03	8994,412	11401,4	11169,67	7832,828
SEPTIEMBRE	0	0	0	0	0
OCTUBRE	0	0	0	0	0
NOVIEMBRE	0	0	0	0	0
DICIEMBRE	0	0	0	0	0
<b>TOTALES Wh/m2</b>	<b>52905,14</b>	<b>39797,399</b>	<b>52226,13</b>	<b>48512,83</b>	<b>35308,851</b>
Disminucion		25%	2%	9%	34%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El sistema que produce mayores ahorros de consumo en calefacción sería la estrategia n° 2 seguida por la combinación de todas las estrategias, como se puede observar la estrategia n° 1 reduce en un 25% del consumo total por m2 y las estrategia n°3 reduce un 34% del total, la más aceptable y rápida para atacar es la estrategia n°1 que puede ser complementada con marcos de aluminio para así cambiar en su totalidad las ventanas.

**Ilustración 60: Consumo caso base v/s estrategias**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la siguiente ilustración 60 se puede visualizar comparado con el caso base que la estrategia n° 1 es una de las más óptimas, más las estrategias combinadas.

## 4.15 Evaluación Económica

El análisis presente en este capítulo tiene como finalidad determinar la inversión máxima permitida para la solución más óptima analizada tomando en cuenta los ahorros y costos estimados que produce dicha estrategia. Determinar la inversión exacta de la solución más óptima es inviable debido a que los costos de instalación, el costo de los materiales y diseño de implementación es difícil de conseguir, además varias con respecto a los proveedores de aquel caso, se tomara en consideración total de cambio de ventanas que las compone vidrios y marcos.

**Tabla 29: Consumo simulación versus consumo estrategia**

Item	wh/m2	m2	Total kw/h
Consumo simulación	52905	11000	581955
Consumo estrategia	39797	11000	437767

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Ahorro anual**

Se consideraron los 12 meses de aplicación de la solución elegida, ya que la simulación fue calculada para todos los meses del año el tipo de tarifa de suministro eléctrica es AT 4.3, incluyendo todos los costos de dicha tarifa el valor queda \$78/kwh. Para nuestra solución más óptima en tema de ahorro alcanzado un 25% menos de consumo el desarrollo sería el siguiente:

**Tabla 30: Costo anual versus Costo con estrategia**

Item	kwh /1 año	Precio tarifa	Total cosoto
Costo anual	581.955	\$ 78	\$ 45.392.490
Costo anual con estrategia	437.767	\$ 78	\$ 34.145.826
		<b>TOTAL AHORRO</b>	<b>\$ 11.246.664</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Inversión**

Considerando que no se puede hacer una estimación ajustada de la inversión necesaria para la solución se calculara la estimación más probable.

**Tabla 31: Costo estrategia**

Item	m2	Precio unitario	Total Inversion
Costo E strategia	980	\$ 87.000	\$ 85.260.000

Fuente: Elaboración propia, 2018.

De acuerdo al ahorro anual y la inversión podemos ver que para que nuestro retorno de la inversión realizada para modificar el edificio con dicha estrategia sería paga en no más de 7 años por ende es una solución que nos permitirá un ahorro de gran consideración que será de gran utilidad en lo largo del tiempo.

## 4.16 Análisis y Discusión

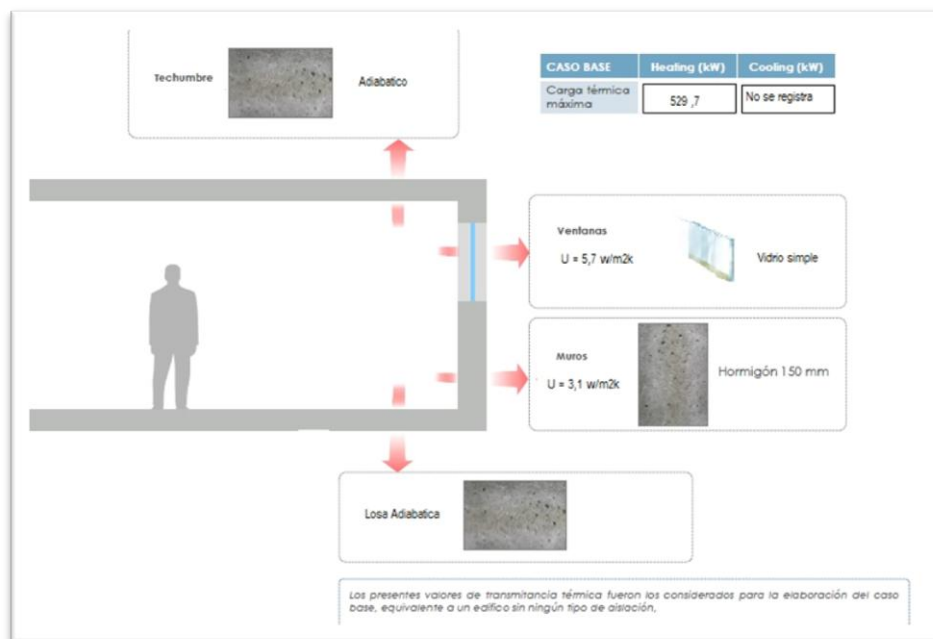
En primera instancia, una vez hecho el levantamiento de datos del consumo por equipos existentes en los cinco pisos del hospital, se realizó un primer análisis que consta de una evaluación de todos los equipos con sistema térmico y eléctrico distribuido en cada planta del hospital. Con esto se logró establecer los resultados de los consumos más elevados.

Se pudo determinar que en el segundo piso del hospital se encuentran los consumos más elevados en calefacción.

Una vez determinado esto se tomó un caso base del segundo piso del edificio para su simulación. Se consideró en este caso que tuviera todas las zonas tipo (pasillo, baños, sala oficina, sala de hospitalización) dejando adiabáticos las paredes colindantes y losas.

Para el caso base se tomaron las siguientes transmitancias térmicas del edificio existente que componían los cerramientos del hospital en estudio.

**Ilustración 61: Cuadro explicativo de Envoltente**



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En la Ilustración n° 61, se visualiza en resumen las transmitancias de los cerramientos que componen el caso base para la simulación.

De acuerdo a estos elementos de la envolvente ingresados en nuestro caso base, se pudieron obtener los resultados que serán analizados a continuación:

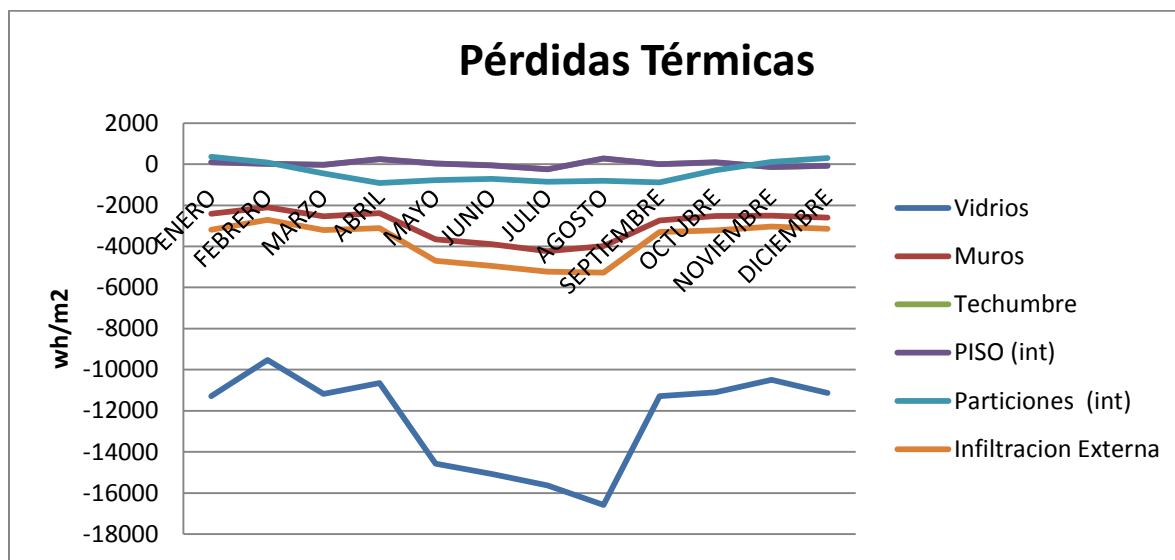
Luego, de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, se podrá visualizar en los siguientes gráficos las variables que fueron más incidentes en las pérdidas de energía y los más incidentes en las ganancias térmicas del edificio.

#### 4.16.1 Pérdidas Térmicas

De acuerdo a este estudio los resultados obtenidos en las pérdidas de energía fueron variables internas correspondientes a la envolvente y cerramientos del edificio.

En el siguiente grafico podemos analizar las siguientes variables y su comportamiento en el edificio.

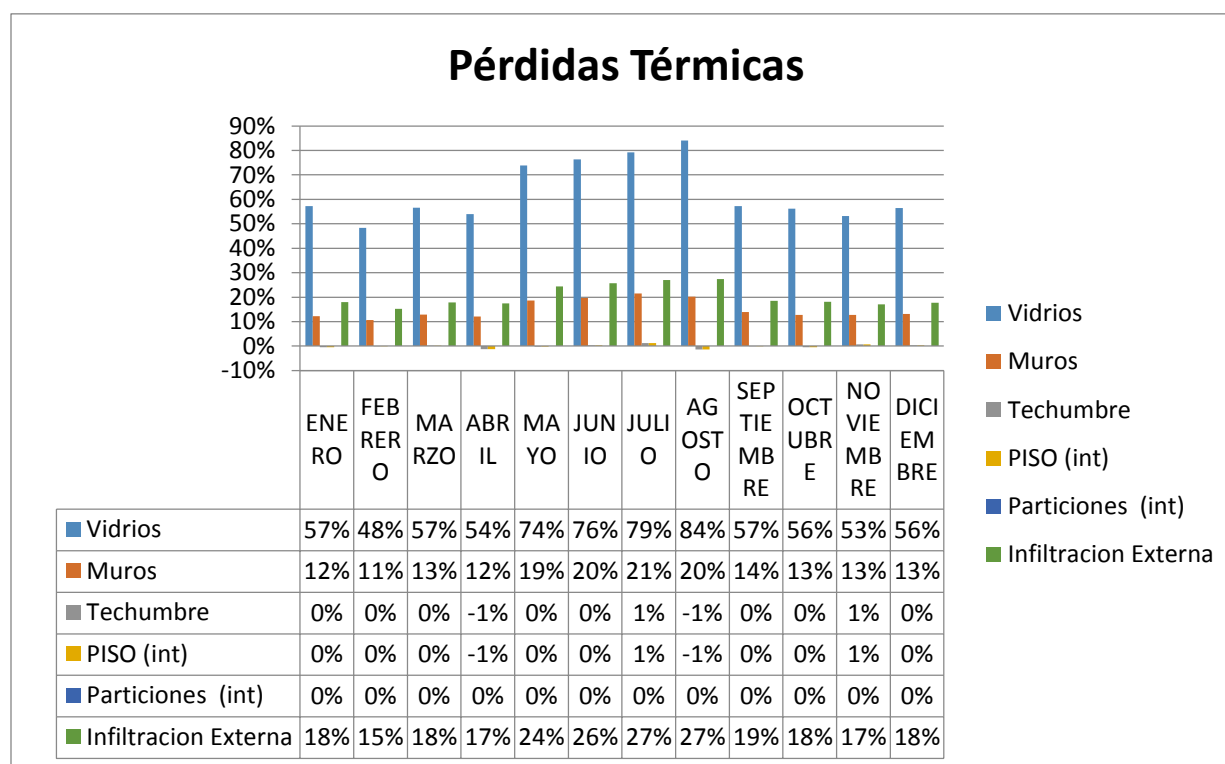
Ilustración 62: Pérdidas Térmicas del Caso Base



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como podemos apreciar en los resultados representados en el gráfico, el cerramiento de la envolvente más incidente en pérdidas térmicas para el edificio son los vidrios, alcanzando en los meses más críticos - 16.000 wh/m<sup>2</sup>, con esto podemos analizar cuan incidente es esta variable en la perdida de energía que se produce en el Hospital.

Ilustración 63: Porcentajes de incidencias Pérdidas Térmicas



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De acuerdo a este grafico podemos visualizar la incidencia de cada una de las variables que componen la envolvente y su comportamiento térmico.

- Vidrios (ventanas): Los meses que obtiene una mayor incidencia en pérdidas, son en los meses de mayo con un 74%, junio con un 76 %, julio con un 79 % y agosto con un 84%.
- Muros: Los meses que obtiene una mayor incidencia en pérdidas, son en los meses de mayo con un 19%, junio con un 20 %, julio con un 21% y agosto con un 20%.
- Techumbre: De acuerdo a sus datos no es relevante su incidencia sobre las pérdidas térmicas del edificio.
- Particiones: De acuerdo a sus datos no es relevante su incidencia sobre las pérdidas térmicas del edificio.
- Infiltraciones externas: Los meses que obtiene una mayor incidencia en perdidas, son en los meses de mayo con un 24%, junio con un 26%, julio con un 27% y agosto con un 27%.

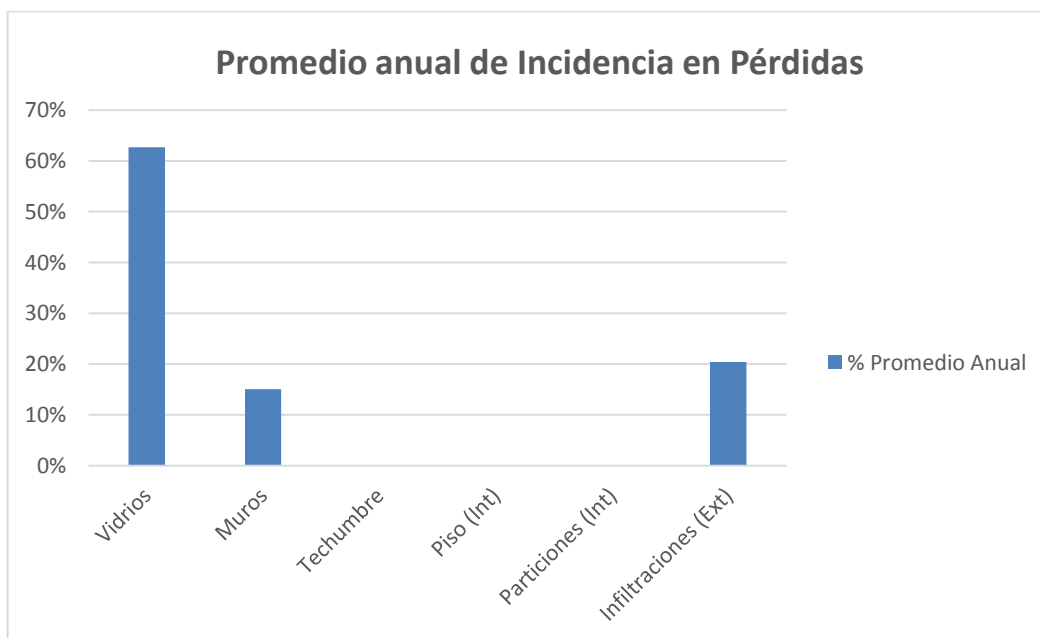
Con esto podemos determinar que en invierno es donde existe la mayor pérdida de energías en el edificio alterando su comportamiento térmico.

De acuerdo a los resultados, el que obtiene mayor incidencia en las pérdidas de energía son los vidrios, estos alcanzaron hasta un 84 %, siendo totalmente el elemento con mayor incidencia dentro del edificio y contribuyendo a aumentar elevadamente el consumo en calefacción para lograr la condición de confort esperada y requerida.

#### 4.16.2 Promedio anual porcentaje de Incidencia de Pérdidas

De acuerdo a los datos desarrollados anteriormente podemos reflejar esta situación en un promedio anual de cada variable que incide en el edificio.

**Ilustración 64: Promedio anual de Incidencias en Pérdidas**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como podemos apreciar en la ilustración n°64 anualmente la variable de la envolvente más incidente en las pérdidas de flujos de calor del edificio es por los vidrios, alcanzando un 63% y como lo vimos en lo gráficos anteriores mensualmente fue el más dominante en cuanto a pérdidas, seguido por las infiltraciones exteriores con un 20 % anual en pérdidas y posteriormente los muro con 15%. Con esto ya tenemos una visión general en el análisis total de la envolvente y podemos comenzar a proponer estrategias buscando materialidad diferente

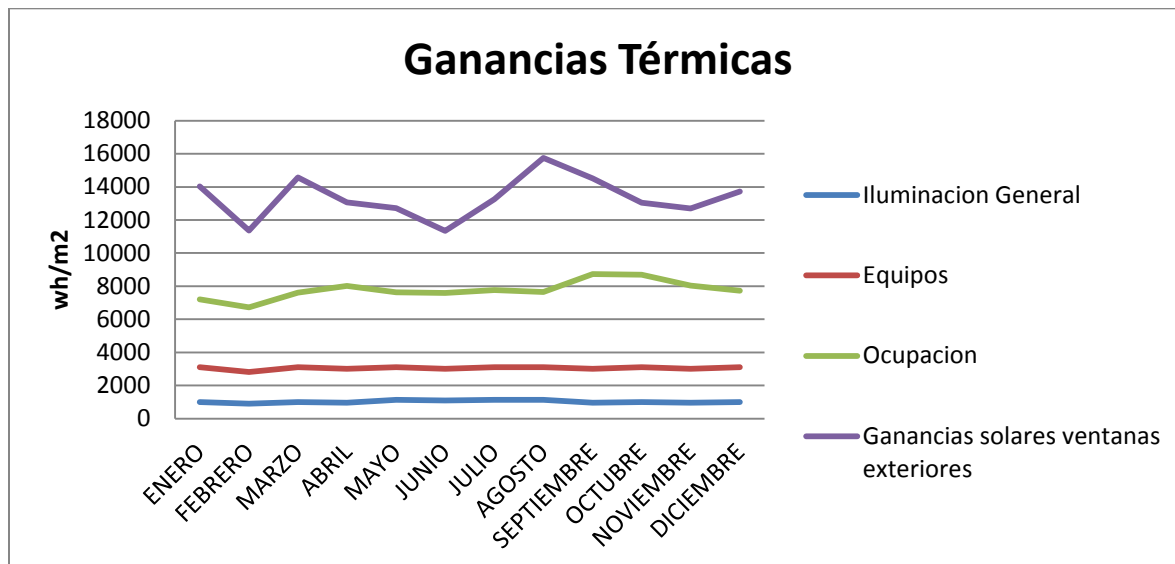
en estos puntos de pérdida y que tengan una mejor transmitancia térmica (U) lo cual lo desarrollaremos en los capítulos siguientes.

### 4.16.3 Ganancias Térmicas

En la simulación del caso base se ingresaron las ganancias internas del edificio es por esto que analizaremos como influyen estos flujos de calor que transmiten los equipos, iluminación, ocupación y también ganancias solares que ingresan por las ventanas exteriores y se comportan térmicamente en el hospital.

De acuerdo a esto podemos visualizar en el gráfico cuales fueron las variables más incidentes y que aportaron más flujos de calor en el comportamiento del edificio.

Ilustración 65: Ganancias Térmicas

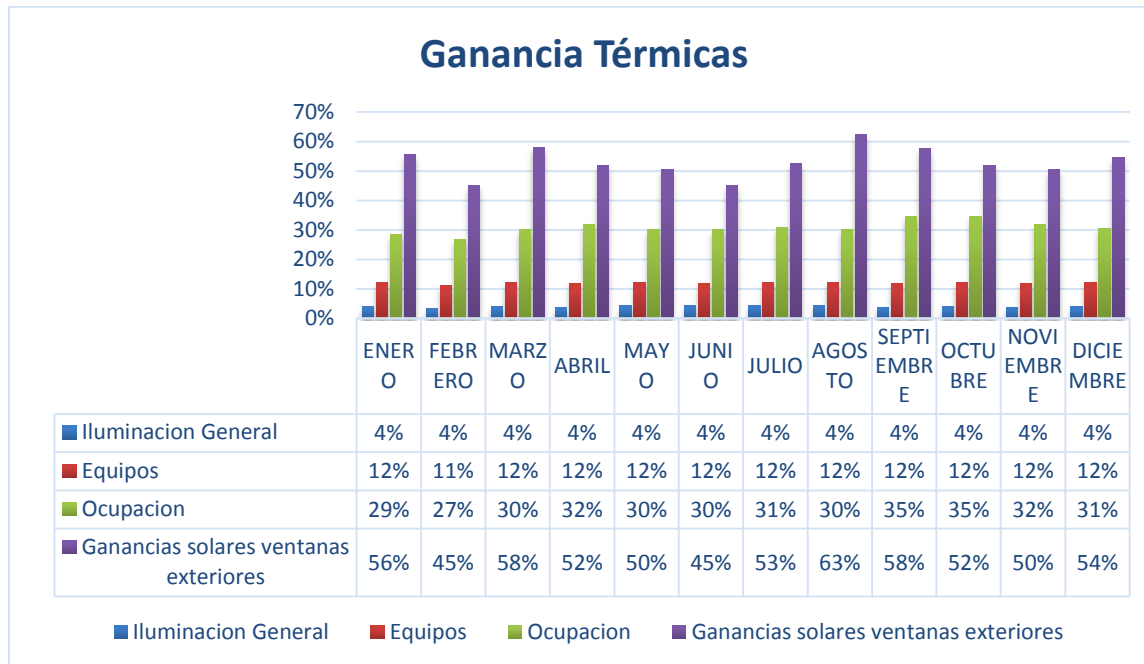


Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Como podemos visualizar en el gráfico las ganancias solares en ventanas exteriores alcanzan su mayor incidencia en agosto alcanzando los 16.000 wh/m<sup>2</sup> pero de acuerdo a lo analizado en los gráficos de pérdidas de edificio estas ganancias se perderían por el tipo de cerramiento que componen las ventanas.

En el siguiente gráfico analizaremos cuan incidente es cada elemento de este análisis.

Ilustración 66: Porcentajes de Incidencias en Ganancias Térmicas



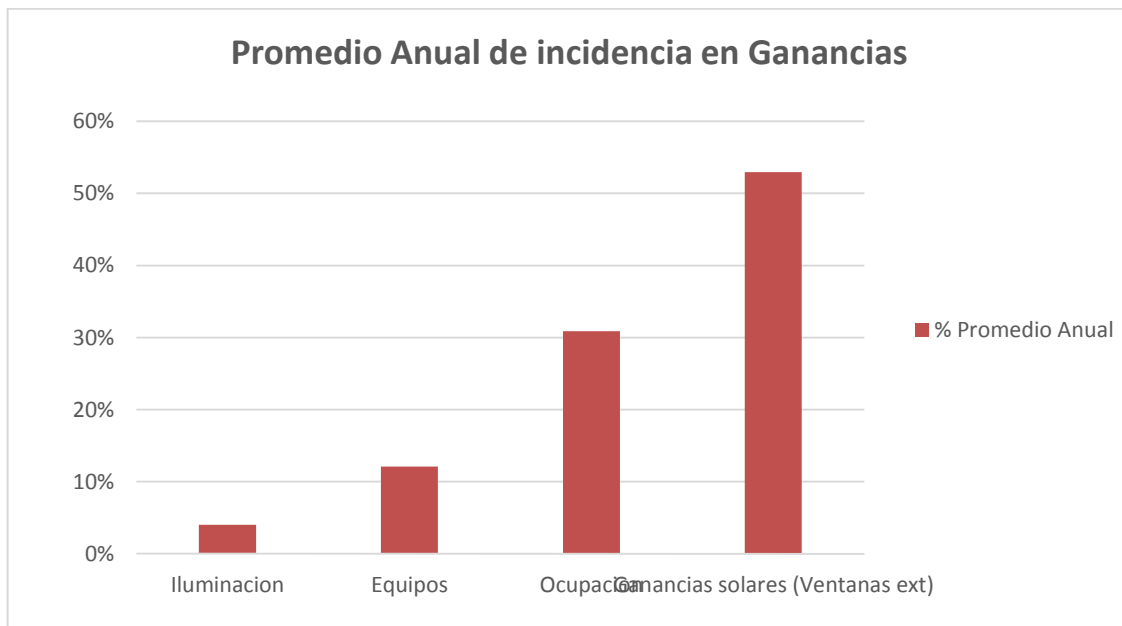
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- Incidencia de la actividad realizada por los ocupantes en el comportamiento energético del edificio es en promedio un 30 % sobre el total y es casi continua durante todo el año.
- Incidencia de las cargas de iluminación en el comportamiento del edificio es en promedio 4%, también es continua durante todo el año y totalmente menor referente a las demás variables.
- Incidencia de los equipos en el comportamiento del edificio es en promedio 12% y es continua durante todo el año.
- Finalmente el más incidente en ganancias de calor es la variable de ganancias solares ventanas exteriores su porcentaje de incidencia mayor alcanza el 63% de acuerdo a las demás variables, durante el año se comporta relativamente como la dominante en ganancias y puede influir en desestabilizar las temperaturas de confort en verano. Como el edificio no tiene sistema de enfriamiento se pueden proponer estrategias en su diseño pasivo y proponer algún sistema activo, pero en este estudio es totalmente enfocado al sistema existente que solo presenta de calefacción, e intervenir el diseño pasivo que es la materialidad del edificio pero queda un tema abierto para posibles estrategias.

#### 4.16.4 Promedio Anual de Incidencia en Ganancias

De acuerdo a los datos desarrollados anteriormente podemos reflejar esta situación en un promedio anual de cada variable incidentes en las ganancias térmicas del edificio.

**Ilustración 67: Promedio anual de Incidencias en Ganancias**



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En este gráfico podemos apreciar que la variable interna más incidente anualmente es ganancias solares (ventanas ext) con un 53% sobre las demás variables. En verano estas ganancias pueden descompensar las temperaturas de confort requeridas. Y la segunda variable que presenta mayor ganancia es ocupación con un 30 %.

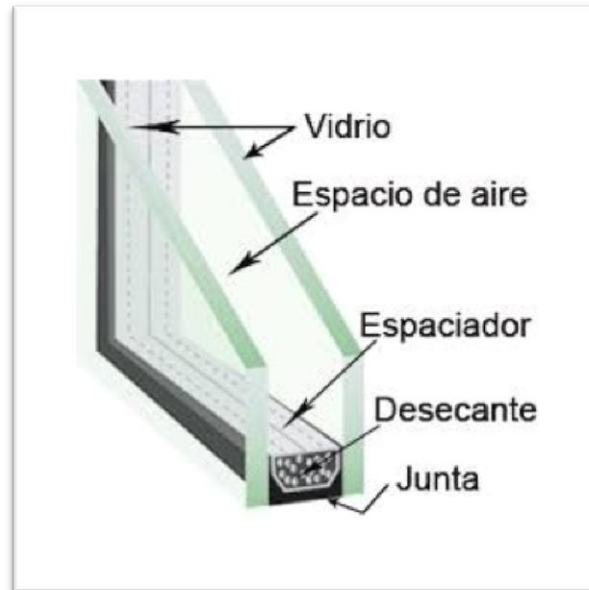
Cabe destacar que el edificio no tiene climatización, solo tiene desarrollado la calefacción para invierno y con esa consideración se realizó la simulación enfocándonos en un análisis directamente pasivo del edificio y desde ahí se tomaron las estrategias.

De acuerdo a esto analizaremos las estrategias que se propusieron para disminuir las pérdidas de energía y así contribuir a conservar el confort pero disminuyendo los costos.

## 4.17 Estrategias Propuestas

### 4.17.1 Estrategia n° 1

**Ilustración 68: Vidrio doble para ventanas**



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Estrategia numero 1:** Su objetivo fue disminuir la transmitancia térmica (valor  $-u$ ) del vidrio, en el caso base el valor del vidrio es  $U= 5,7 \text{ w/m}^2\text{k}$  para el cual se disminuyó al  $U=2,6 \text{ w/mk}$  cambiando vidrio doble, fue el único cambio para esta estrategia dejando el diseño intacto del caso base y sus cerramientos.

Se analizó el nuevo balance térmico el cual arrojara una considerable disminución en pérdidas de energía lo que se ve traducido en un menor consumo. Los resultados obtenidos fueron los esperados ya que desde el caso base la pérdida era  $52.905 \text{ wh/m}^2$  y con el cambio a vidrio doble se redujo a una pérdida de  $39.797 \text{ wh/m}^2$  en la simulación.

Como También la demanda en calefacción actual del caso base fue de  $20.066 \text{ wh/m}^2$  esta estrategia provoco una disminución en la demanda del 50% alcanzando a  $9976 \text{ wh/m}^2$ .

#### 4.17.2 Estrategia n° 2:

**Ilustración 69: Marco de aluminio para ventanas**



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

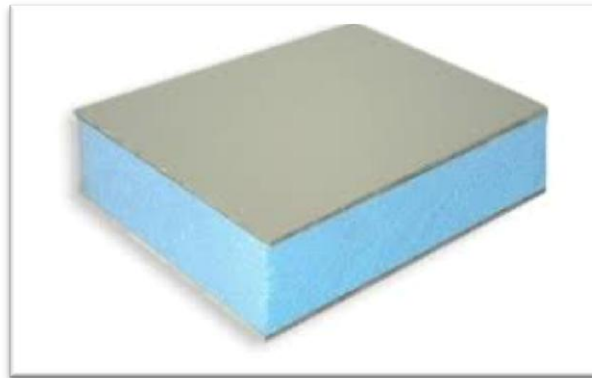
**Estrategia numero 2:** Siguiendo la línea de búsqueda y simulaciones para disminuir la pérdidas energéticas en la envolvente se simuló el cambio de marco en las ventanas se conservó el vidrio corriente, el marco original era de madera con gran deterioro por el paso de los años el valor del marco de madera  $U = 2,2 \text{ m/m}^2$  en cambio se simuló con un cambio a marco de aluminio valor  $U = 3,63 \text{ w/m}^2\text{k}$  que ya es relativamente mayor esto nos indica que los resultados no disminuirán tanto.

Al realizar la simulación, la pérdida de energía con el caso base en marco original es de  $52.905 \text{ wh/m}^2$  y con el cambio aluminio fue de  $52.226 \text{ wh/m}^2$  una disminución nada considerable por ende con ese resultado nos da a entender que solo cambiar el marco no es incidente en lo absoluto.

La demanda en calefacción actual del caso base fue de  $20.066 \text{ wh/m}^2$ , esta estrategia provoco una disminución en la demanda del -1% lo que nos indica que no hubo mejora si no aumento de pérdida en  $\text{wh/m}^2$ .

### 4.17.3 Estrategia n° 3:

**Ilustración 70: Poliestireno Expandido**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Estrategia numero 3:** El objetivo fue enfocado en los muros se simuló la estrategia de poliestireno expandido complementando las propiedades térmicas originales del caso base, solo se simuló con el cambio en propiedades térmicas del muro caso base el cual es  $U = 3,2 \text{ w/m}^2\text{k}$ .

El muro existente se complementó con el aislante térmico que tiene un valor  $U=0,82 \text{ w/m}^2\text{k}$  esto redujo un cambio en los consumos desde  $52905,14 \text{ wh/m}^2$  a  $48512 \text{ wh/m}^2$  lo cual sería un 9% en disminución no es tan incidente como lo es la estrategia n° 1 pero si refleja cómo influye el tipo de materialidad que se usa ya que disminuye en ocupar y consumir más energía para poder llegar a la temperatura de confort esperado.

La demanda en calefacción actual del caso base fue de  $20.066 \text{ wh/m}^2$ , esta estrategia provocó una disminución en la demanda del 16% alcanzando a  $16.663 \text{ wh/m}^2$ .

- Palabras Finales

Las estrategias fueron orientadas al diseño pasivo del edificio porque así se decidió el estudio desde la primera instancia, de acuerdo al análisis de las ganancias se obtuvieron que finalmente el más incidente en ganancias de calor es la variable de ganancias solares, ventanas exteriores. Su porcentaje de incidencia promedio anual alcanza el 63% de acuerdo a las demás variables durante el año. Se comporta relativamente como la dominante en ganancias y puede influir en desestabilizar las temperaturas de confort en verano, como el edificio no tiene sistema de enfriamiento se puede proponer estrategias en su diseño pasivo y proponer algunas en el sistema activo, pero en este estudio está totalmente enfocado al sistema existente que solo comprende calefacción y como también intervenir la materialidad del edificio pero con esto queda un tema abierto para posibles estrategias enfocadas en las ganancias.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN

El presente estudio se realizó en primera instancia haciendo un recorrido por los hospitales públicos de la ciudad de Valparaíso, en los cuales podemos mencionar al Hospital Carlos Van Buren, Hospital Eduardo Pereira y Hospital Psiquiátrico El Salvador.

De acuerdo a lo ya mencionado se analizó un caso de estudio que concentrara en su totalidad las distintas especialidades en un edificio, por esto se tomó como referencia el Hospital Eduardo Pereira como nuestro caso de estudio.

Se realizó el levantamiento del Hospital en estudio de todos los consumos del sistema eléctrico y térmico para evidenciar su comportamiento energético enfocado a encontrar donde se ubicaba el mayor consumo de energía.

Con esto se pudo concluir que el mayor consumo anual en el sistema eléctrico es realizado por los equipos médicos con un 32% sobre el total y el mayor consumo anual realizado por el sistema térmico es por equipos de calefacción 66% sobre el total.

Enfocados en el alto consumo de los equipos de calefacción y teniendo los datos de consumos por planta de un hospital de cinco pisos se pudo identificar que el segundo piso del hospital estaba los más altos consumo de calefacción en invierno y ahí es donde se enfocó realizar un análisis y así obtener resultados que conllevan a las posibles estrategias.

Por lo tanto al haber desarrollado los objetivos específicos de esta investigación mediante una simulación con el software Design Builder pudimos concluir lo siguiente:

Respecto al objetivo uno, podemos concluir que las cargas exteriores representadas por la radiación solar y temperatura exteriores, en invierno incide por la cara este del edificio pero en verano tiene una mayor incidencia por la cara superior. Se deja constancia que la mayor cantidad de vanos se encuentran en la cara norte, esto determina mayores pérdidas de energía en invierno y ganancias en verano.

Respecto al objetivo dos, podemos concluir que de acuerdo al diseño de este edificio, en los materiales que lo componen (muro, losa, ventanas, techumbre) es donde se encuentra la mayor pérdida de energías. Los resultados fueron que en la estación de invierno por ventanas alcanzan un 63 % de incidencia sobre el total de los otros cerramientos que componen la envolvente con esto podemos obtener una visión más clara de donde se enfocaron las posibles estrategias.

Respecto al objetivo tres, podemos concluir que la actividad realizada por el uso de ocupantes determinó, mediante resultados, que aporta una ganancia de energía de un 30% del total por sobre las demás variables siendo muy incidente en el comportamiento térmico del edificio.

Respecto al objetivo cuatro, podemos concluir que la carga de iluminación de este caso de estudio en cuestión tiene una leve consideración en incidencia del comportamiento térmico del edificio, ya que aporta en un 5 % sobre las demás variables por lo tanto no es una condicionante significativa.

Respecto al objetivo cinco, podemos concluir que los equipos aportan una ganancia de energía de un 11% aproximadamente que tampoco condiciona significativamente el comportamiento térmico del edificio.

De acuerdo a esto se concluyó que se debía enfocar nuestro estudio en intervenir el diseño pasivo del edificio, esto quiere decir buscar estrategias en el cambio de las características de los materiales ya existentes a nuevas propuestas para así disminuir el consumo energético y encontrar el ahorro económico pero sin disminuir el confort.

La primera estrategia considera doble vidrio con un  $U=2,665 \text{ w/m}^2$ , esta propuesta evidenció una considerable disminución de la pérdida de energía que equivale a un 25% del total. Esto significa que de los  $52.905 \text{ Wh/m}^2$  del consumo inicial, disminuyó a  $39.797 \text{ wh/m}^2$ . Totalmente contribuye a una mejora en los consumos como también en la demanda, esto hace reflejar que cambiando la materialidad de uno de los cerramientos deficiente, en cuanto a conservar las temperaturas interiores, favorece en el ahorro económico a largo plazo dentro del hospital.

La segunda estrategia considerada se refiere a los marco de madera con un  $U=3,63 \text{ w/m}^2\text{k}$ , esto no arrojó los resultados esperados que disminuyeran estas pérdidas, represento un 2%, nada considerable en cuanto a tomarla como un cambio incidente que concuerde con nuestro objetivo general.

La tercera estrategia que considero poliestireno expandido con un  $U =0,824 \text{ wh/m}^2$  reflejo una disminución de la pérdida de energía que equivale a un 9% del total. Esto refleja que no es una estrategia tan significativa para disminuir los consumos iniciales.

Se simularon también las 3 estrategias juntas y disminuyo un 34% del total de las pérdidas, por consiguiente contribuye mucho más en conversar las energías necesarias en el edificio pero mirándolo desde el lado económico y los presupuestos que tienen los hospitales públicos, es más factible y económico realizar el cambio sólo de las ventanas y cambiar los vidrios.

De acuerdo a la evaluación económica y considerando los gastos que conlleva aplicar la reconstrucción de todas las ventanas con los nuevos materiales propuestos se deja evidencia que el costo versus los años que disminuirán los consumos es totalmente factible ya que se pagarían en 7 años aproximadamente.

Como conclusión general podemos decir que los hospitales tienen importantes consumos en calefacción y equipos médicos, como también pudimos visualizar el caso de estudio

representado por el Hospital Eduardo Pereira que presenta en su sistema térmico un alto consumo en climatización llegando al 66% del total del consumo de equipos con sistema térmico, en el sistema eléctrico su más alto consumo entre los equipos de aquel sistema, se encuentra los Equipos Médicos alcanzando un 32% sobre el total del consumo.

También podemos decir que las envolventes de los edificios de hospital de características similares al analizado que se componen con un 50% aproximadamente de envolvente vidriada en su fachada frontal con dirección norte tiene un comportamiento anual de mucha pérdida de calor en invierno aumentando el consumo en sus sistemas de calefacción y en verano aumenta el consumo de aire acondicionado por exceso de radiación exterior.

Podemos decir, que la reconversión y rediseño de los materiales de la envolvente generan una disminución en las pérdidas de calor en invierno por ende una baja en el consumo de calefacción que genera a la vez una disminución en los gastos de hospital, por todo esto se buscan estrategias de intervención en la envolvente y así disminuir el consumo sin perder la calidad de confort de los ocupantes.

La metodología usada fue cuantificar en primera instancia los consumos por equipos anuales y separándolos dependiendo del sistema térmico o eléctrico del cual dependían, y así obtener la información desde dónde estaba el más alto consumo en el edificio. A esto se le sumó el software Design Builder que es una herramienta computacional para verificar el comportamiento energético, de luminosidad y confort de edificios. Desarrollado para simplificar el proceso de la simulación de edificios, permite comparar rápidamente la función y el desempeño del diseño de edificio. De acuerdo a esto, la información que solicita el programa es netamente sobre las cargas internas y externas del edificio, sumando la información de las transmitancias térmicas de los materiales que componen la envolvente, para así poder comenzar a simular y obtener el balance térmico y resultados del comportamiento de la envolvente.

Como conclusión final podemos decir, y de acuerdo a los resultados del caso base y las estrategias usadas, que el uso de materiales en la envolvente del edificio con transmitancias térmicas (ventana 5,7 w/m<sup>2</sup>k (vidrio simple), muro 3,1 w/m<sup>2</sup>k, hormigón armado 150 mm) y dejando la losa adiabática, no presentaron los resultados esperados, obteniendo una pérdida de energía en las ventanas en invierno, sumado al alto consumo en calefacción, que nos deja al descubierto la relevancia de ocupar materiales con bajas transmitancias térmicas que nos permitan un mejor comportamiento del edificio. Por esto se sumaron las 4 estrategias que fueron la número 1 cambiar la transmitancia del vidrio de la ventana a 2,665 w/m<sup>2</sup>k (Doble vidrio), estrategia n° 2 con transmitancia térmica 3,633 w/m<sup>2</sup>k (marco aluminio), estrategia n° 3 con transmitancia térmica 0,824 (poliestireno) y como estrategia n° 4, combinación de las 3 estrategias anteriores juntas.

Los resultados favorecieron en la disminución considerable en el consumo del hospital reduciendo anualmente los gastos como también aportando a la eficiencia de energía y dejando entrever que si podemos construir de forma eficiente eligiendo los materiales correctos y que sean un aporte a la disminución del consumo de nuestros recursos naturales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Agencia chilena de eficiencia energética. (2013).** Manual de eficiencia energética para hospitales
- **Alonso, J. (2002).** Estrategias para el ahorro y la eficiencia energética, Forum de Barcelona 2004.
- **Alvarado, M. y Alonso, F. (2007).** “Guía de Trabajo, Salud Pública II, IV año de medicina”. Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.
- 
- **Autonell, J., Balcells, J., Brossa, J. y Fornieles, F. (2011).** Eficiencia en el uso de la Energía Eléctrica.
- **Brochure, M. (1997).** “Saving Energy with Energy Efficiency in Hospitals”. Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies, CADDET energy efficiency.
- **Carretero, A. y García, J. (2012).** Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora.
- **Comisión Nacional de Energía. (2004).** “Estimación del Potencial de Ahorro de Energía, Mediante Mejoramiento de la Eficiencia Energética de los Distintos Sectores del Consumo en Chile”.
- **Cuchí, A. y Wadel, G. (2010).** Guía de la eficiencia energética para Administradores.
- **Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2002).** “Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios”
- **Gobierno de Chile. (1997).** Eficiencia energética para establecimientos educacionales.
- **Gobierno de Chile, (2006).** Manual de reglamentación térmica.
- **Kohonen, R. (2006).** “Energy Efficiency in Hospital Ventilation”. Bussines briefing: Hospital engineering & Facilities Management 2006 – issue 2, 1-5.

- **Martínez, J. (2005).** Los sistemas estructurales en la arquitectura contemporánea. En: Conferencia impartida en el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid el 21 de febrero de 2005
- **Rey, F. y Velasco, E. (2006).** Eficiencia Energética en edificios.
- **Serra, R. y Coch, H. (1991).** Arquitectura y energía natural.
- **Sistema nacional de certificación de calidad ambiental y eficiencia energética para edificios públicos. (2014).** Manual de evaluación y calificación edificio sustentable.
- <https://www.cne.cl>
- <https://www.ppee.cl>
- <https://www.cdt.cl>
- <https://www.energystar.gov>
- <https://www.ispch.cl>
- <https://www.minsal.cl>
- <https://www.supersalud.cl>

**ANEXOS****Ilustración 1: Zonificación Hospital Eduardo Pereira.**

N° Zona	Edificio	Nivel	Zona	Sala
1	Principal	-1	Ala Izquierda	Poliges
2	Principal	-1	Ala Izquierda	Baño Poliges
3	Principal	-1	Ala Izquierda	Bodega
4	Principal	-1	Ala Izquierda	Eco 2
5	Principal	-1	Ala Izquierda	Eco 1
6	Principal	-1	Ala Izquierda	Jefe Imagenología
8	Principal	-1	Ala Izquierda	Sala revelado
9	Principal	-1	Ala Izquierda	R X 1
10	Principal	-1	Ala Izquierda	Vestuario R X 1
11	Principal	-1	Ala Izquierda	R X 2
12	Principal	-1	Ala Izquierda	Vestuario R X 2
13	Principal	-1	Ala Izquierda	Baño R X 2
14	Principal	-1	Ala Izquierda	R X 3
15	Principal	-1	Ala Izquierda	Vestuario R X 3
16	Principal	-1	Ala Izquierda	Recepcion Cardiología
17	Principal	-1	Ala Izquierda	Área S ucia Cardio
18	Principal	-1	Ala Izquierda	Oficina Cardiología
19	Principal	-1	Ala Izquierda	Pas illo
20	Principal	-1	Centro	Daniel sanchez
21	Principal	-1	Centro	S ecretaria jefe operaciones
22	Principal	-1	Centro	Jefe S ubdirector operaciones
23	Principal	-1	Centro	Tablero electrico
24	Principal	-1	Centro	Oficina Jefe mantencion
25	Principal	-1	Centro	Vestuario enfermeria
26	Principal	-1	Centro	Baño vestuario enfermeria
27	Principal	-1	Centro	Auditorio
28	Principal	-1	Centro	Ingeniería biomedica
29	Principal	-1	Centro	Bodega Ingeniería biomedica
30	Principal	-1	Centro	Pas illo Auditorio
31	Principal	-1	Centro	Oficina Dr. Anatomia Patológica
32	Principal	-1	Centro	Alimentos entereros
33	Principal	-1	Centro	Estar fisioterapia
34	Principal	-1	Centro	Baño fisioterapia
35	Principal	-1	Centro	Personal de Movilización
36	Principal	-1	Centro	Lavado Comedor
37	Principal	-1	Centro	Pas illo
38	Principal	-1	Centro	Pas illo Comedor
39	Principal	-1	Centro	Lavado esterilización
40	Principal	-1	Centro	Bodega esterilización
41	Principal	-1	Centro	Pas illo esterilización
42	Principal	-1	Centro	Ropería
43	Principal	-1	Centro	Pas illo Ropería
44	Principal	-1	Centro	Cos turería
45	Principal	-1	Centro	Lavandería
46	Principal	-1	Centro	Vestuario personal
47	Principal	-1	Centro	Deposito Cadaveres
48	Principal	-1	Centro	Sala Autopsia
49	Principal	-1	Centro	Laboratorio Anatomía
50	Principal	-1	Centro	Pas illo Anatomía patológica
51	Principal	-1	Centro	Bodega Farmacia
52	Principal	1	Centro	Recepción
53	Principal	1	Centro	Central Telefonica
54	Principal	1	Centro	O I R S
55	Principal	1	Centro	R ecaudacion y Fonasa
56	Principal	1	Centro	Unidad Gestion Camas
57	Principal	1	Centro	Jefe O I R S
58	Principal	1	Centro	R ecretario farmacia
59	Principal	1	Centro	S ecretaria Bienestar
60	Principal	1	Centro	Bienestar Asistente Social

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Ilustración 2: Zonificación Hospital Eduardo Pereira.

61	Principal	1	Centro	Secretaría Oficina Farmacia
62	Principal	1	Centro	Oficina Farmacia
63	Principal	1	Centro	Pasillo
64	Principal	1	Centro	Galenico
65	Principal	1	Centro	Galenico preparacion
66	Principal	1	Centro	Oficina AUGE
67	Principal	1	Centro	Baño 1
68	Principal	1	Centro	Baño 2
69	Principal	1	Centro	Baño 3
70	Principal	1	Centro	Baño 4
71	Principal	1	Centro	Pasillo cocina
72	Principal	1	Centro	Secretaría cocina
73	Principal	1	Centro	Jefe cocina
74	Principal	1	Centro	Cocina
75	Principal	1	Centro	Pasillo bodegas cocina
76	Principal	1	Ala Derecha	Trabajo sucio
77	Principal	1	Ala Derecha	Oficina supervisor enfermeras
78	Principal	1	Ala Derecha	Baño Oficina Sup. Enfermeras
79	Principal	1	Ala Derecha	Oficina Enfermeras
80	Principal	1	Ala Derecha	Baño Oficina Enfermeras
81	Principal	1	Ala Derecha	Sala Estar personal
82	Principal	1	Ala Derecha	Baño Estar personal
83	Principal	1	Ala Derecha	Estacion enfermería
84	Principal	1	Ala Derecha	Bodega insumos
85	Principal	1	Ala Derecha	Baño insumos
86	Principal	1	Ala Derecha	Baño mujeres
87	Principal	1	Ala Derecha	Baño hombres
88	Principal	1	Ala Derecha	Pieza pensionado
89	Principal	1	Ala Derecha	Baño pieza pensionado
90	Principal	1	Ala Derecha	Recepción pensionado
91	Principal	1	Ala Derecha	Pensionado 1
92	Principal	1	Ala Derecha	Pensionado 2
93	Principal	1	Ala Derecha	Pensionado 3
94	Principal	1	Ala Derecha	Aislado 1
95	Principal	1	Ala Derecha	Baño aislados 1
96	Principal	1	Ala Derecha	Aislado 2
111	Principal	2	Ala Derecha	Sala Médicos
112	Principal	2	Ala Derecha	Sala Estar personal
113	Principal	2	Ala Derecha	Estacion enfermería
114	Principal	2	Ala Derecha	Aislado 1
115	Principal	2	Ala Derecha	Baño pacientes
132	Principal	2	Ala Izquierda	Sala 14
133	Principal	2	Ala Izquierda	Bodega
136	Principal	2	Centro	Oficina de Partes
137	Principal	2	Centro	Pasillo Interno
144	Principal	2	Centro	Auditoria Finanzas
152	Principal	3	Ala Derecha	Sala 2
153	Principal	3	Ala Derecha	Sala 1
155	Principal	3	Ala Derecha	Bodega Recuperación
160	Principal	3	Ala Derecha	Estacion enfermería
161	Principal	3	Ala Derecha	Sala Estar enfermeras
166	Principal	3	Centro	Estar personal
167	Principal	3	Centro	Bodega (pabellon 5)
170	Principal	3	Centro	Pabellon 4
171	Principal	3	Centro	Pabellon 3
172	Principal	3	Centro	Pabellon 2
173	Principal	3	Centro	Pabellon 1
175	Principal	3	Centro	Secretaría Pabellón
177	Principal	3	Centro	Lavamanos 2
178	Principal	3	Centro	Área Sucia

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Ilustración 3: Zonificación Hospital Eduardo Pereira.

180	Principal	3	Centro	Pasillo interior
183	Principal	3	Ala Izquierda	Baño Prenc
187	Principal	3	Ala Izquierda	Área Sucia endoscopia
190	Principal	3	Ala Izquierda	Insumos
192	Principal	3	Ala Izquierda	Área Sucia
196	Principal	3	Ala Izquierda	Endoscopia
197	Principal	3	Ala Izquierda	Pasillo
198	Principal	4	Ala Derecha	Sala 39
200	Principal	4	Ala Derecha	Sala 37
204	Principal	4	Ala Derecha	Área Clínica
219	Principal	4	Centro	Habitacion medico recidente
220	Principal	4	Centro	Residencia Becado
225	Principal	4	Centro	Pasillo
232	Principal	4	Ala Izquierda	Sala Estar enfermeria
233	Principal	4	Ala Izquierda	Baño Estar enfermeria
234	Principal	4	Ala Izquierda	Baño personal
235	Principal	4	Ala Izquierda	Aislado
236	Principal	4	Ala Izquierda	Sala Estar TPM
237	Principal	4	Ala Izquierda	Estacion enfermeria
238	Principal	4	Ala Izquierda	Sala de trabajo
242	Principal	4	Ala Izquierda	Pasillo
250	Principal	5	Ala Derecha	Oficina Calidad y seguridad
251	Principal	5	Ala Derecha	Secretaria unidad epidemiología
252	Principal	5	Ala Derecha	Auditorio B
259	Principal	5	Ala Izquierda	Recepción
266	Principal	5	Ala Izquierda	Sala lavado
273	Principal	5	Ala Izquierda	Baños
274	Principal	-1	Ala Derecha	Oficina Bodega Farmacia
285	Principal	-1	Ala Derecha	Oficina Jefe Kine
286	Principal	3	Ala derecha	Médico jefe
287	Principal	5	Centro	Azotea

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### Ilustración 4: Control de consumo por equipos con sistema Eléctrico.

N° Zona	Edificio	Nivel	Zona	Sistema de Consumo	Equipo	Cant.	Consumo Diario Aprox [kWh]
38	Principal	-1	Centro	Equipos médicos	Gabinete de secado	2	117,00
266	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos médicos	Autoclave eléctrica pequeña	0	-
55	Principal	1	Centro	Equipos de oficina	Rack	3	48,24
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Baño Parafina	1	15,84
274	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
269	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos médicos	Contador Hematológico	2	43,20
38	Principal	-1	Centro	Equipos médicos	Analizador de orina	1	41,76
287	Principal	5	Centro	Equipos industriales	Ascensores personas	1	36,00
278	Principal	-1	Centro	Equipos industriales	Extractor de aire	1	36,00
274	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
287	Principal	5	Centro	Equipos industriales	Bomba intercambiador de calor	2	24,00
269	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos médicos	Estérilizador	1	12,00
16	Principal	-1	Ala Izquierda	Equipos médicos	Marcapasos	1	16,90
156	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Lavachatas	1	16,80
234	Principal	4	Ala Izquierda	Equipos médicos	Lavachatas	1	16,80
210	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Lavachatas	1	16,80
287	Principal	5	Centro	Equipos industriales	Ascensor camilla	1	16,00
251	Principal	5	Ala Derecha	Climatización	Calefactor Eléctrico	2	16,00
244	Principal	5	Ala Derecha	Climatización	Calefactor Eléctrico	2	16,00
65	Principal	1	Centro	Equipos médicos	Destilador de agua	1	14,95
266	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos médicos	Destilador de agua	1	14,95
287	Principal	5	Centro	Equipos industriales	Bomba ACS	2	13,20
269	Principal	5	Ala Izquierda	Electrodomésticos	Baño María	1	12,80
263	Principal	5	Ala Izquierda	Electrodomésticos	Visicooler	3	12,38
167	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Electrocirugía	2	11,34
284	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Turbinas hidroterapias	3	10,49
49	Principal	-1	Centro	Equipos industriales	Gabinete biosseguridad	1	10,40
155	Principal	3	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	12	8,99
121	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
112	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
179	Principal	3	Centro	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
232	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
211	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
250	Principal	5	Ala Derecha	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
248	Principal	5	Ala Derecha	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
259	Principal	5	Ala Izquierda	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
260	Principal	5	Ala Izquierda	Climatización	Calefactor Eléctrico	1	8,00
231	Principal	4	Ala Izquierda	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
230	Principal	4	Ala Izquierda	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
229	Principal	4	Ala Izquierda	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
228	Principal	4	Ala Izquierda	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
227	Principal	4	Ala Izquierda	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
202	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
201	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
200	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
199	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
198	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	8	8,00
167	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Ecógrafo	1	7,04
171	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Electrocoagulador	1	6,60
4	Principal	-1	Ala Izquierda	Equipos industriales	Ecógrafo	1	6,16
195	Principal	3	Ala Izquierda	Equipos médicos	Monitor cardiaco	6	6,00
151	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	6	6,00
154	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	6	6,00
9	Principal	-1	Ala Izquierda	Equipos médicos	Rayos X	1	6,00
74	Principal	1	Centro	Equipos industriales	Cámara de frío	1	5,84
278	Principal	-1	Centro	Electrodomésticos	Refrigerador	2	5,78
74	Principal	1	Centro	Electrodomésticos	Refrigerador	2	5,78
173	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Electrocirugía	1	5,67
172	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Electrocirugía	1	5,67
171	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Electrocirugía	1	5,67
169	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Electrocirugía	1	5,67
66	Principal	1	Centro	Climatización	Radiador eléctrico	1	5,00
38	Principal	-1	Centro	Equipos médicos	Analizador multiparametrico	1	4,80
285	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos industriales	Refrigerador	1	4,48
269	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos médicos	Centrifuga	1	4,20
269	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos médicos	Centrifuga	1	4,20
269	Principal	5	Ala Izquierda	Electrodomésticos	Visicooler	1	4,13
152	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	4	4,00
154	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	4	4,00
150	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Equipo transfusión	3	3,96
178	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Lavadora endoscopia	2	3,96
167	Principal	3	Centro	Equipos médicos	Electrobisturí	6	3,60

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### Ilustración 5: Control de consumo por equipos con sistema Eléctrico.

84	Principal	1	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	3	3,00
153	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Monitor cardiaco	3	3,00
18	Principal	-1	Ala Izquierda	Equipos de oficina	PC	4	3,00
263	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos de oficina	PC	4	3,00
269	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos de oficina	PC	4	3,00
66	Principal	1	Centro	Equipos de oficina	Impresora	3	2,97
259	Principal	5	Ala Izquierda	Equipos de oficina	Impresora	3	2,97
275	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
276	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
280	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
74	Principal	1	Centro	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
58	Principal	1	Centro	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
64	Principal	1	Centro	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
121	Principal	2	Ala Izquierda	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
125	Principal	2	Ala Izquierda	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
112	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
143	Principal	2	Centro	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
145	Principal	2	Centro	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
188	Principal	3	Ala Izquierda	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
161	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
158	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
178	Principal	3	Centro	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
236	Principal	4	Ala Izquierda	Electrodomésticos	Refrigerador	1	2,89
202	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	8	2,88
201	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	8	2,88
200	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	8	2,88
199	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	8	2,88
198	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	8	2,88
250	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	3	2,25
244	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	3	2,25
280	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	2,20
274	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	2,14
248	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	2	1,98
151	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Rayos X	1	1,68
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Equipo fototerapia	1	1,65
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Infrarrojo	6	1,50
79	Principal	1	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	2	1,50
77	Principal	1	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	2	1,50
160	Principal	3	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	2	1,50
158	Principal	3	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	2	1,50
248	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	2	1,50
251	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	2	1,50
245	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	2	1,50
243	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	2	1,50
158	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	2	1,47
150	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Bomba infusión	12	1,44
274	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos industriales	PC	1	1,28
150	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Ventilador mecánico	1	1,20
96	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	2	1,12
81	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Horno eléctrico	1	1,10
112	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	Horno eléctrico	1	1,10
161	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Horno eléctrico	1	1,10
211	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Horno eléctrico	1	1,10
210	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Horno eléctrico	1	1,10
207	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Horno eléctrico	1	1,10
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Compresor	1	1,00
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
83	Principal	1	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
77	Principal	1	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
113	Principal	2	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
155	Principal	3	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
250	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
250	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
246	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
251	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
244	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
243	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Impresora	1	0,99
274	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	1	0,80
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
277	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
285	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
83	Principal	1	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### Ilustración 6: Control de consumo por equipos con sistema Eléctrico.

111	Principal	2	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
113	Principal	2	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
286	Principal	3	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
160	Principal	3	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
161	Principal	3	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
205	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
247	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
246	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	PC	1	0,75
285	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
81	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
79	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
77	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
110	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
112	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
161	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
155	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
210	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
207	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
250	Principal	5	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
248	Principal	5	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
251	Principal	5	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
244	Principal	5	Ala Derecha	Electrodomésticos	Hervidor	1	0,73
160	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Plasma	1	0,70
84	Principal	1	Ala Derecha	Equipos médicos	Bomba infusión	5	0,60
285	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,56
91	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,56
79	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,56
110	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,56
112	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,56
211	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,56
210	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,56
207	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,56
280	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
81	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
110	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
112	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
158	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
155	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
211	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
210	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
207	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Microondas	1	0,50
281	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Máquina de Coser	1	0,40
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Onda corto cant	1	0,40
106	Principal	2	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
105	Principal	2	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
104	Principal	2	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
103	Principal	2	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
102	Principal	2	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
202	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
201	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
200	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
199	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
198	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	8	0,38
155	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Bomba infusión	3	0,36
281	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	1	0,36
83	Principal	1	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	1	0,36
210	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	1	0,36
207	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	Radio	1	0,36
92	Principal	1	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	6	0,29
93	Principal	1	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	6	0,29
151	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	6	0,29
250	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Escaner	1	0,28
245	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Escaner	1	0,28
247	Principal	5	Ala Derecha	Equipos de oficina	Proyector	1	0,27
154	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	5	0,24
79	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Cafetera	1	0,22
211	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Cafetera	1	0,22
152	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	4	0,19
156	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Extractor de aire	1	0,19
150	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Electrocardiograma	2	0,18
158	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Tostador	1	0,17
94	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	2	0,16
81	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Frigobar	1	0,15
110	Principal	2	Ala Derecha	Electrodomésticos	Frigobar	1	0,15
159	Principal	3	Ala Derecha	Electrodomésticos	Frigobar	1	0,15
211	Principal	4	Ala Derecha	Electrodomésticos	Frigobar	1	0,15
250	Principal	5	Ala Derecha	Electrodomésticos	Frigobar	1	0,15
244	Principal	5	Ala Derecha	Electrodomésticos	Frigobar	1	0,15
153	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	3	0,14
244	Principal	5	Ala Derecha	Electrodomésticos	Sandwichera	1	0,13
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Láser	1	0,10
81	Principal	1	Ala Derecha	Electrodomésticos	Plasma	1	0,10
280	Principal	-1	Ala Derecha	Electrodomésticos	TV	1	0,08
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Onda corto pulsado	1	0,06
84	Principal	1	Ala Derecha	Equipos médicos	Desfibrilador	1	0,05
155	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Desfibrilador	1	0,05
91	Principal	1	Ala Derecha	Equipos médicos	Cama reclinable	1	0,05
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Ultrasonido 2	1	0,03
282	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Balanza digital	1	0,03
285	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Negatos copio	1	0,02
158	Principal	3	Ala Derecha	Equipos médicos	Negatos copio	1	0,02
205	Principal	4	Ala Derecha	Equipos médicos	Negatos copio	1	0,02
210	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	DVD	1	0,02
207	Principal	4	Ala Derecha	Equipos de oficina	DVD	1	0,02
276	Principal	-1	Ala Derecha	Equipos médicos	Ultrasonido 1	1	0,01

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### Ilustración 7: Control de consumo por equipos con sistema Luminaria.

N° Zona	Edificio	Nivel	Zona	Sala	Tecnología	Cantidad	Consumo Día Verano [Wh]	Consumo Día Invierno [Wh]
1	Principal	-1	Ala Izquierda	Poligés	T10	1	350	450
2	Principal	-1	Ala Izquierda	Baño Poligés	T10	2	350	450
3	Principal	-1	Ala Izquierda	Bodega	T10	1	100	100
4	Principal	-1	Ala Izquierda	Eco 2	T8	2	630	810
5	Principal	-1	Ala Izquierda	Eco 1	T8	2	630	810
6	Principal	-1	Ala Izquierda	Jefe Imagenología	T8	2	630	810
8	Principal	-1	Ala Izquierda	Sala revelado	T8	4	1260	1620
9	Principal	-1	Ala Izquierda	RX 1	T8	3	945	1215
9	Principal	-1	Ala Izquierda	RX 1	T10	14	4900	6300
9	Principal	-1	Ala Izquierda	RX 1	T10	2	350	450
10	Principal	-1	Ala Izquierda	Vestuario R X1	PL	2	700	900
11	Principal	-1	Ala Izquierda	R X 2	T8	4	1260	1620
12	Principal	-1	Ala Izquierda	Vestuario R X2	PL	4	1400	1800
13	Principal	-1	Ala Izquierda	Baño R X2	Incandecente	1	420	540
14	Principal	-1	Ala Izquierda	R X3	T10	2	700	900
15	Principal	-1	Ala Izquierda	Vestuario R X3	PL	3	1050	1350
16	Principal	-1	Ala Izquierda	Recepcion Cardiología	T8	8	2520	3240
17	Principal	-1	Ala Izquierda	Área Sucia Cardio	T8	2	630	810
18	Principal	-1	Ala Izquierda	Oficina Cardiología	T8	4	1260	1620
19	Principal	-1	Ala Izquierda	Pasillo	T10	4	1400	1800
19	Principal	-1	Ala Izquierda	Pasillo	T8	12	3780	4860
20	Principal	-1	Centro	Daniel Sanchez	T8	2	630	810
21	Principal	-1	Centro	Secretaria jefe operaciones	T8	2	630	810
22	Principal	-1	Centro	Jefe Subdirector operaciones	T8	2	630	810
23	Principal	-1	Centro	Tablero electrico	T8	4	1260	1620
24	Principal	-1	Centro	Oficina Jefe mantencion	T8	4	1260	1620
25	Principal	-1	Centro	Vestuario enfermeria	T8	12	3780	4860
26	Principal	-1	Centro	Baño vestuario enfermeria	T8	2	630	810
27	Principal	-1	Centro	Auditorio	T8	6	1890	2430
27	Principal	-1	Centro	Auditorio	Incandecente	4	1680	2160
28	Principal	-1	Centro	Ingeniería biomédica	T8	12	3326,4	4276,8
29	Principal	-1	Centro	Bodega Ingeniería biomédica	T8	2	630	810
30	Principal	-1	Centro	Pasillo Auditorio	T10	2	700	900
31	Principal	-1	Centro	Oficina Dr. Anatomia Patológica	T10	2	700	900
32	Principal	-1	Centro	Alimentos entereros	Incandecente	1	280	360
33	Principal	-1	Centro	Estar fisioterapia	T10	1	350	450
34	Principal	-1	Centro	Baño fisioterapia	T10	1	350	450
35	Principal	-1	Centro	Personal de Movilización	T8	4	1260	1620
36	Principal	-1	Centro	Lavado Comedor	T8	4	1260	1620
37	Principal	-1	Centro	Pasillo	T8	10	3150	4050
37	Principal	-1	Centro	Pasillo	T8	6	1890	2430
38	Principal	-1	Centro	Pasillo Comedor	T8	6	1890	2430
39	Principal	-1	Centro	Lavado esterilización	T8	4	1260	1620
40	Principal	-1	Centro	Bodega esterilización	T8	12	3780	4860
41	Principal	-1	Centro	Pasillo esterilización	T10	8	2800	3600
42	Principal	-1	Centro	Ropería	T10	1	350	450
42	Principal	-1	Centro	Ropería	T8	1	315	405
43	Principal	-1	Centro	Pasillo Ropería	T8	1	315	405
43	Principal	-1	Centro	Pasillo Ropería	T10	5	1750	2250
44	Principal	-1	Centro	Costurería	T10	6	2100	2700
45	Principal	-1	Centro	Lavandería	T10	12	4200	5400
45	Principal	-1	Centro	Lavandería	T8	2	630	810
46	Principal	-1	Centro	Vestuario personal	T8	2	630	810
47	Principal	-1	Centro	Deposito Cadaveres	T8	4	1260	1620
48	Principal	-1	Centro	Sala Autopsia	T8	4	1260	1620
48	Principal	-1	Centro	Sala Autopsia	Incandecente	2	1400	1800
49	Principal	-1	Centro	Laboratorio Anatomía	T8	4	1260	1620
49	Principal	-1	Centro	Laboratorio Anatomía	T10	2	350	450
49	Principal	-1	Centro	Laboratorio Anatomía	T8	2	554,4	712,8
50	Principal	-1	Centro	Pasillo Anatomía patológica	T10	4	700	900
51	Principal	-1	Centro	Bodega Farmacia	T10	8	2800	3600
52	Principal	1	Centro	Recepción	T10	2	700	900
53	Principal	1	Centro	Central Telefonica	T10	2	700	900
54	Principal	1	Centro	OIRS	T10	4	1400	1800
55	Principal	1	Centro	Recaudacion y Fonas	T10	4	1400	1800
56	Principal	1	Centro	Unidad Gestion Camas	T10	4	1400	1800
57	Principal	1	Centro	Jefe OIRS	T10	2	700	900
58	Principal	1	Centro	Recetario farmacia	T8	4	1260	1620
59	Principal	1	Centro	Secretaria Bienes tar	T8	2	630	810
60	Principal	1	Centro	Bienes tar Asistente Social	T8	4	1260	1620
61	Principal	1	Centro	Secretaria Oficina Farmacia	T8	2	630	810

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Ilustración 8: Control de consumo por equipos con sistema Luminaria.

62	Principal	1	Centro	Oficina Farmacia	T8	2	630	810
63	Principal	1	Centro	Pasillo	T10	12	4200	5400
63	Principal	1	Centro	Pasillo	T8	4	1260	1620
64	Principal	1	Centro	Galénico	T8	2	630	810
65	Principal	1	Centro	Galénico preparación	T8	4	1260	1620
66	Principal	1	Centro	Oficina AUGE	T10	6	2100	2700
66	Principal	1	Centro	Oficina AUGE	T8	2	630	810
67	Principal	1	Centro	Baño 1	T8	1	315	405
68	Principal	1	Centro	Baño 2	T8	1	315	405
69	Principal	1	Centro	Baño 3	T8	1	315	405
70	Principal	1	Centro	Baño 4	T8	1	315	405
71	Principal	1	Centro	Pasillo cocina	T8	2	630	810
72	Principal	1	Centro	Secretaría cocina	T8	2	315	405
73	Principal	1	Centro	Jefe cocina	T8	1	315	405
74	Principal	1	Centro	Cocina	T8	24	7560	9720
75	Principal	1	Centro	Pasillo bodegas cocina	T8	3	945	1215
76	Principal	1	Ala Derecha	Trabajo sucio	T8	5	1575	2025
77	Principal	1	Ala Derecha	Oficina supervisor enfermeras	T8	2	630	810
78	Principal	1	Ala Derecha	Baño Oficina 5 up. Enfermeras	T8	2	630	810
79	Principal	1	Ala Derecha	Oficina Enfermeras	T8	2	630	810
80	Principal	1	Ala Derecha	Baño Oficina Enfermeras	T10	2	350	450
81	Principal	1	Ala Derecha	Sala Estar personal	T8	4	1260	1620
82	Principal	1	Ala Derecha	Baño Estar personal	PL	1	350	450
83	Principal	1	Ala Derecha	Estacion enfermería	T8	2	630	810
98	Principal	1	Ala Derecha	Pasillo	T8	13	4095	5265
99	Principal	1	Ala Derecha	Reposero	T8	2	630	810
100	Principal	1	Ala Izquierda	Pasillo	T8	5	1575	2025
101	Principal	2	Ala Derecha	Bodega	T8	4	630	810
102	Principal	2	Ala Derecha	Sala 19	T8	2	630	810
113	Principal	2	Ala Derecha	Estacion enfermería	T8	2	630	810
114	Principal	2	Ala Derecha	Aislado 1	T8	2	630	810
116	Principal	2	Ala Derecha	Oficina Medico Jefe	T8	2	630	810
117	Principal	2	Ala Derecha	Baño Oficina Medico Jefe	T8	2	315	405
122	Principal	2	Ala Izquierda	Estar personal	T8	2	630	810
129	Principal	2	Ala Izquierda	Sala 11	T8	6	1890	2430
129	Principal	2	Ala Izquierda	Sala 11	T8	8	1260	1620
130	Principal	2	Ala Izquierda	Sala 12	T8	8	1260	1620
133	Principal	2	Ala Izquierda	Bodega	T8	4	630	810
134	Principal	2	Ala Izquierda	Pasillo	T8	10	3150	4050
139	Principal	2	Centro	Subdirectora administrativa	T10	2	700	900
140	Principal	2	Centro	Baño 1	T10	2	300	300
143	Principal	2	Centro	Subdirección enfermería	T10	4	1400	1800
144	Principal	2	Centro	Auditoría Finanzas	T10	4	1400	1800
145	Principal	2	Centro	Reposero 1	T8	2	630	810
146	Principal	2	Centro	Reposero 2	T8	2	630	810
148	Principal	2	Centro	Oficina de personal	T8	8	2520	3240
150	Principal	3	Ala Derecha	Bodega	T8	12	3780	4860
151	Principal	3	Ala Derecha	Sala 3	T8	18	5670	7290
153	Principal	3	Ala Derecha	Sala 1	T8	16	5040	6480
155	Principal	3	Ala Derecha	Bodega Recuperación	T8	4	1260	1620
158	Principal	3	Ala Derecha	Sala Medicos	T8	2	630	810
161	Principal	3	Ala Derecha	Sala Estar enfermeras	T8	4	1260	1620
162	Principal	3	Ala Derecha	Baño	PL	4	1400	1800
166	Principal	3	Centro	Estar personal	T8	4	1260	1620
167	Principal	3	Centro	Bodega (pabellon 5)	T8	4	1260	1620
168	Principal	3	Centro	Preparación pacientes	T8	4	1260	1620
170	Principal	3	Centro	Pabellon 4	T8	8	2520	3240
174	Principal	3	Centro	Bodega (secretaría)	T8	4	1260	1620
187	Principal	3	Ala Izquierda	Área Sucia enods copia	T8	2	630	810
188	Principal	3	Ala Izquierda	Sala Estar personal	T8	2	630	810
193	Principal	3	Ala Izquierda	Sala de espera	T8	6	1890	2430
198	Principal	4	Ala Derecha	Sala 39	T8	3	945	1215
198	Principal	4	Ala Derecha	Sala 39	T8	8	1260	1620
199	Principal	4	Ala Derecha	Sala 38	T8	6	1663,2	2138,4
199	Principal	4	Ala Derecha	Sala 38	T8	8	1260	1620
200	Principal	4	Ala Derecha	Sala 37	T8	6	1890	2430
200	Principal	4	Ala Derecha	Sala 37	T8	8	1260	1620
201	Principal	4	Ala Derecha	Sala 36	T8	6	1663,2	2138,4
203	Principal	4	Ala Derecha	Área Sucia	T8	2	630	810
209	Principal	4	Ala Derecha	Aislado	T8	1	157,5	202,5
210	Principal	4	Ala Derecha	Baño	T8	6	1890	2430
210	Principal	4	Ala Derecha	Baño	T8	1	157,5	202,5

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### Ilustración 9: Control de consumo por equipos con sistema Luminaria.

N° Zona	Edificio	Nivel	Zona	Sistema de Consumo	Equipo	Cantidad	Consumo térmico aprox día Verano [kWh]	Consumo térmico aprox día Invierno [kWh]
19	Principal	-1	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	3	0	96,9
9	Principal	-1	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
11	Principal	-1	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
14	Principal	-1	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
21	Principal	-1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
22	Principal	-1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
31	Principal	-1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
33	Principal	-1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
37	Principal	-1	Centro	Climatización	Radiador	2	0	64,6
63	Principal	1	Centro	Climatización	Radiador	6	0	193,8
54	Principal	1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
55	Principal	1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
57	Principal	1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
58	Principal	1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
62	Principal	1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
65	Principal	1	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
77	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
78	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
79	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
88	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
91	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
92	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
93	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
94	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
98	Principal	1	Ala Derecha	Climatización	Radiador	3	0	96,9
100	Principal	1	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	3	0	96,9
102	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
103	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
104	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
105	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
106	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
109	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
110	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
111	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
112	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
114	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
118	Principal	2	Ala Derecha	Climatización	Radiador	3	0	96,9
121	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
122	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
124	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
125	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
126	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
127	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
128	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
129	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
130	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
131	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
132	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
134	Principal	2	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	3	0	96,9
137	Principal	2	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
138	Principal	2	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
139	Principal	2	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
142	Principal	2	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
143	Principal	2	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
144	Principal	2	Centro	Climatización	Radiador	1	0	32,3
149	Principal	2	Centro	Climatización	Radiador	6	0	193,8
151	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
152	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
153	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
154	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
155	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
157	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
158	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
159	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3

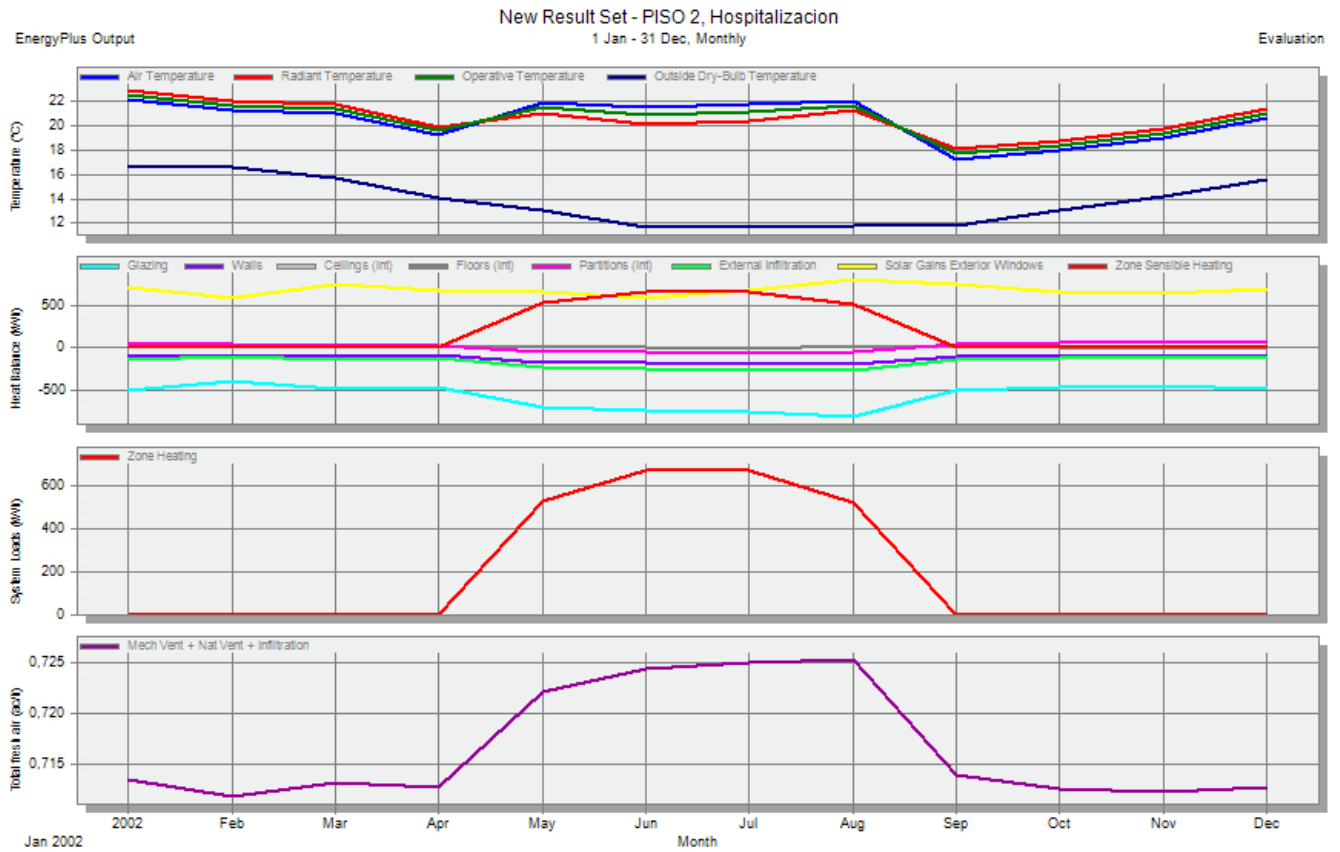
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Ilustración 10: Control de consumo por equipos con sistema Luminaria.

161	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
163	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	1	0	32,3
164	Principal	3	Ala Derecha	Climatización	Radiador	3	0	96,9
189	Principal	3	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
188	Principal	3	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
193	Principal	3	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
194	Principal	3	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
195	Principal	3	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
196	Principal	3	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
198	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
199	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
200	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
201	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
202	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
204	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
205	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
207	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
209	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	2	0	64,6
213	Principal	4	Ala Derecha	Climatización	Radiador	3	0	96,9
225	Principal	4	Centro	Climatización	Radiador	2	0	64,6
227	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
228	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
229	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
230	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
231	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	2	0	64,6
239	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
236	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
238	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
239	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
240	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3
241	Principal	4	Ala Izquierda	Climatización	Radiador	1	0	32,3

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Ilustración 11: Temperatura Hospital Eduardo Pereira



Fuente : Elaboración Propia , 2018

Ilustración 11: Tabla Balance Térmico Design Builder ,Hospital Eduardo Pereira

	Vidrios	Muros	Techumbre	PISO (int)	Particiones	(Mech Vent +	Infiltracion Ex	Calefacción
	Wh/m2	Wh/m2	Wh/m2	Wh/m2	Wh/m2	ac/h	Wh/m2	de la zona
								Wh/m2
ENERO	-11287,29	-2410,997	96,0118	92,7252	354,4677	2,494267	-3193,452	0
FEBRERO	-9536,573	-2095,838	14,97007	19,46754	74,46297	2,490431	-2703,388	0
MARZO	-11175,95	-2537,618	-22,15936	-32,88782	-455,7855	2,488281	-3202,059	0
ABRIL	-10643,4	-2386,41	240,307	247,0176	-922,5123	2,475806	-3106,749	0
MAYO	-14572,22	-3665,418	30,71509	39,65799	-781,066	2,494438	-4700,135	11396,45
JUNIO	-15074,5	-3891,729	-52,17218	-65,97234	-720,5097	2,491323	-4952,053	14487,31
JULIO	-15635,55	-4234,043	-240,2474	-241,7321	-855,5333	2,492585	-5236,665	14708,35
AGOSTO	-16589,62	-3984,285	266,2824	278,0013	-811,9731	2,494862	-5282,805	12313,03
SEPTIEMBRE	-11288,11	-2747	6,034558	2,051316	-884,1518	2,461908	-3304,683	0
OCTUBRE	-11097,55	-2523,413	82,63731	87,95975	-294,174	2,46771	-3217,923	0
NOVIEMBRE	-10493,63	-2510,735	-144,9505	-145,3591	103,4074	2,474593	-3034,191	0
DICIEMBRE	-11129,93	-2591,991	-71,42501	-72,82233	294,1577	2,484842	-3145,48	0

Fuente: Elaboración Propia, 2018