



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Facultad de Ingeniería Mecánica

Centro de Estudio de Energías y Tecnologías Ambientales.

CEETA

Trabajo de Diploma

**Título: Implementación del *software* de simulación energética
Energy Plus al Hospital Clínico Quirúrgico "Arnaldo Milián
Castro" de Santa Clara.**

Autor: Dany Daniel Alvarez Lorenzo

Tutor: MSc. Ovidio Rodríguez Santos

2012-2013

"Año 55 de la Revolución"

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA



Agradecimientos:

A mis suegros, a Richard y a mi novia por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

A mi familia, a mis padres y mi hermana.

A mi tutor Ovidio, por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

A Robin, Mary y Pedro por su atención en el trabajo realizado en el Hospital "Arnaldo Milián Castro".

A todos los profesores, por su capacidad de comprensión y por permitirme adquirir los conocimientos necesarios para el futuro.

A los que de una forma u otra han colaborado en el desarrollo de este trabajo.

A todos MUCHAS GRACIAS.

Resumen.

El trabajo realizado está enmarcado en la aplicación del *software* de simulación energética Energy Plus en el Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara. El Capítulo I realiza una investigación sobre el estudio del arte de los sistemas de simulación energética de edificaciones, en el Capítulo II se realiza una caracterización de la metodología para usar el Energy Plus en la zonificación de edificios, en el Capítulo III se da una caracterización de los sistemas energéticos del hospital y en el Capítulo IV se aplica el *software* Energy Plus para el cálculo de cargas térmica con el fin de comparar los resultados obtenidos con este con los del Capítulo III.

Abstract.

The realized work is defined in the application of the *software* of energetic simulation Energy Plus in the Clinical Hospital Surgical “Arnaldo Milián Castro” of Santa Clara. The Chapter I accomplishes an investigation on the study the art of the systems of energetic simulation of edifications, in the Chapter II accomplishes a characterization of the methodology himself for the use the Energy Plus in the zoning of buildings, in the Chapter III is it gives himself a characterization of the energetic systems of the hospital and in the Chapter IV Energy Plus applies the *software* himself for the calculation of loads thermic to compare the obtained aftermaths with east with give the Chapter III.

Índice.

Introducción.....	1
Capítulo I: Estudio del arte de los sistemas de simulación energéticas de edificaciones.....	4
1.1. Introducción.....	4
1.2. Climatización.....	4
1.3. Sistemas de Climatización:	4
1.3.1. Sistemas Todos Refrigerantes.....	6
1.3.2. Sistemas Refrigerante - Aire.....	7
1.3.3. Sistemas Todos Agua.....	8
1.3.4. Sistemas Agua - Aire.....	8
1.3.5. Sistemas Todo Aire.....	9
1.3.6. Sistemas de Caudal Variable.....	10
1.4. Climatización en Hospitales.....	11
1.5. Simulación.....	12
1.6. Simulación Térmica en Edificaciones.....	13
1.7. Objetivo de la Simulación Térmica de Edificios.....	13
1.7.1. Carga Térmica	13
1.7.2. Cálculos de Carga Térmica	13
1.7.3. Análisis de Carga Térmica.....	14
1.7.3.1. Conceptos Utilizados Para el Análisis.....	14
1.7.3.2. Análisis de Carga de Enfriamiento.....	15
1.7.3.3. Análisis de Carga de Calefacción.....	16
1.7.4. Análisis de Energía.....	17
1.8. Importancia de la Simulación.....	17
1.9. Ahorrar Energía por Medio de la Simulación.....	18
1.10. Importancia de la Zonificación.....	18
1.11. Descripción General del Software Energy Plus.....	18
1.12. Desventajas del Software Energy Plus.....	20
1.13. Interacción con el Software Energy Plus a Partir de Software Estructurales.....	20
1.14. Breve Reseña del Hospital “Arnaldo Milián Castro”.....	21
Capítulo II: Caracterización de la Metodología Para Usar el Energy Plus en la Zonificación de Edificios.....	22
2.1. Introducción.....	22
2.2. Zonificación de Edificios.....	22
2.3. Zona del Edificio.....	22

2.3.1.	Concepto 1 – Zonificación Simple	23
2.3.2.	Concepto 2 Zonificación Detallada	24
2.4.	Pasos Para la Construcción del Edificio	25
2.4.1.	Determinación de las Superficies de Transferencia y Almacenamiento de Calor.....	25
2.4.2.	Definición de Superficies Equivalentes.	28
2.4.3.	Especificación de los Elementos de la construcción del Edificio	30
2.4.4.	Recopilación de la Información de Superficies y Sub-Superficies	30
2.5.	Procedimiento Para la Zonificación del Hospital Arnaldo Milián Castro de Santa Clara con el Energy Plus.	31
2.5.1.	Paso 1 – Zonas.	39
2.5.2.	Paso 2 – Lista de Zonas.	40
2.5.3.	Paso 3 – Crear Superficies Detalladas.....	40
2.5.4.	Paso 4 – Superficie de las Ventanas y Puertas.....	41
2.5.5.	Paso 5 – Superficie: Transferencia de Calor: Masa Interna.....	43
Capítulo III: Caracterización de los Sistemas Energéticos del Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara.....		44
3.1.	Introducción.....	44
3.2.	Sistema de Climatización Localizado.	44
3.3.	Sistema de Climatización Centralizado.	45
3.4.	Consumo de los Principales Portadores Energéticos de la Instalación en los Años 2010, 2011 y 2012.....	48
3.5.	Análisis del Consumo Energético del Sistema de Climatización.	51
3.6.	Caracterización del Sistema de Climatización.....	54
3.7.	Análisis de Resultados.	56
Capítulo IV: Aplicar el software Energy Plus Para el Cálculo de Cargas Térmica en el Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara.		58
4.1.	Introducción.....	58
4.2.	Metodología.....	58
4.3.	Simulación.....	59
4.3.1.	Datos de la Zona.	59
4.3.2.	Ganancias de Calor Internas o Fuentes de Calor Internas.....	60
4.3.3.	Localización y Clima.	60
4.3.4.	Cálculo de Carga Térmica del Centro con Energy Plus	61
4.4.	Análisis de Resultados.	62
Conclusiones.		64
Recomendaciones.		65

Bibliografía.....	66
Anexos.....	69

Introducción.

La climatización es el proceso de tratamiento del ambiente en un local cerrado, consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza, es decir, su filtrado o purificación, necesario para lograr determinadas condiciones ambientales en un local cerrado con independencia de las condiciones climatológicas exteriores.

La renovación del aire en cualquier local ocupado es necesaria para reponer el oxígeno y evacuar los subproductos de la actividad humana, o del proceso productivo, es decir, la reposición de aire sucio o contaminado por aire limpio, para esto se hace necesario tratar el aire.

El aire acondicionado, constituye uno de los procesos de tratamiento de aire más completos en la actualidad, el descubrimiento y desarrollo de este revolucionó totalmente las condiciones interiores de edificios, carros, etc.

Este, siendo no tan indispensable para la supervivencia del ser humano como la calefacción, no tuvo su desarrollo sino hasta el siglo XX. Lo que inicialmente comenzó como un sistema para remover el exceso de humedad en una imprenta fue desarrollado progresivamente por Willis Carrier (1876-1950) hasta convertir este experimento en uno de los tratamientos de aire más utilizados alrededor del mundo.

Un sistema de aire acondicionado es, en resumen, una compleja herramienta termodinámica que utiliza las propiedades de un fluido/gas para la extracción de calor de un espacio. Es este decremento de la energía interna o calor de un espacio lo que reduce la temperatura del espacio generando la sensación de frío entre los que ocupan el espacio.

Uno de los principales retos que se les presenta a los ingenieros al momento del diseño de un sistema de aire acondicionado es el cálculo de la carga térmica del espacio para el dimensionado del sistema. En palabras más simples, la carga térmica no es más que la medición de la cantidad de calor a remover en el espacio a refrigerar o acondicionar.

Por lo general se pretende calcular un valor lo más cercano a la realidad para poder instalar un sistema que logre enfriar el espacio con la menor energía posible pero a su vez no responda eficazmente en los momentos de demanda máxima.

De lo anterior se deduce que la instalación de un sistema subdimensionado responde a la obtención de un valor de carga térmica muy pequeño que no alcanza a suplir la demanda real y por

lo consiguiente no enfría correctamente, caso contrario el instalado de un sistema sobredimensionado hará un gasto innecesario tanto de recurso económicos como espacio.

Lógicamente, debido a la cantidad de factores que afectan la cantidad de calor en un edificio, se trata de una cantidad variable durante el tiempo y de difícil medición empírica. Los ingenieros han desarrollado una gran cantidad de métodos para el cálculo de esta cantidad, estos van desde el uso de tablas sencillas hasta programas en computadora.[1]

Los hospitales son grandes instalaciones que brindan gran cantidad de servicios, para lo cual demandan de un suministro continuo y seguro de: energía eléctrica, de calor y de frío tanto en refrigeración como en climatización, trabajan durante todo el año y mantienen una cantidad elevada de servicios en la mayor parte del día, lo que los convierte en altos consumidores energéticos.

En Cuba los sistemas de refrigeración para climatización son grandes consumidores de energía, teniendo en cuenta la política de ahorro que sigue hoy el estado se hace necesario estudiar todas aquellas instalaciones que potencialmente pueden contribuir al menor consumo de energía.

Por estas razones en este trabajo se pretende caracterizar el sistema de climatización del Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara, para determinar los consumos energéticos del sistema, analizar el estado técnico en que se encuentran los equipos, encontrar problemas que dificulten o impidan el funcionamiento de los mismos y con los resultados obtenidos poder realizar una simulación del sistema que se considere más alto consumidor de energía, para esto se pretende utilizar el programa Energy Plus, como una herramienta alternativa para el cálculo de carga térmica. Energy Plus fue desarrollado por la división del departamento de Energía de Estados Unidos *Energy, Efficiency and Renewal Energy* (Energía, Eficiencia y Energía Renovable)

El programa es una respuesta de la política de ahorro que se está tratando de promover debido a la crisis energética de los últimos años. El propósito del presente trabajo es analizar y proponer Energy Plus como una alternativa para el cálculo de la carga térmica del aire acondicionado.

Problema de investigación.

Debido a las características propias del *software* de no ser interactivo con el usuario, ya que este presenta problemas para su implementación, por lo que con esta tesis se pretende la adecuación del *software* Energy Plus como herramienta de gestión energética, para su aplicación Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara, de forma tal que facilite el cálculo de cargas térmicas, mediante la aplicación del método de la zonificación de edificaciones y la caracterización

de los sistemas energéticos del hospital.

Hipótesis de investigación.

Es posible la adecuación del *software* de simulación energética Energy Plus, de forma que resulte más simple su uso, mediante la profundización de algunos aspectos tales como, la metodología de zonificación de edificios y la caracterización de los sistemas energéticos del hospital.

Objetivo general:

Lograr la adecuación del *software* Energy Plus como herramienta de gestión energética, para su aplicación al Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara, de forma tal que facilite el cálculo de cargas térmicas, mediante la aplicación del método de la zonificación de edificaciones y la caracterización de los sistemas energéticos del hospital.

Objetivos específicos:

1. Estudio del estado del arte de la temática objeto de análisis.
2. Realizar una explicación sobre el método de la zonificación y caracterizar los sistemas de climatización.
3. Aplicar el *software* a un ejemplo típico de construcciones cubanas en este caso al Hospital Clínica Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara y análisis de los resultados.

Capítulo I: Estudio del arte de los sistemas de simulación energéticas de edificaciones.

1.1.Introducción.

En este capítulo se define el concepto de climatización los sistemas que la componen y como se realiza esta en hospitales, debido a que el sistema de climatización es uno de los más altos consumidores de energía en dichos centros por su complejidad y funciones. Además se dará una pequeña explicación de que es la simulación como tal, en que consiste la simulación térmica de edificios y se especificarán los objetivos de la realización de esta simulación, por qué se hace necesaria la zonificación de las edificaciones y su importancia. También se da una breve explicación referente al *software* que se va a utilizar y una pequeña referencia sobre el lugar al que se le va realizar el estudio.

1.2.Climatización.

La climatización no es más que el proceso de tratamiento del ambiente en un local cerrado, consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza, es decir, su filtrado o purificación, con el objetivo de lograr determinadas condiciones ambientales en un local cerrado con independencia de las condiciones climatológicas exteriores.

La renovación del aire en cualquier local ocupado es necesaria para reponer el oxígeno y evacuar los subproductos de la actividad humana, o del proceso productivo, tales como el dióxido de carbono, el exceso de vapor de agua, los olores desagradables u otros contaminantes, o sea, la renovación o reposición de aire sucio o contaminado por aire limpio.[2-3]

Aunque es posible diseñar y construir los circuitos de ventilación y climatización de un local de forma que sean independientes, en la mayoría de casos se aprovecha el mismo circuito, previendo una entrada de aire exterior que se mezcla con el aire de retorno antes de entrar en la unidad de acondicionamiento. En estos casos, hay que tomar medidas adecuadas para garantizar las tasas de renovación de aire del local adecuadas en función de la ocupación o uso del mismo. [4]

1.3.Sistemas de Climatización:

El objetivo de un sistema de climatización es proporcionar un ambiente confortable. Esto se

consigue mediante el control simultáneo de la humedad, la temperatura, la limpieza y la distribución del aire en el ambiente, incluyendo también otro factor, el nivel acústico. [5]

Existe una gran variedad de diseños y equipos para climatizar locales, los comparten características comunes, lo que hace difícil establecer una clasificación con diferenciaciones netas entre unos y otros.

Toda instalación de climatización se compone de tres partes diferenciadas:

1. Producción térmica.
2. Distribución.
3. Emisión en los locales.

Cuando en un mismo equipo están incluidos todos los elementos se considera como un equipo compacto.

Producción Térmica.

Hay dos formas de producción térmica:

- por ciclo de compresión.
- por ciclo de absorción.

La más extendida corresponde al ciclo de compresión. El mismo dispone de una zona de evaporación y otra de condensación, unidas mediante el compresor y cerrando el ciclo una válvula de expansión.

En la evaporación es donde se produce el frío necesario para la climatización y en la condensación es donde se cede el calor extraído en los locales.

Atendiendo a estos factores los equipos de producción se denominan con dos palabras, indicando en primer lugar el medio en el que se realiza la evaporación y después el medio condensante. Habitualmente se tiene cuatro tipos de equipos de producción:

- AIRE-AIRE.
- AIRE-AGUA.
- AGUA-AGUA.
- AGUA-AIRE.

Distribución.

El frío, producido en el equipo frigorífico, debe ser transportado a los locales a climatizar mediante alguno de los siguientes fluidos:

- REFRIGERANTE
- AGUA
- AIRE

Empleándose para ello: tuberías o ductos, según corresponda.

Emisión en los Locales.

El frío se emite en los locales a través de rejillas y difusores, que pueden estar incorporadas en los propios equipos, o bien formar parte de una red de ductos de distribución. Lo más habitual es clasificar los sistemas de climatización, según sea el fluido que entra en el local para producir el efecto de enfriamiento o calentamiento.

Según esto, los sistemas pueden ser:

- TODO REFRIGERANTE: Sistemas de expansión directa en el interior del local.
- REFRIGERANTE-AIRE: Al local llega refrigerante y aire.
- TODO AGUA: Al local llega sólo agua.
- AGUA-AIRE: Al local llega aire y agua.
- TODO AIRE: El único fluido que entra en el local es el aire.

Además de la clasificación anterior, se podrían introducir la diferenciación entre los equipos compactos o sistemas centralizados.

A continuación se describen las características más importantes de cada sistema, considerando que el clima en Cuba únicamente necesita la producción de frío, se limita la descripción a esta aplicación.

1.3.1. Sistemas Todos Refrigerantes.

En estos sistemas, la refrigeración se produce por la expansión directa de refrigerante en un equipo provisto de batería aleteada para este propósito. El aire del local pasa directamente por la batería en la que se expande el refrigerante, que forma parte del sistema frigorífico. De acuerdo con lo anterior, pueden incluirse en este grupo, los aparatos compactos de ventana, consolas enfriadas por aire o agua, y todos los equipos compactos situados en el interior del local a acondicionar, así como los equipos y sistemas partidos, en los que la unidad condensadora, generalmente condensado por aire, se encuentra situada a distancia y unida a la unidad interior o climatizadora, por tuberías de refrigerante.

Sistemas Partidos Unitarios (Split).

Una unidad interior situada en el local, incorpora la parte del evaporador del circuito frigorífico, incluyendo por tanto la batería, ventilador de impulsión de aire, filtros y los sistemas de regulación. Estas unidades adoptan formas diversas: consola de suelo, de techo, de pared, etc. La unidad condensadora, o exterior, incorpora el compresor frigorífico, el condensador, (generalmente enfriado por aire) y todos los elementos de seguridad y de regulación del sistema frigorífico. La unión entre ambas unidades se realiza mediante conexiones frigoríficas con tubería de cobre.

Sistemas Partidos Múltiples (Multi – Split).

Son semejantes a los anteriores, pero en los que una sola unidad condensadora exterior, sirve a varias unidades interiores en paralelo, que pueden tener control común o independiente.

Los sistemas de volumen de refrigerante variable, son sistemas partidos múltiples muy evolucionados, en los que gracias a las posibilidades de regulación de la electrónica moderna y a un cuidadoso diseño de los sistemas frigoríficos, se consigue una gran variedad de combinaciones entre unidades exteriores e interiores, tanto en tipos y potencias, como en distancia entre unas y otras.

El control estricto de las presiones y temperaturas en el refrigerante y de la circulación del aceite, en combinación con la modulación de la potencia frigorífica de los compresores, proporciona una gran elasticidad de funcionamiento.

La regulación de la potencia frigorífica se hace frecuentemente por variación de la velocidad de giro del compresor, con un sistema de variación de frecuencia de la corriente de alimentación, lo que permite una adecuación casi total de la potencia producida a la demanda instantánea.

1.3.2. Sistemas Refrigerante - Aire.

Un problema de los sistemas todo refrigerante, es que no resuelven el aspecto de la ventilación debiendo proporcionarse la misma de manera independiente. El sistema consiste en un conjunto de equipos como los descritos anteriormente, complementado con un sistema de aire primario.

El aire primario viene tratado en un climatizador central y repartido a los diferentes locales. Este aire primario, provee las necesidades de ventilación y parte o todas las necesidades de deshumidificación, según sea el dimensionamiento. En este caso la distribución de aire primario se hace con una red general de conductos y se impulsa a los locales a través de rejillas.

1.3.3. Sistemas Todos Agua.

Son aquellos en los que el único fluido portador de calor que llega al espacio acondicionado desde el exterior es agua. Para la producción se requieren equipos enfriadores de agua, con condensación por aire o por agua, en este último caso además se necesita la instalación de torres de enfriamiento, para poder a su vez eliminar el calor del agua de condensación, a no ser que se disponga de una fuente continua para el agua de condensación.

La cesión del frío al aire del local se realiza en aparatos terminales, que generalmente son ventiloconvectores, que incorporan una batería de tubo aleteado y un ventilador que recircula el aire del local a través de la batería, enfriándolo según la temperatura del agua que se suministra.

Los aparatos ventiloconvectores pueden adoptar formas, disposiciones y colocaciones variadas, desde el más conocido de suelo con envolvente metálica para instalación vista, hasta el oculto sobre el falso techo que aspira e impulsa el aire a través de rejillas, pasando por colocaciones de pared o techo vistos, empotrados en nichos o los más recientes compactos de techo vistos, que incluyen los elementos de difusión.

Generalmente, en el proceso de enfriamiento, se produce también deshumidificación, habiendo necesidad de evacuar el agua formada, lo que en ocasiones presenta dificultades. Modernamente, existen bombas de elevación del condensado que pueden resolver el problema.

Regulación del Sistema.

La regulación es individual para cada local, el cual puede estar servido por uno sólo o varios ventiloconvectores. Puede ser todo-nada, actuando con parada y arranque del ventilador o también sobre una válvula motorizada que corta el paso del agua; si la válvula es modulante, se logra una regulación continua dentro de los márgenes de actuación de la regulación.

El sistema todo agua con ventiloconvectores es sencillo y económico, si bien no resuelve la ventilación.

1.3.4. Sistemas Agua - Aire.

En estos sistemas, a los locales llegan ambos fluidos, realizando cada uno una función, aunque el diseño admite variantes que diferencian unos de otros.

Sistemas de Inducción.

En este sistema, los aparatos terminales son inductores, equipos que no poseen ventilador. El aire primario llega a estos inductores a alta presión (generalmente por conductos de alta velocidad) y

sale al exterior por unas toberas sobre un estrechamiento, que crea en el aparato una zona de baja presión que induce un cierto caudal de aire del local (secundario), al que se le hace pasar por una batería, por la que circula agua fría; la mezcla de aire primario y secundario es impulsada al local. Generalmente los inductores suelen estar situados perimetralmente sobre el suelo, impulsando el aire verticalmente hacia arriba.

Sistema Ventilconvectores con Aire Primario.

Consiste en un sistema a ventilconvectores como los descritos anteriormente, complementado con un sistema de aire primario.

Las soluciones son similares a las indicadas en el caso de sistemas Refrigerante-Agua.

1.3.5. Sistemas Todo Aire.

El único fluido que entra en el espacio acondicionado es el aire. Este aire, proviene del exterior y ya está tratado, o sea, filtrado, enfriado y deshumidificado, según las necesidades.

El aire puede provenir de una manejadora que a su vez recibe el frío de un productor central (enfriadora de agua), o puede ser un equipo autónomo, que incluye en su interior el sistema de tratamiento de aire y el equipo productor de frío (compresor para expansión directa), o incluso puede ser una manejadora con batería de expansión directa atendida desde un equipo partido.

Los sistemas todo-aire, pueden admitir a su vez, las siguientes variantes:

Para Una Sola Zona.

Sólo existe un local o bien los diferentes locales servidos se considera que tienen siempre la misma carga todos ellos, aunque esto último rara vez se cumple, es frecuente admitir esta imperfección en el diseño, en aras de la economía.

La regulación de temperatura puede ser todo-nada, (aportar o no aportar frío), o una regulación continua sobre la temperatura del aire de impulsión o sobre el caudal de éste, y en ambos casos puede ser por actuación sobre el equipo productor (parar o arrancar) o modular (temperatura ambiente, de impulsión, etc.).

El caudal de aire debe ser el necesario para la máxima carga.

Para Varias Zonas.

Si el sistema de aire debe servir a varias zonas con cargas distintas, debe de existir alguna forma de regular la aportación del frío a cada una de ellas según sus propias necesidades.

Los sistemas todo-aire, para varias zonas, pueden ser.

- Sistemas multizonas
- Sistemas de doble conducto
- Sistemas de caudal variable (volumen variable)

Los sistemas multizona y de doble conducto tradicionales, implican frecuentemente la mezcla de aire a distintas temperaturas, lo que es energéticamente gravoso, al igual que la aplicación sucesiva de enfriamiento y calentamiento (recalentamiento). Por esta razón, han caído en desuso, además considerando que su aplicación es para lugares en los que se necesite frío y calor.

1.3.6. Sistemas de Caudal Variable.

Estos sistemas permiten acondicionar varias zonas con control independiente en cada una de ellas. En los últimos años han experimentado una amplia difusión. El sistema de volumen variable, permite regular de forma independiente todas las zonas servidas, el caudal de aire del conjunto deberá ser el correspondiente a la carga máxima simultánea, y no a la suma de las máximas de toda la zona, como suele ser cuando se tratan distintos locales como zona única. El ramal de aire que atiende a una zona, está dotado de un elemento motorizado que modula el caudal que se impulsa a esta zona; cada zona puede constar de una sola salida de aire (rejilla, difusor, etc.) o de varias.

La modulación del caudal a cada zona puede hacerse de dos modos:

- Por desviación.
- Por estrangulación.

La variación por desviación, consiste en que el elemento regulador, desvía al retorno el caudal no impulsado. En consecuencia, el sistema es de caudal variable en el local, pero es de caudal constante en el climatizador.

La regulación por estrangulamiento, reduce el caudal en cada ramal, lo que hace que la característica del circuito total de aire se modifica; si no se actúa sobre el ventilador, los caudales de aire que van a otras zonas, se modificarán.

Para que esto no ocurra, hay que adaptar el caudal que suministra el ventilador a las necesidades de cada momento. Esto puede hacerse de varias maneras:

- Con compuerta en la impulsión.
- Con compuerta en la aspiración.
- Por variación de velocidad de giro.

La compuerta en la impulsión se emplea poco, pues es la más costosa en energía de

accionamiento. La compuerta en la aspiración es más eficiente (en realidad, produce una prerrotación en el aire) y se ha empleado mucho. Actualmente es ya más frecuente la modificación de la velocidad de rotación del ventilador, por medio de un variador de velocidad por modulación de la frecuencia de la corriente de alimentación al motor.

Este sistema está indicado para aquellos locales en los que la variación de la carga no sea grande, de modo que el caudal de aire no baje nunca por debajo del 50% ó 60% del máximo. [6]

1.4. Climatización en Hospitales.

Las habitaciones de los hospitales se consideran como la de los hoteles, exceptuando que la ocupación es de 100% durante las 24 horas del día y a lo largo de todo el año. Según la orientación de las habitaciones se podrá aplicar un factor de diversidad a la carga de iluminación. El factor más importante es la circulación del aire, que debe estar supeditada a cada habitación.

La climatización de los hospitales es un factor determinante en el tratamiento de los pacientes con afecciones cardiacas, de tiroides, respiratorios, quemaduras, SIDA, tratamientos especiales, terapéutica, maternidad, cirugía, morgue y otras zonas de servicio. Estas habitaciones deben tener una extracción de aire capaz de crear una presión negativa y no debe haber intercomunicación entre las distintas zonas por peligro de contaminación.

Precisamente por el cuidado extremo al que se ven sometidos estos pacientes, es que estos sistemas de climatización son especiales y difieren bastante de las aplicaciones comerciales, porque necesitan:

- 1) un determinado comportamiento de los flujos de aire, control de la presión y restricción de este al área para evitar contaminaciones.
- 2) requerimientos específicos de filtrado y aire exterior para remover olores, sustancias químicas peligrosas en construcción, radiactivas o evitar la proliferación de virus y microorganismos.
- 3) control zonal de diversos valores de temperatura y humedad.
- 4) un sofisticado sistema de control automático para regular el funcionamiento de los sistemas zonales.

El sistema de climatización de los hospitales debe estar zonificado según la actividad o departamento, por ello esta especialidad debe estar en estrecha relación con la de la arquitectura, al concebir un proyecto.

Las salidas de aire expulsado por el sistema de extracción, estarán alejadas 9 m como mínimo de cualquier toma de aire exterior, ventanas y entradas de personas, a una altura de 1 m por encima

de la cubierta del edificio, teniendo en cuenta la dirección de los vientos predominantes. Las tomas de aire exterior deberán situarse a 9 metros como mínimo de cualquier salida de humos de combustión, extracción, torres de enfriamiento, fuentes ornamentales, o sistemas de vacío médico, en altura a no menos de 1,8 m por encima del nivel principal.

El aire exterior será de 100% en quirófano y todos los locales aledaños pertenecientes al área de cirugía para diluir los gases anestésicos y limitar el riesgo de explosión. Si se estima necesario, será conveniente prever un sistema de extracción independiente, en cada Quirófano, para eliminar la concentración de gases anestésicos al terminar la operación. El sistema de vacío eliminará los gases no inflamables. Los prefiltros que alargan la vida de los filtros terminales, estarán alojados en cada unidad de tratamiento de aire. Los filtros de aire terminales de impulsión en el local Quirófano serán absolutos, con eficiencia de 99,97 %.

La zona ocupada por pacientes se trata mejor con sistemas de inducción de aire primario y agua secundaria.

En algunos edificios con determinada orientación se pueden utilizar sistemas de aire acondicionado central todo-aire. Los espacios para servicios individuales se tratan mejor por medio de unidades autónomas o centrales con unidades batería-ventilador.

Lo ideal sería un servicio de limpieza óptimo, que garantice en la medida de lo posible la ausencia de polvo, olores y bacterias. [7]

1.5. Simulación.

Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann la define así: "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos".

Una definición más formal formulada por R.E. Shannon es: "La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos para el funcionamiento del sistema".[8]

El autor dice que es la representación imitativa del funcionamiento de un sistema o proceso por medio del funcionamiento de otro.

Esta cuando se utiliza con fines energéticos consiste básicamente en el cálculo de carga térmica y análisis de energía, tomando en cuenta los materiales de construcción, ganancias internas, uso del

edificio y perfiles de funcionamiento de luminarias, equipos eléctricos consumidores y sistemas de aire acondicionado. La simulación permite además evaluar los costos de energía de la estructura analizada durante largos periodos de tiempo ayudando a la toma de decisiones por los analistas.

Los edificios consumen una parte importante de toda la energía consumida a nivel nacional cada año. Gran parte de esta energía se consume en el mantenimiento de las condiciones térmicas en el interior del edificio la iluminación y equipamiento técnico, por lo que la simulación puede y ha desempeñado un papel significativo en la reducción del consumo energético de los edificios en los países donde es aplicada la simulación.

1.6. Simulación Térmica en Edificaciones.

Una definición aproximada sería, un modelo por computadora de los procesos de energía dentro de un edificio que se destinan a proporcionar un ambiente térmico confortable para los ocupantes (o contenidos) de un edificio. Algunos ejemplos de programas de simulación térmica de edificios son: Energy Plus, Energy-10, BLAST, DOE-2, ESP-r, TRNSYS, etc.

1.7. Objetivo de la Simulación Térmica de Edificios.

Son básicamente el cálculo de carga térmica y análisis de energía, estos se utilizan para analizar el desempeño energético del edificio, tomando en cuenta los materiales de construcción (envolvente), número de personas, uso del edificio y perfiles de funcionamiento de luminarias, equipo eléctrico y sistemas de aire acondicionado.

1.7.1. Carga Térmica

El interior de un edificio gana calor debido a varias fuentes. Si la temperatura y humedad del aire en los recintos se deben mantener a un nivel confortable, se debe extraer calor para compensar las ganancias mencionadas. A la cantidad neta de calor que se retira se le llama carga térmica de enfriamiento o carga térmica. Se debe calcular esta carga cuidadosamente ya que es la base para seleccionar el equipo de enfriamiento adecuado y las restantes partes del sistema de aire acondicionado (tuberías, ductos, etc.), así como analizar el uso y conservación de energía.

1.7.2. Cálculos de Carga Térmica

Es el cálculo de la ganancia de calor en un edificio que se da a través de paredes, techos, ventanas, el suelo, etc. Así como también las ganancias por radiación en ventanas, infiltraciones en puertas y ventanas, ganancia de calor internas por personas, equipos, luces, etc.

El cálculo de la carga de enfriamiento se basa en los principios de transferencia de calor (conducción, convección y radiación).

Generalmente usado para determinar el tamaño o dimensionamiento de los equipos tales como aires acondicionados, ventiladores, enfriadores, calderas, etc.

1.7.3. Análisis de Carga Térmica

Las cargas térmicas son las cargas de enfriamiento y calefacción, los análisis de carga de enfriamiento y calefacción son la base principal en el diseño para la mayoría de los sistemas de calefacción y de aire acondicionado. Estos análisis influyen en el tamaño o dimensionamiento de las tuberías, canalización, calderas, refrigeradores, compresores, ventiladores, y de los demás componentes del sistema que acondicionan los ambientes interiores en un edificio. El análisis de carga de enfriamiento y calefacción significativamente pueden influir en los costos iniciales de la construcción del edificio, el confort y la productividad de los ocupantes del edificio, así como también en los costos de operación y consumo de energía.

Además, las cargas de enfriamiento y calefacción son la tasa o fracción de energía que se requiere introducir (calefacción) o eliminar (enfriamiento) para mantener el ambiente interior en las condiciones de temperatura y humedad deseadas. Los sistemas de calefacción y aire acondicionado son diseñados, clasificados según el tamaño y controlados para lograr esa transferencia de energía. La cantidad de calefacción o de enfriamiento requerido en cualquier hora particular del día varía continuamente, dependiendo de factores externos (ej., temperatura exterior) e internos (ej., número de personas y equipo eléctrico que ocupan un espacio).

El diseño de la máxima carga de calefacción y enfriamiento calculado, busca determinar la máxima tasa de energía transferida de calefacción y enfriamiento necesarios en cualquier momento, estos son principios similares pero con diferentes hipótesis, datos y aplicaciones, por lo que pueden ser utilizados para estimar el consumo de energía del edificio.

1.7.3.1. Conceptos Utilizados Para el Análisis.

Conducción: Transferencia de energía térmica a través de un sólido.

Convección: Intercambio de energía térmica entre un sólido y un fluido que están en contacto.

Radiación: Intercambio de energía térmica vía ondas electro magnéticas entre los cuerpos o superficies.

Calor sensible: Es la forma de energía calorífica que es más entendida comúnmente, ya que se

percibe por el tacto o puede medirse directamente con un termómetro.

Calor latente: Es el que no puede ser percibido por el tacto o medido con un termómetro. El calor latente causa que un objeto cambie sus propiedades. Por ejemplo, cuando el calor latente es removido del vapor de agua, se condensa el agua, es decir pasa de estado gaseoso a líquido.

Confort Térmico: Es la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Es decir, el bienestar térmico del hombre en la situación bajo la cual este expresa satisfacción con el medio ambiente que lo rodea, tomando en cuenta no solamente la temperatura y la humedad propiamente dichas, sino también el movimiento del aire y la temperatura radiante.

EER (Relación de Eficiencia Energética): Es la relación de la capacidad de enfriamiento de la red en Btu/h con la potencia eléctrica de entrada o consumida en watts bajo condiciones de operación de diseño.

1 Tonelada de Refrigeración (1TR): Una tonelada de refrigeración (1TR) significa la capacidad de los equipos de aire acondicionado para extraer el calor a 12000 BTU/h.

1.7.3.2. Análisis de Carga de Enfriamiento.

La carga de enfriamiento resulta de muchos procesos de transferencia de calor tales como conducción, convección y radiación, a través de la envolvente del edificio, desde fuentes internas y componentes del sistema. Las componentes o contenidos del edificio que pueden afectar las cargas de enfriamiento son los siguientes:

- **Externas:** Paredes, techos, ventanas, divisiones, cielo falso y pisos.
- **Internas:** Iluminación (lámparas), personas, aparatos y equipos eléctricos.
- **Infiltraciones:** Fugas de aire, ventilación y humedad.

La carga de enfriamiento instantánea es la tasa o fracción, en la cual la energía calorífica se da por convección en el aire de la zona en un punto dado. El análisis de la carga de enfriamiento es complicado por el intercambio de la radiación entre las superficies, muebles, divisiones, y otras masas en la zona. La mayoría de las fuentes de ganancia de calor transfieren energía por convección y radiación. La radiación es absorbida por las masas térmicas en la zona y posteriormente transferidas por convección dentro del espacio. La parte que corresponde a la convección, por otro lado, se asume para que inmediatamente se convierta en carga de enfriamiento sobre la hora del día a la cual ocurre la ganancia de calor.

1.7.3.3. Análisis de Carga de Calefacción.

Para estimar el diseño de la carga de calefacción para aplicaciones comerciales, institucionales, e industriales es esencialmente de la misma forma que las de estimación para el diseño de las cargas de enfriamiento para tales aplicaciones, con las excepciones siguientes:

- Las temperaturas fuera de los espacios acondicionados son generalmente más bajas que las temperaturas mantenidas en los espacios (donde espacio también significa lo mismo que cuarto, recinto o habitación).
- Las ganancias de calor solares o internas no están incluidas.
- El efecto de almacenamiento térmico de la estructura del edificio o el contenido se ignora.

Las pérdidas de calor (ganancias de calor negativas) se consideran por ser instantáneas, esencialmente transferencia de calor por conductividad, y el calor latente tratado sólo como una función de la sustitución de humedad en el espacio perdido para el medio ambiente exterior.

Se justifica este acercamiento simplificado porque evalúa las condiciones del peor caso en que puedan razonablemente ocurrir durante una época en que la calefacción se enciende. Por lo tanto, la carga del peor caso se basa en lo siguiente:

- Condiciones de diseño interiores y exteriores.
- Incluye infiltración y/o ventilación.
- Ningún efecto solar (en la noche o en días nublados de invierno).
- Antes de la presencia periódica de las personas, luces y los aparatos que tienen un efecto que contrarresta o de compensación.

Típicamente los nuevos espacios comerciales tienen periodos en la noche que no son ocupados y están a una temperatura determinada en la cual no se requiere ventilación, las luces y equipos del edificio están apagados, y la pérdida de calor es primordialmente a través de la conducción. Los edificios se calientan por la temperatura de los ocupantes. Durante el tiempo en que está ocupado, las luces del edificio, equipos y la carga de enfriamiento de las personas pueden compensar las pérdidas de calor con la conducción. Aunque el mismo calor del perímetro puede ser requerido, dejando la carga de la ventilación como la carga de calefacción primaria. Estas cargas (pérdida de conducción, carga de calentamiento, y carga de ventilación) pueden no ser aditivas cuando el equipo de calefacción del edificio es dimensionado, y es prudente analizar cada carga y sus interacciones para llegar al final a dimensionar el equipo para la calefacción.

1.7.4. Análisis de Energía

Los diversos estudios energéticos dan al traste con la creación de muchos *software* que responden a criterios diferentes y es por eso que el mercado abarca cada una de ellas dando lugar a tantos programas como criterios existan. En la siguiente tabla se muestran algunos de los principales *software* y sus aplicaciones fundamentales.

Tabla 1.1: Aplicación de los programas de simulación para el cálculo de carga térmica y análisis de energía, así como sus aplicaciones en el análisis de los edificios.

Programas	Aplicación
Design Builder	Simulación de energía en edificios, visualización, emisiones de CO ₂ , protección solar, ventilación natural, iluminación natural, estudios de confort, simulación de aires acondicionados, Open GL interfaz con Energy Plus, archivos meteorológicos, dimensionamiento de equipos de calefacción y enfriamiento.
DOE-2	Eficiencia energética, diseño, modificación, investigación, edificios residenciales y comerciales.
ECOTEC	Diseño ambiental, análisis ambiental, diseño conceptual, control solar, sombra, diseño y análisis térmico, cargas de calefacción y enfriamiento, iluminación natural y artificial, análisis del ciclo de vida, costeo del ciclo de vida, horarios de programación, análisis acústico estadístico y geométrico.
Energy-10	Diseño conceptual, edificios residenciales, edificios comerciales pequeños.
Energy Plus	Simulación de energía, cálculo de carga, rendimiento del edificio, rendimiento energético, balance de calor, balance de masas.
ESP-r	Simulación de energía, desempeño ambiental, edificios comerciales, edificios residenciales, visualización, edificios y sistemas complejos.
TRNSYS	Simulación de energía, cálculo de carga, rendimiento del edificio, investigación, eficiencia energética, energías renovables.

1.8. Importancia de la Simulación.

Los edificios consumen alrededor de un 40% de toda la energía consumida a nivel nacional cada año. Gran parte de esta energía se consume en el mantenimiento de las condiciones térmicas en el interior del edificio y la iluminación, por lo que la simulación puede y ha desempeñado un papel

significativo en la reducción del consumo energético de los edificios en los países donde es aplicada la simulación.

1.9. Ahorrar Energía por Medio de la Simulación.

Entre las principales medidas de ahorro por medio de la simulación tenemos que:

- La simulación térmica de edificios permite modelar el edificio antes de que se construya o antes de iniciar las renovaciones.
- La simulación permite diversas alternativas energéticas para ser investigadas y opciones para comparar con otras.
- La simulación puede dar lugar a una optimización de la energía del edificio o informar sobre el proceso de diseño.
- La simulación es mucho más económica que la construcción del edificio y requiere menos tiempo de ejecución (teniendo en cuenta que cada edificio es diferente).[9]

1.10. Importancia de la Zonificación.

La zonificación trae consigo una disminución de pasos a la hora de simular cualquier edificación debido a que mediante a esta se pueden agrupar áreas que contengan iguales condiciones de diseño en cuanto a clima se refiere y con ello hacer que la estructura a determinar sea menos compleja.

1.11. Descripción General del Software Energy Plus.

Energy Plus es un *software* de simulación térmico energético que abarca estructuras arquitectónicas complejas. Es un programa desarrollado por el Departamento Norteamericano de Energía y que ofrece muchos adelantos en cuanto a las capacidades de simulación. Fue desarrollado en la década del 70 y 80 producto de la necesidad generada a partir de la crisis energética norteamericana, por lo que abarca normas y concepto de eficiencia energética en su procesamiento.

Energy Plus es una colección de muchos módulos de programas y presenta muchas de las características heredadas por los programas BLAST y DOE-basados en la descripción por parte del usuario del edificio desde la perspectiva de la constitución física de éste, asociando sistemas mecánicos, eléctricos, etc. Energy Plus calcula las cargas de calefacción y enfriamiento necesarias para mantener temperaturas adecuadas en los recintos a climatizar con el objeto de poder ajustar los termostatos para un buen control térmico, además calcula el consumo energético de los equipos

eléctricos asociados al edificio, así como también otros detalles dentro la simulación que aseguran un buen funcionamiento de la simulación del edificio para comparar con el comportamiento real del mismo.

A continuación se listan algunas de las características de Energy Plus. Si bien esta lista no es exhaustiva, se pretende dar una idea de la fortaleza y aplicación de Energy Plus a varias situaciones de simulación.

- Solución integrada y simultánea, donde la respuesta del edificio y los sistemas están fuertemente acoplados (la iteración se realiza cuando es necesario)
- El usuario puede definir intervalos de tiempo de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 y 60 minutos, para la interacción entre las zonas termales y el ambiente; El tiempo varia para llevar a cabo las interacciones entre las zonas termales y los sistemas HVAC (varía automáticamente para garantizar la estabilidad de la solución)
- Archivos meteorológicos, de entrada y salida en formato texto ASCII y reportes estándar que incluyen condiciones de la simulación en los intervalos de tiempo definidos por el usuario, respectivamente.
- Solución basada en la técnica de balance de calor para cargas térmicas en edificios que permiten el cálculo simultáneo de los efectos de radiación y convección, tanto en la superficie interior y exterior del edificio, en cada intervalo de tiempo.
- La conducción de calor a través de elementos del edificio, tales como paredes, techos, pisos, etc. Usando funciones de transferencia de conducción.
- Un mejor modelo de transferencia de calor de la tierra a través de enlaces para modelos tridimensionales y la simplificación de las técnicas analíticas.
- Modelos de confort térmico basados en la actividad humana, dentro de la temperatura de bulbo seco (*dry bulb*), humedad, etc.
- Cálculos de ventanas (disposición de las ventanas en un edificio) avanzados incluyendo persianas controlables, cristales electro-crómico, realiza balances térmicos capa por capa que permiten la asignación adecuada de la energía solar absorbida por los cristales de las ventanas, además posee una librería de numerosas ventanas disponibles comercialmente.
- Controles de iluminación natural (*Daylighting*) incluyendo cálculos de iluminación interior, control de deslumbramiento, controles de luminarias, y el efecto de la iluminación artificial en la reducción de la calefacción y enfriamiento en los recintos a climatizar.

- Lazo configurable basado en los sistemas de HVAC (convencional y radiante) que permiten a los usuarios un modelo de sistemas típicos y los sistemas ligeramente modificados sin tener que recompilar el código fuente del programa.
- Cálculos de la contaminación atmosférica que predicen CO₂, SO_x, NO_x, CO, partículas, y la producción de hidrocarburos.

1.12. Desventajas del Software Energy Plus.

A continuación se presentan algunas debilidades de Energy Plus:

- Energy Plus no es una interfaz de usuario. Su objetivo es ser el motor de simulación alrededor de los cuales otras interfaces de usuario pueden estar asociadas a él. Los archivos de entrada y salida son de texto ASCII simple que es descifrable, pero es mejor utilizar una GUI (interfaz gráfica de usuario). Este enfoque permite a los diseñadores de interfaces hacer lo que mejor saben hacer; producir herramientas de calidad dirigidos específicamente hacia los mercados individuales.
- Energy Plus no reemplaza a los arquitectos o ingenieros especializados en el diseño. No comprueba entradas, no verifica la aceptabilidad o el rango de diversos parámetros o trata de interpretar los resultados. Si bien muchos programas de interfaz gráfica de usuario ayudan al usuario a afinar y corregir los errores de entrada, Energy Plus aún opera bajo garbage in, garbage out estándar. Ingenieros y arquitectos siempre serán una parte vital en el diseño y el proceso de análisis térmico.[9]

1.13. Interacción con el Software Energy Plus a Partir de Software Estructurales.

El siguiente diagrama muestra cómo los programas estructurales de otros desarrolladores, han sido vinculados a Energy Plus y una gran visión de cómo el trabajo futuro puede repercutir en el programa.

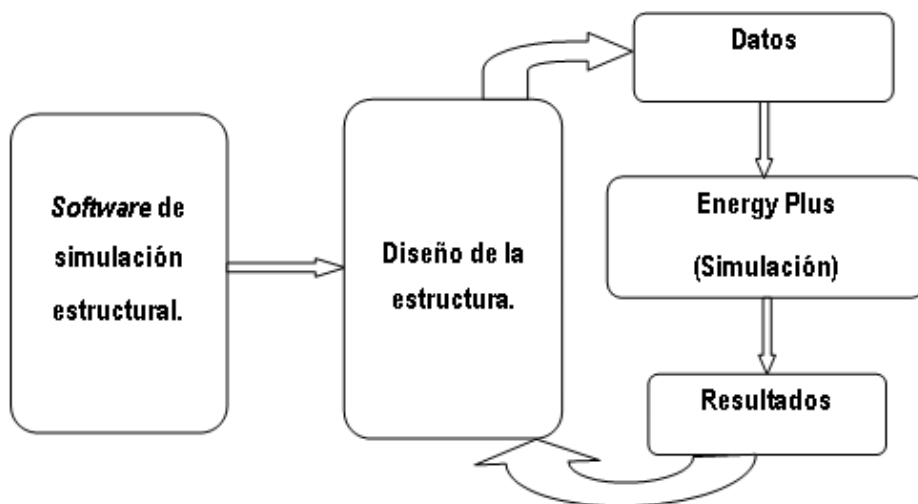


Diagrama 1.1: Representa el trabajo en conjunto de otros software con el Energy Plus.

1.14. Breve Reseña del Hospital “Arnaldo Milián Castro”.

El Hospital Clínico Quirúrgico "Arnaldo Milián Castro" de Santa Clara, es una institución del Sistema Nacional de Salud, que inició sus actividades el 8 de Octubre de 1990 y fue inaugurado el 3 de Diciembre de 1993, el mismo se encarga de brindar asistencia médica, científica y tecnológica altamente calificada, a la provincia de Villa Clara y a gran parte del territorio central, puesto que está equipado con tecnologías de punta y cuenta con un numeroso grupo de especialistas de alto prestigio médico y reconocimiento a nivel nacional. [10]

El mismo está distribuido en tres áreas básicas donde se brindan servicios hospitalarios:

- cuerpo de guardia,
- hospitalización y
- consulta externa;

Atiende una población de 536 mil 580 habitantes [11]. Y para ello cuenta con 18 salones de operaciones y una dotación de 598 camas.

En estos momentos se trabaja para abrir cuatro nuevas salas, para las especialidades de: hemodiálisis, angiología, urología y geriatría, con el objetivo de aumentar la capacidad y calidad de los servicios brindados.

Capítulo II: Caracterización de la Metodología Para Usar el Energy Plus en la Zonificación de Edificios.

2.1. Introducción.

En este capítulo se realiza un estudio sobre la zonificación de edificaciones, además se muestra como se caracteriza la metodología de dicha zonificación mediante un ejemplo con el uso del Energy Plus, para su posterior empleo en el Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara.

2.2. Zonificación de Edificios.

La zonificación no es más que una medida que se toma para determinar las zonas con cargas térmicas parecidas para hacer más fácil el trabajo con el *software*.

2.3. Zona del Edificio

Una “Superficie” del edificio es el elemento fundamental en el modelado del mismo. En forma general, hay dos tipos de “Superficie” en Energy Plus, estas son:

1. Las superficies de transferencia de calor
2. Las superficies de almacenamiento de calor

La primera regla del modelado del edificio es, “Siempre definir una superficie como una superficie de almacenamiento de calor a menos que se deba definir como una superficie de transferencia de calor”. Cualquier superficie que separa espacios a temperaturas significativamente diferentes, debe definirse como una superficie de transferencia de calor. Así, las superficies exteriores, tales como las paredes exteriores, techos y pisos, son superficies de transferencia de calor. Superficies interiores (tabiques o divisiones) son superficies de almacenamiento de calor, si mantienen espacios separados a la misma temperatura y superficies de transferencia de calor si mantienen espacios separados a diferente temperatura. Una discusión de cómo definir superficies de transferencia de calor y almacenamiento de calor se explicará en los pasos posteriores. Para la identificación correcta de “Zona” del edificio es necesario solo distinguir entre los dos.

Un concepto de “Zona” es uno térmico, no geométrico. Una “Zona” es un volumen de aire a una temperatura uniforme, es decir que las temperaturas son idénticas en todos los puntos de la superficie, además de todas las superficies de transferencia de calor y almacenamiento de calor que limitan o están en el interior de ese volumen de aire.

zona del Centro de estudio para adultos (Figura 2.2) no será significativamente diferente de la carga total del edificio calculada utilizando un modelo más detallado. La distribución de la carga dentro del edificio no puede ser estimada con el modelo simplificado del edificio, pero su magnitud puede ser rápidamente estimada usando un modelo muy simple.

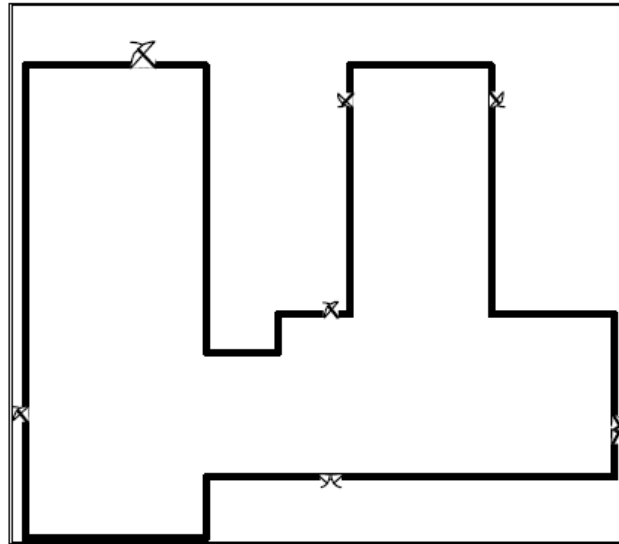


Figura 2.2: Zonificación simple del ejemplo (Centro de Estudio para Adultos).

2.3.2. Concepto 2 Zonificación Detallada

Un modelo más detallado permitirá determinar con más precisión la distribución real de las cargas y la energía dentro del edificio. En un modelo más detallado del edificio ejemplo (Centro de estudio para adultos), ver figura 2.3, se identificaron siete zonas, estas fueron seleccionadas por los sistemas de aire acondicionado que le suministran ventilación a cada zona, así como también la radiación solar que incide en cada nivel del edificio.

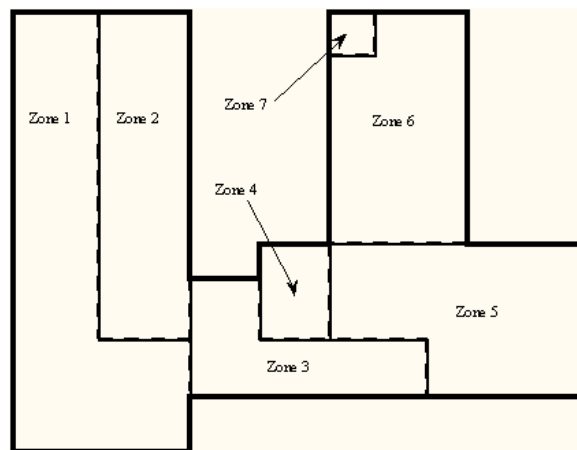


Figura 2.3: Zonificación detallada del ejemplo (Centro de Estudio para Adultos).

En esta figura se muestran las distintas zonas que componen el edificio según las condiciones climatológicas de las mismas, es decir que el clima de los locales que componen cada zona sea el mismo.

2.4. Pasos Para la Construcción del Edificio.

Trabajando desde los planos y siguiendo las instrucciones en el epígrafe 2.2, las zonas del edificio fueron determinadas y las dimensiones de la superficie deben ser incluidas en el dibujo, además información adicional de la geometría y superficies es requerida antes de la descripción del archivo de entrada del edificio, para poder ser construido.

Específicamente en el modelo del edificio se debe:

1. Determinar las superficies de transferencia de calor y almacenamiento de calor.
2. Definir superficies equivalentes.
3. Especificar las superficies y sub-superficies (ventanas, puertas, etc.), construcción y materiales del edificio.
4. Recopilar información de superficies y sub-superficies.

2.4.1. Determinación de las Superficies de Transferencia y Almacenamiento de Calor.

Las superficies de los edificios pueden estar descritas en cualquier orden; agruparlas por zonas puede ayudar a leer de mejor manera el archivo de entrada. Las especificaciones en la descripción de las superficies ayudan a clasificar en categorías las de transferencia y almacenamiento de calor, así como también identifican la información de la construcción de las mismas.

Los tipos de superficie permisible se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 2.1 Tipos de superficies y aplicación.

Tipo de Superficies	Aplicación
Building Surface: Detailed	Paredes, Techos, Falso techo, Pisos
Fenestration Surface: Detailed	Ventanas, Puertas
Internal Mass	Masas Internas de una Zona
Shading: Site: Detailed	Dispositivos de sombreado externo a la fachada del edificio (otros edificios, árboles, etc.)
Shading: Zone: Detailed	Dispositivos de sombreado conectados al edificio (voladizos o aletas)

Hay que hacer notar que las sub-superficies (ventanas y puertas) definidas sobre las superficies bases, van a heredar las propiedades de las superficies bases que se incluyen en la lista de arriba.

Las superficies que se especifican “*themselves* (a ellas mismas)” como la condición exterior en

el límite son falsos techo, pisos y tabiques que dividen los espacios para el control de la temperatura. El programa asume que las temperaturas de la superficie en ambos lados de la superficie son la misma. Esto significa que si bien el calor puede almacenarse adentro de un tabique, cielo falso, o piso, ningún calor fluye a través de ellos.

A continuación se detallan ejemplos para la definición de superficies de transferencia de calor:

Superficies de Transferencia de Calor expuestas al ambiente exterior, tales como paredes exteriores, techos y pisos expuestos al sol.

```

! BuildingSurface:Detailed,
!   Zn001:wall005,           !- Name
!   wall,                   !- Surface Type
!   Medium Exterior wall,   !- Construction Name
!   Full Building - 1 Zone, !- Zone Name
!   Outdoors,              !- Outside Boundary Condition
!   ,                      !- Outside Boundary Condition object
!   SunExposed,            !- Sun Exposure
!   windExposed,          !- Wind Exposure
!   0.5000000,            !- View Factor to Ground
!   4,                    !- Number of Vertices
!   49.68240,             !- Vertex 1 X-coordinate {m}
!   18.07464,             !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
!   3.048000,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
!   49.68240,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
!   18.07464,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
!   39.31920,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
!   18.07464,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
!   39.31920,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
!   18.07464,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
!   3.048000;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}
!

```

Figura 2.4: Superficies de transferencia de calor expuestas al ambiente exterior.

Superficies tales como paredes de los sótanos y pisos que separan el espacio de la tierra que rodea a las superficies. Por lo tanto, las temperaturas exteriores de la superficie se convierten en las temperaturas de la tierra (suelo).

Superficies de Transferencia de Calor en contacto con la tierra (suelo), tales como paredes del sótano o pisos, por lo general pisos del primer nivel del edificio.

```

AdultEducationCenter - Notepad
File Edit Format View Help
!Equivalent area floor
! BuildingSurface:Detailed,
!   Zn001:Flr001,           !- Name
!   Floor,                 !- Surface Type
!   Floor,                 !- Construction Name
!   Full Building - 1 Zone, !- Zone Name
!   Surface,               !- Outside Boundary Condition
!   Zn001:Flr001,         !- Outside Boundary Condition object
!   NoSun,                 !- Sun Exposure
!   Nowind,                !- Wind Exposure
!   1.000000,             !- View Factor to Ground
!   4,                     !- Number of Vertices
!   35.35680,             !- Vertex 1 X-coordinate {m}
!   0,                     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
!   0,                     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
!   0,                     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
!   0,                     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
!   0,                     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
!   0,                     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
!   35.35680,             !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
!   0,                     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
!   35.35680,             !- Vertex 4 X-coordinate {m}
!   35.35680,             !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
!   0;                     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

```

Figura 2.5: Superficies de transferencia de calor en contacto con la tierra.

Superficies de Transferencia de Calor expuestas para otra Zona, tales como paredes de interzona, falsos techo o pisos:

```

AdultEducationCenter - Notepad
File Edit Format View Help
! BuildingSurface:Detailed,
!   Zn001:wall014,        !- Name
!   wall,                 !- Surface Type
!   Interior wall,       !- Construction Name
!   Building - 1 Zone,   !- Zone Name
!   outdoors,            !- Outside Boundary Condition
!   ,                     !- Outside Boundary Condition object
!   NoSun,               !- Sun Exposure
!   Nowind,              !- Wind Exposure
!   0.5000000,           !- View Factor to Ground
!   4,                   !- Number of Vertices
!   0,                   !- Vertex 1 X-coordinate {m}
!   37.97808,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
!   3.048000,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 2 X-coordinate {m}
!   37.97808,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 3 X-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 4 X-coordinate {m}
!   0,                   !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
!   3.048000;            !- Vertex 4 Z-coordinate {m}
!

```

Figura 2.6: Superficies de transferencia de calor en contacto con otra zona.

2.4.2. Definición de Superficies Equivalentes.

Cuando el edificio fue zonificado, el objetivo fue definir pocas zonas como sea posible. Ahora se ampliara este objetivo para incluir en la definición de las zonas, pocas superficies como sea posible, sin comprometer de manera significativa la integridad de la simulación. Por lo que se reduce el número y la complejidad de las superficies en el archivo de entrada mediante la definición de superficies equivalentes.

Antes de empezar con las superficies equivalentes, es conveniente tomar el concepto de una zona termal, un vez más. Energy Plus realiza balances de calor en la zona de las superficies individuales y en el aire de la zona. Para el propósito de realizar los cálculos de transferencia de calor, una representación geométrica correcta de las superficies de la zona no es requerida. Mientras el programa sabe a cuál zona termal (masa de aire) de cada superficie de transferencia de calor, calculará todo el balance de calor correctamente. Por ejemplo, todas las superficies de almacenamiento de calor de la misma construcción dentro de una zona pueden ser definidas como una superficie rectangular única. El tamaño de esta superficie equivalente será igual a la suma de todas las áreas de todas las superficies de almacenamiento de calor en la zona.

A continuación se describen unas reglas sencillas para comprender la importancia de las superficies equivalentes y cómo estas superficies pueden ser utilizadas. Hay que recordar que estos son los lineamientos para la simplificación opcional de entrada. Cada simplificación debe ser evaluada para determinar si significativamente impactaría con ciertas protecciones contra la luz o sombra (*shading*), ganancias solares interiores, o las características de iluminación natural (*day lighting*). El objetivo es buscar un nivel de detalle suficiente para captar las principales características de la envolvente del edificio, sin tener que gastar mucho tiempo describiendo y calculando resultados para los detalles que son insignificantes.

1. Definir todos los techos y pisos como rectángulos, independientemente de la forma de la zona. Cada zona puede tener un techo rectangular y un piso rectangular de una construcción determinada.
2. Defina todas las superficies de almacenamiento de calor de la misma construcción dentro de una zona como una sola superficie. El tamaño de la superficie sola o única se obtiene sumando las áreas de la superficie individual expuestas para la zona. Así, si una partición está completamente dentro de una zona (ambos lados de la partición están al descubierto o expuestos para la zona), entonces el área de cada lado debe agregarse al área de la superficie

equivalente. Por otra parte, si la partición separa dos zonas, entonces el área de un solo lado debería agregarse a la superficie equivalente.

3. Combinar todas las ventanas en una superficie exterior dada en una sola ventana. Usualmente cada superficie exterior debería tener una sola ventana de cada tipo. Voladizos u otros dispositivos de sombreado pueden requerir que más ventanas estén especificadas o combinadas conjuntamente. Usando la construcción *Window Material: Glazing* para ventanas y puertas de cristal, que serán correctamente modelados en Energy Plus con la transferencia de la luz solar en la zona.

Las superficies de almacenamiento de calor se pueden declarar de mejor manera como masas internas (Ver figura 2.7) donde se toma el área de cada lado de la superficie y se incluye en la zona a la cual pertenece, ya sea las áreas de ambos lados para la misma zona o una área de un lado en una zona y la otra área del otro lado a la otra zona.

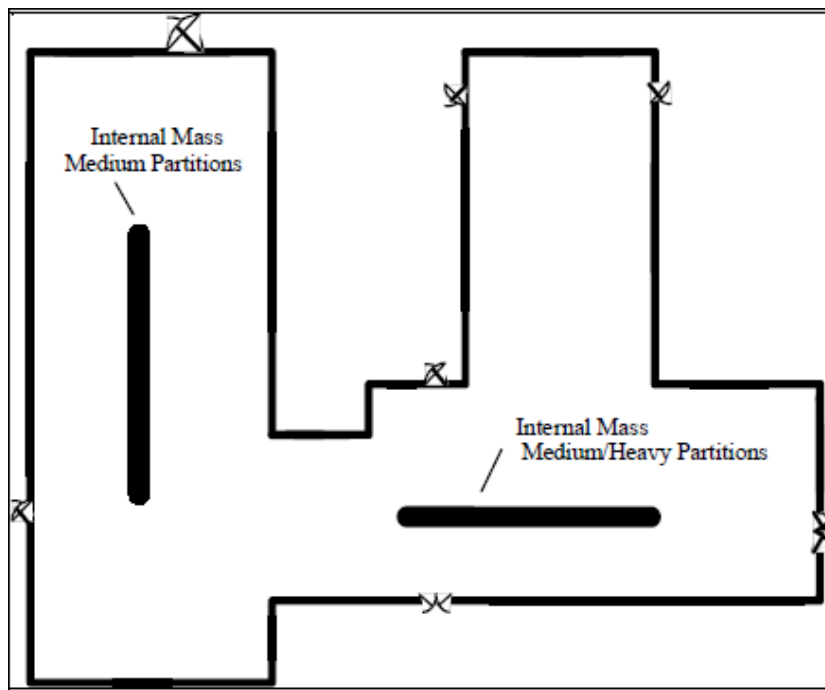


Figura 2.7: Masa interna del ejemplo (Centro de Estudio para Adultos).

La declaración de cada masa interna se muestra a continuación para una parte del Centro de Estudio para Adultos.

```

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: INTERNALMASS =====
InternalMass,
  Zn001:IntM001,           !- Name
  Medium Partitions,      !- Construction Name
  Full Building - 1 Zone, !- Zone Name
  956.9014;               !- Surface Area {m2}

InternalMass,
  Zn001:IntM002,         !- Name
  Medium/Heavy Partitions, !- Construction Name
  Full Building - 1 Zone, !- Zone Name
  1757.725;              !- Surface Area {m2}

```

Figura 2.8: Masa interna del ejemplo (Centro de estudio para adultos).

2.4.3. Especificación de los Elementos de la construcción del Edificio

BLAST, DOE-2 y otros programas a menudo tienen "librerías" de los materiales de construcción, los horarios para la programación de sistemas *HVAC*, luminarias, equipo eléctrico y otros aspectos de la simulación de edificios. En Energy Plus, hay un conjunto especial de archivos en la carpeta *Data Sets* que representan muchas facetas de la simulación de edificios. Los *Data Sets* son usualmente archivos IDF. Para construcciones, se utilizan los lineamientos del *ASHRAE Handbook of Fundamentals* (2005), el archivo *ASHRAE _ 2005 _ HOF _ Materials.idf* contiene materiales y construcciones de los Capítulos 25 y 30. El Capítulo 30 discute las cargas de calefacción y enfriamiento, incluye construcciones para edificios ligeros, medianos y de gran peso, estas construcciones son representadas en el archivo *Data Sets*.

2.4.4. Recopilación de la Información de Superficies y Sub-Superficies

Información de la Zona:

1. Altura de la pared: En un modelo simple, uno debe hacer todas las paredes de la misma altura. Entonces, el modelo simple, de una zona puede incluir todo el espacio. En los modelos más complejos, puede cambiar el tamaño de cada pared consecuentemente.

Información de la Superficie:

1. Tipo de Superficie Base: Las superficies de transferencia de calor y almacenamiento de calor puede ser de los siguientes tipos: pared, piso, techo, masa interna, o sub-superficie
2. Construcción: El tipo de construcción de la superficie (véase la tabla anterior).

Información de las Sub - Superficie:

1. Las sub-superficies son ventanas, puertas o puertas de cristal (*Glass Doors*)
2. Área: Área de la sub-superficie.

La siguiente figura (Figura 2.9) es una representación esquemática del modelado de cada zona. La figura muestra la longitud de todas las superficies base (paredes) y las áreas de todas las "sub-superficies" (ventanas y puertas).

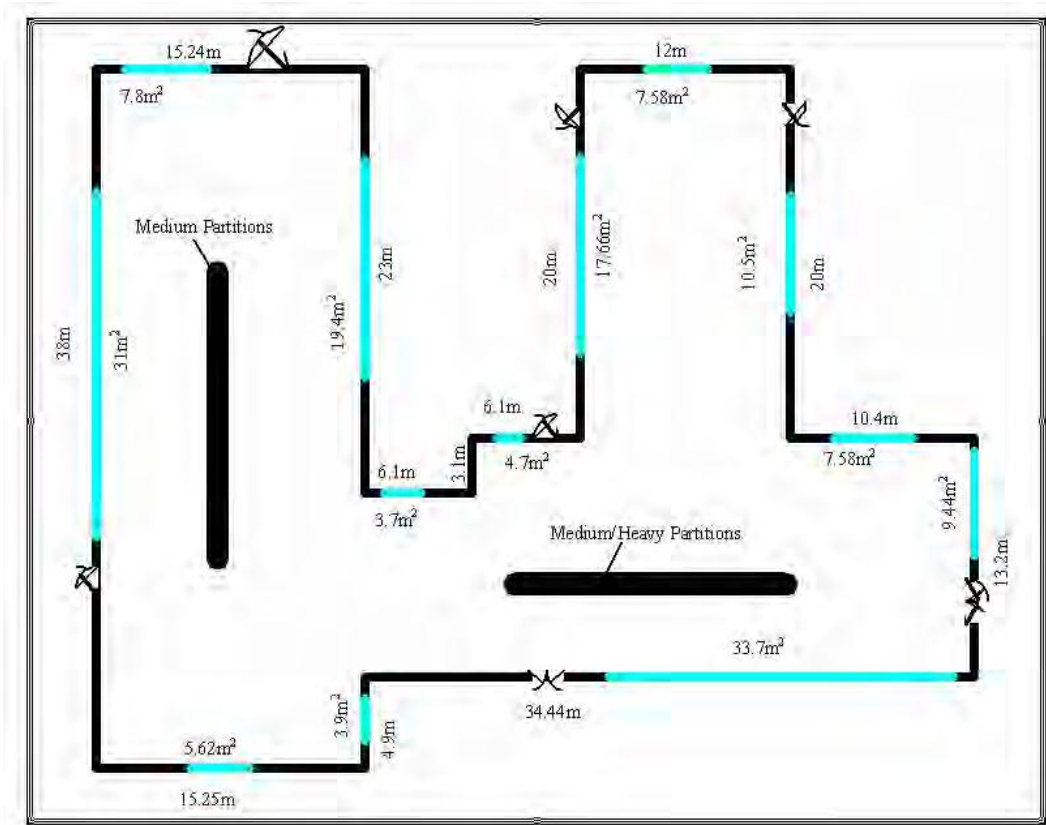


Figura 2.9: Longitudes de las paredes exteriores y áreas de las puertas y ventanas (Centro de estudio para adultos).

2.5. Procedimiento Para la Zonificación del Hospital Arnaldo Milián Castro de Santa Clara con el Energy Plus.

En el Hospital solo se zonificaron las superficies que presentan clima centralizado debido a que en este trabajo se pretende realizar entre otros aspectos un estudio del mismo. El hospital cuenta con aproximadamente 300 locales, de estos se obtuvieron siete zonas que conforman el clima central, hay que destacar que en estas zonas no están presentes todas los locales que componen la edificación.

Teniendo definidos los materiales, construcciones y datos preliminares del edificio, es necesario ahora definir la geometría del mismo, debido al sistema de entradas, este grupo es uno de los más complejos y extensos, es muy fácil generar un error fatal al momento de la simulación.

Dentro de la familia o grupo *Thermal Zones and Surfaces* (Zona Térmica y Superficies), se desplaza hasta *Global Geometry Rules* (Dirigir la Geometría Global) donde se deberá explicar en detalle la descripción de los parámetros geométricos para que posteriormente lo utilice Energy Plus.

Field	Units	Obj1
Starting Vertex Position		LowerLeftCorner
Vertex Entry Direction		Counterclockwise
Coordinate System		Absolute
Daylighting Reference Point Coordinate System		
Rectangular Surface Coordinate System		

Figura 2.10: Global Geometry Rules IDF Editor.

Con el fin de realizar los cálculos de sombreados, la construcción de las superficies debe ser especificada. Energy Plus utiliza un sistema de coordenadas cartesianas para la especificación de la superficie de vértices en tres dimensiones (3D). Este sistema de coordenadas tiene a la derecha el eje “X” dirigido hacia el Este, el eje “Y” hacia el Norte y el eje “Z” hacia arriba. La siguiente figura muestra lo explicado anteriormente:

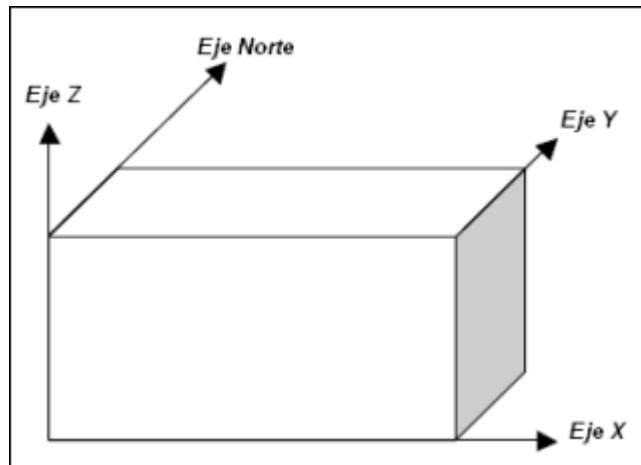


Figura 2.11: Sistemas de coordenadas IDF Editor.

A continuación se muestra una vista superior del Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara representando una zonificación simple, además de una representación del diseño del primer piso del mismo para que se tenga una idea de la complejidad de su estructura.

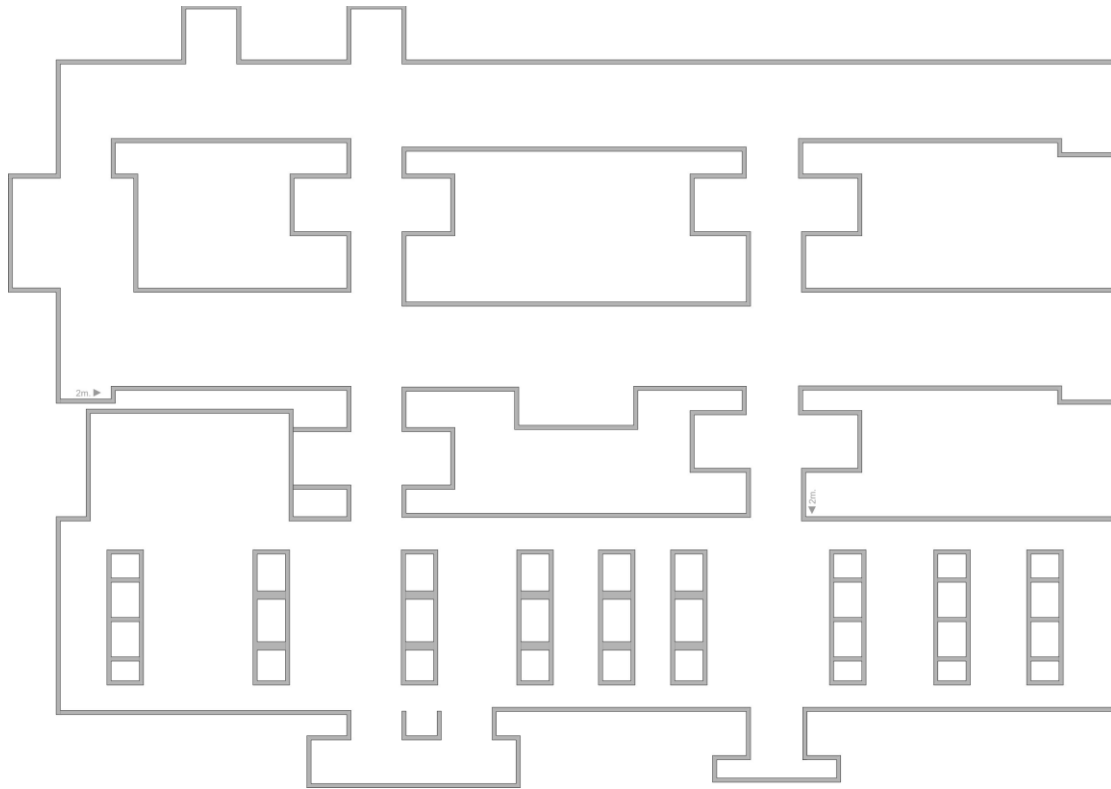


Figura 2.12: Zonificación simple del Hospital Arnaldo Milián Castro de Santa Clara.



Figura 2.13 a: Distribución de los locales del primer piso del Hospital Arnaldo Milián Castro.



Figura 2.13 b: Distribución de los locales del primer piso del Hospital Arnaldo Milián Castro.

En las tablas siguientes se muestran algunos de los locales que componen este piso incluyendo su área y dimensiones:

Tabla 2.2 Locales del área de la dirección.

N ^{ro}	Área de la Dirección	Largo		Ancho		área
1	Local Oficina del Jefe Atención al grave	3.90	x	3.50	=	13.65
2	Local Oficina Secretaria JAG y Enfermería.	3.90	x	3.50	=	13.65
3	Local Oficina S/D Enfermería	3.90	x	3.50	=	13.65
4	Local Oficina S/D Clínico	3.90	x	3.50	=	13.65
5	Local Oficina Secretaria S/D C y Q.	3.90	x	3.50	=	13.65
6	Local Oficina S/D Quirúrgico	3.90	x	3.50	=	13.65
7	Local Oficina Directora General	3.90	x	4.25	=	16.58
8	Local Oficina Secretaría Directora	3.90	x	2.45	=	9.56
9	Local Salón de Reuniones Dirección	5.00	x	5.70	=	28.50
10	Local Oficina Director Administrativo	3.80	x	2.80	=	10.64
11	Local Oficina Secretaría Director Aditivo	3.80	x	2.80	=	10.64
12	Local Oficina S/D Asistencia Medica	3.80	x	2.80	=	10.64
13	Local Centro Telefónico	5.00	x	9.00	=	45.00
14	Local de estar Centro Telefónico	3.20	x	7.90	=	25.28
15	Local Oficina jefe Centro Telefónico	2.30	x	2.40	=	5.52
16	Local Oficina de Cuadro y Defensa	3.25	x	4.30	=	13.98

17	Local Baños de Mujeres	3.00	x	2.60	=	7.80
18	Local Baño de Hombres	3.00	x	2.60	=	7.80
19	Local Docencia Oficina No 1	7.78	x	3.30	=	25.67
20	Local Docencia Oficina No 2	7.78	x	3.30	=	25.67
21	Local Docencia Oficina No3	7.78	x	4.10	=	31.90
22	Local Pantry Dirección	3.80	x	3.10	=	11.78
23	Local Comedor Pantry Dirección	3.80	x	4.20	=	15.96
24	Local Oficina Contabilidad No-1	5.90	x	3.20	=	18.88
25	Local Oficina Contabilidad N0-2	5.90	x	3.20	=	18.88
26	Local Oficina Jefe Contabilidad No-3	5.90	x	3.20	=	18.88
27	Local Caja de Pago de Contabilidad	3.20	x	3.80	=	12.16
28	Local Oficina Contabilidad No- 4	3.20	x	5.95	=	19.04
29	Local Oficina Contabilidad No 5	3.20	x	4.00	=	12.80
30	Local Oficina Planificadora del centro	3.20	x	2.60	=	8.32
31	Local Oficina Ensayos Clínicos	2.30	x	5.90	=	13.57
32	Local Oficina Jefe Seguridad, y Protección	2.25	x	6.00	=	13.50
33	Local Sala de Historia	3.30	x	6.00	=	19.80
34	Local Teatro del centro	12.30	x	25.00	=	307.50
35	Local Lobby del Teatro	10.00	x	6.00	=	60.00
36	Local Lobby del Centro	30.00	x	10.00	=	300.00
	Total					1208.14

Tabla 2.3 Locales del área de entrada de acompañante.

	Área de entrada de acompañantes.					
37	Local Oficina Recurso Humano No 1	6,5	x	5,1	=	33,15
38	Local Oficina Jefe Rec. Humano No 2	6,5	x	2,8	=	18,2
39	Local Oficina Recurso Humano No 3	6,5	x	2,8	=	18,2
40	Local Oficina Jurídico	6,5	x	2,85	=	18,53
41	Local Oficina Docencia Enfermería	6,5	x	2,85	=	18,53
42	Local Puesto de mando	6,5	x	5,8	=	37,7
43	Local Admisión	6,5	x	5,8	=	37,7
44	Local Jefe Puesto de Mando	3,5	x	2,85	=	9,98
45	Local del PCC	3,5	x	9	=	31,5
46	Local Oficina Trabajo Social	3,5	x	2,85	=	9,98
47	Local Oficina Secretaria	3,5	x	2,85	=	9,98
48	Local Oficina UJC	3,5	x	5,8	=	20,3
49	Local Oficina Jefe de área	3,5	x	2,85	=	9,98
50	Local del Baño	3,5	x	2,85	=	9,98
	Total					283,68

Tabla 2.4: Locales del área de Cuerpo de Guardia.

	Área del Cuerpo de Guardia.					
51	Local Salón de espera C/guardia	5,8	x	11,8	=	68,44
52	Local Inyecciones C/guardia	6	x	2,8	=	16,8
53	Local Curaciones C/Guardia	2,4	x	2,8	=	6,72
54	Local Cirugía Menor	2,8	x	3,4	=	9,52
55	Local Consulta Angiología	6,5	x	2,8	=	18,2
56	Local Consulta Urología	6,5	x	2,8	=	18,2
57	Local Consulta ORL.	3,4	x	2,8	=	9,52
58	Local Consulta Ortopedia	6,5	x	7,6	=	49,4
59	Local Laboratorio especialidades	3,5	x	2,8	=	9,8
60	Local Consulta de Máxilo	3,5	x	2,8	=	9,8
61	Local Electro cardiograma	3,5	x	2,8	=	9,8
62	Local área de Revelado	3,5	x	3,6	=	12,6
63	Local Consulta de Cirugía	6,5	x	4,9	=	31,85
64	Local de Rx Cuerpo de Guardia	6,2	x	5,6	=	34,72
65	Local Laboratorio Clínico C/Guardia	3,45	x	5,5	=	18,98
66	Local de Guardar los Sillones de Rueda	3,45	x	2,10	=	7,25
67	Local Salón de Recepción	12,6	x	5,8	=	73,08
68	Local Cuerpo de Guardia de Urgencia	12,6	x	18	=	226,8
	Total					631,47

Tabla 2.5: Locales del área de Observación.

	Área de Observación					
69	Local Oficina Jefe Servicio Generales	6	x	4	=	24
70	Local Internado Medico	12,5	x	24,6	=	307,5
71	Local Sala de Observación	12,5	x	11,9	=	148,75
72	Local Jefe Sector PNR	5,8	x	3,75	=	21,75
73	Local Cafetería	12,4	x	9,2	=	114,08
	Total					616,08

Tabla 2.6: Locales del área del Departamento de Radiología.

	Área del departamento de Radiología.					
74	Local Espera Ultrasonido	7,50	x	3,20	=	24
75	Local ultrasonido No 1	5,8	x	4,9	=	28,42
76	Local Ultrasonido No 2	3,4	x	2,8	=	9,52
77	Local Tomógrafo	3,5	x	2	=	7
78	Local Tomatón	3,5	x	2	=	7

79	Local Oficina Informe	7,3	x	2	=	14,6
80	Local de Equipos Eléctricos	4	x	2,5	=	10
81	Local Resonancia Magnética	5,8	x	4,4	=	25,52
82	Local Oficina Resonancia	5,8	x	2,15	=	12,47
83	Local Oficina Jefe Radiología	3,25	x	2,75	=	8,94
84	Local cuarto Cambio de ropa	5,85	x	2,75	=	16,1
85	Local Recepción	9,8	x	2,65	=	25,97
86	Local Almacén Antiguo Mimógrafo	3,8	x	3,9	=	14,82
87	Local RX No 1	5,75	x	3,9	=	22,43
88	Local RX No 2	5,6	x	4,6	=	25,76
89	Local Oficina Jefe Técnico RX	1,2	x	2,1	=	2,52
90	Local Oto pantógrafo	4	x	3,1	=	12,4
91	Local RX No 3	5,8	x	3,9	=	22,62
92	Local RX No 4	5,80	x	4,90	=	28,42
93	Local Aula de Informe	9,1	x	5,1	=	46,41
94	Local Aula General	13,3	x	6	=	79,8
95	Local Plataforma	2,6	x	24,9	=	64,74
96	Local Cuarto de revelado	7,6	x	2,4	=	18,24
97	Local Enfermería	3,5	x	2,9	=	10,15
98	98- Local Pantry	2,9	x	2,4	=	6,96
99	Local Cuarto Medico	3,1	x	4,2	=	13,02
100	Local Archivo Patológico	4,25	x	3,05	=	12,96
101	Local Cuarto Residentes	6	x	2,4	=	14,4
102	Local Baños	3,1	x	3,1	=	9,61
103	Local Equipo RX	7,7	x	4,4	=	33,88
104	Local Salón Espera RX	5,4	x	3,7	=	19,98
	Total					648,64

Tabla 2.6: Locales del área de Fisioterapia.

	Área de Fisioterapia.					
105	Local Quirifisiología	6,20	x	4,80	=	29,76
106	106-Local Mecauterapia	5,35	x	7,7	=	41,2
107	107-Local Gimnasio	10	x	7,3	=	73
108	108-Local Electroterapia	7,4	x	9,8	=	72,52
109	109-Local Sala de espera	11,8	x	4,9	=	57,82
110	110-Local Diatermia	5,8	x	2,75	=	15,95
111	111-Local Podología	5,8	x	2,75	=	15,95
112	112-Local Teloido terapia	5,8	x	7,7	=	44,66
113	113-Local Medicina Natural	5,8	x	2,8	=	16,24

114	114-Local Consulta Fisioterapia	5,7	x	2,9	=	16,53
115	115-Local Oficina Fisioterapia	4,1	x	2,9	=	11,89
116	116-Local Baños Fisioterapia	5,2	x	4	=	20,8
	Total					416,315

Tabla 2.7: Locales del área de Electro Medicina.

	Área de Electro Medicina					
117	Local consulta trabajadores y baños	5,7	x	2,9	=	16,53
118	Local Trasplante Territorial	6,20	x	2,0	=	14,88
119	Local Venta de Tiques	2,8	x	3,9	=	10,92
120	Local Electro medicina	9,9	x	18	=	178,2
121	Local Oficina Electro medicina	3,3	x	5,7	=	18,81
	Total					239,34

Tabla 2.8: Locales del área de Cocina.

	Área de Cocina					
122	Local Cocina General	7,7	x	18	=	138,6
123	Local área de fregado	11	x	27	=	297
124	Local Almacén de la cocina	6,5	x	11,8	=	76,7
125	Local Área de elaboración	30	x	7,6	=	228
126	Local comedor	11,8	x	23,8	=	280,84
127	Local área de Baños	8,1	x	3,9	=	31,59
128	Local Almacén de víveres	11,9	x	24,3	=	289,17
129	Local Almacén de medicamento	11,9	x	21,3	=	253,47
130	Local Almacén ferretería	7,7	x	11,8	=	90,86
131	Local Lencería	7,70	x	11,80	=	90,86
132	Local Efectos médicos	7,7	x	6	=	46,2
133	Local Oficina Jefe Almacén	3	x	3	=	9
134	Local Reserva Movilizativa	7,7	x	6	=	46,2
	Total					1 878,49

Tabla 2.9: Locales del área de Hemodiálisis.

	Área de Hemodiálisis					
135	Local de espera de los pacientes Hemodiálisis	20	x	6,6	=	132
136	Local Sala Hemodiálisis	35	x	12,4	=	434
137	Local Sala Extranjero	12,6	x	24	=	302,4
138	Local Inversiones	5,8	x	7,4	=	42,92
139	Local Patología	12,6	x	35	=	441

140	Local Medicina Legal	12,6	x	5,9	=	74,34
141	Local Biblioteca	12,6	x	17,9	=	225,54
142	Local Sala Hepatología	12,6	x	19,1	=	240,66
	Total					1 892,86

A continuación se muestran los pasos que se tuvieron en cuenta para realizar la zonificación del primer piso del hospital a modo de ejemplo, debido a que este cuenta con cuatro pisos y se hace muy largo la explicación de todos. (Los resultados obtenidos en el Capítulo IV si corresponden a todos los pisos).

2.5.1. Paso 1 – Zonas.

Zone (zona): En este parámetro se definen los datos preliminares sobre las diferentes zonas de simulación previas a la construcción completa de paredes, ventanas, suelos techos, puertas, etc. Un buen estudio preliminar del edificio y mapeo de zonas térmicas simplificará considerablemente el número y complejidad de las zonas (ver figura 2.14).

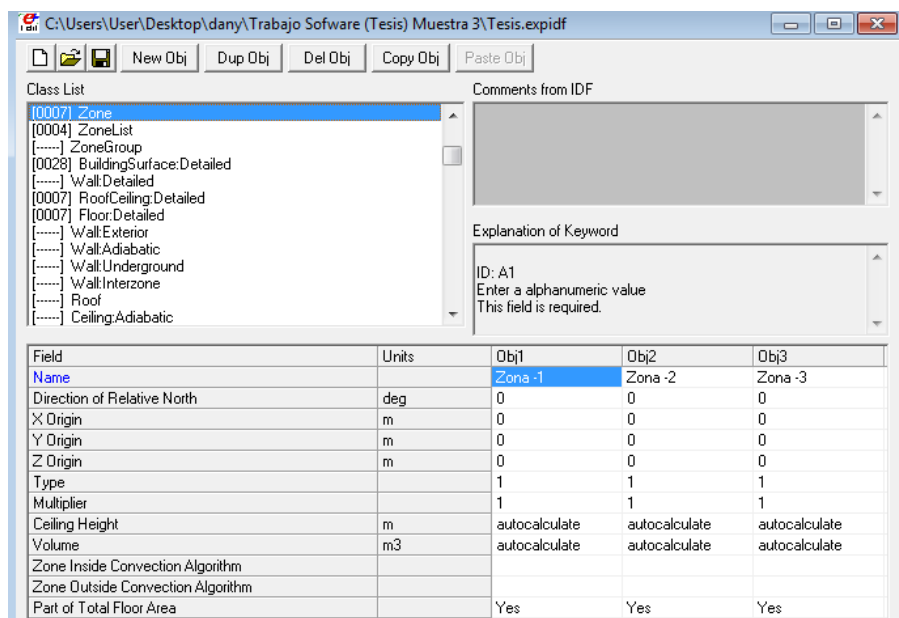


Figura 2.14: Subparámetros que caracterizan las zonas del primer piso.

2.5.2. Paso 2 – Lista de Zonas.

Zone List (Lista de zonas): Esta entrada permite definir "pisos" de un edificio (ver figura 2.15).

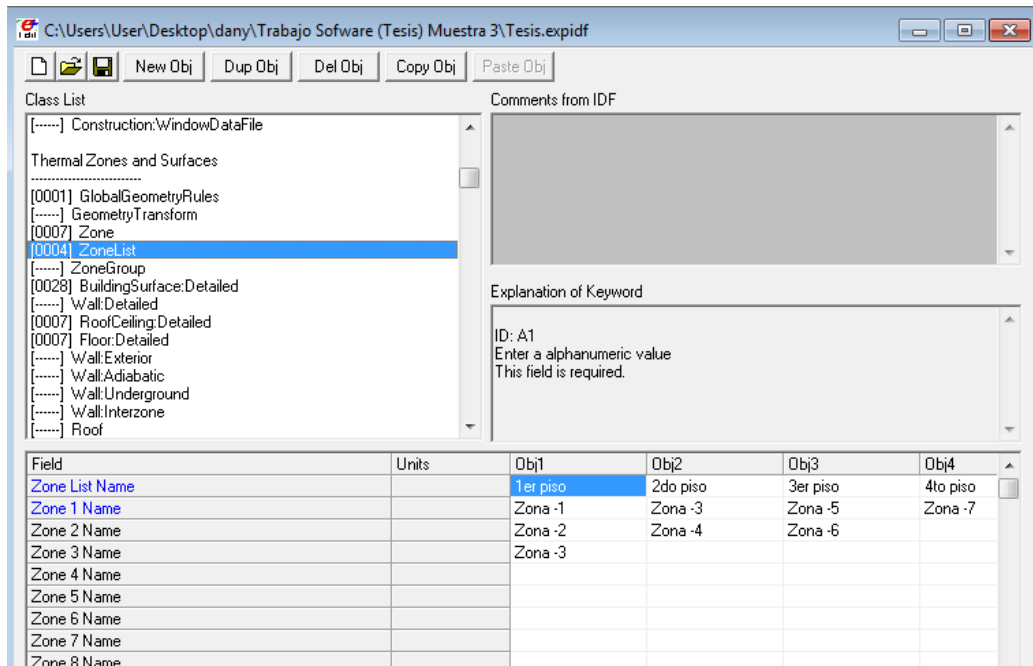


Figura 2.15: Subparámetros que caracterizan las listas de zonas por pisos.

2.5.3. Paso 3 – Crear Superficies Detalladas.

Building Surface: Detailed (Crear Superficie: Detalladas): En este parámetro, se introducirán todas las superficies que tengan transferencia de calor: paredes, techos, suelos, etc. Es necesario introducir todas las superficies del edificio, cada una de estas representará un objeto en el parámetro, por consiguiente este es uno de los parámetros que contendrá un gran número de objetos. Básicamente, para cualquier objeto se tiene que especificar, la construcción, tipo de superficie, ambiente exterior, coordenadas, si estará expuesta al sol o viento y el factor de vista al suelo (ver figuras 2.16 a y b). En estas figuras se muestran la Zona 1 que representa al Teatro Central.

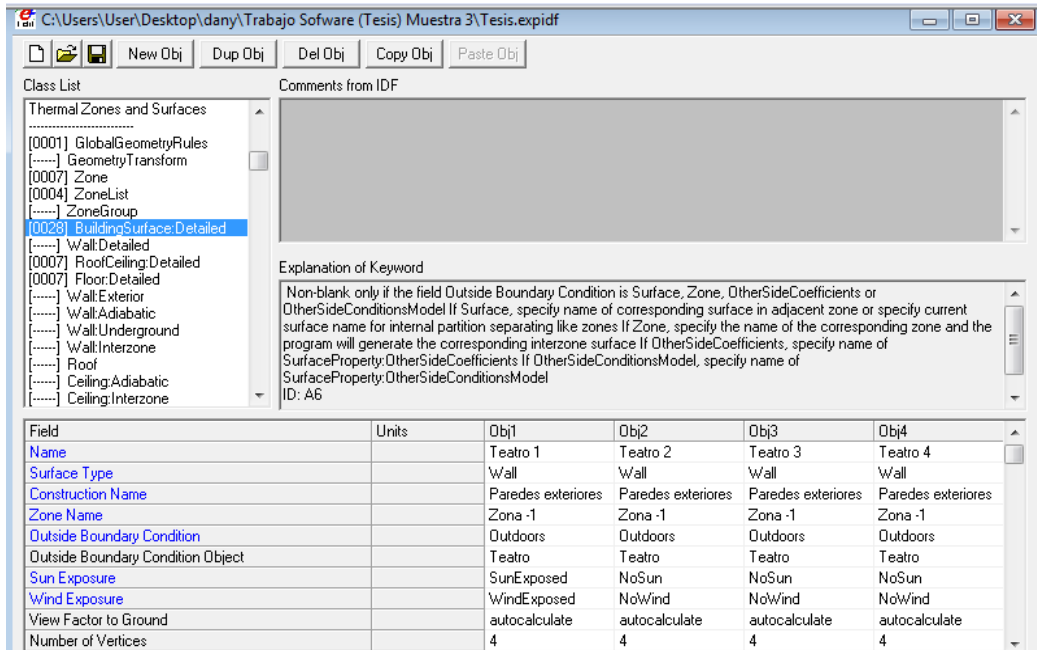


Figura 2.16 a: Subparámetros que se utilizan para crear las superficies detalladas, en este caso el Teatro Central.

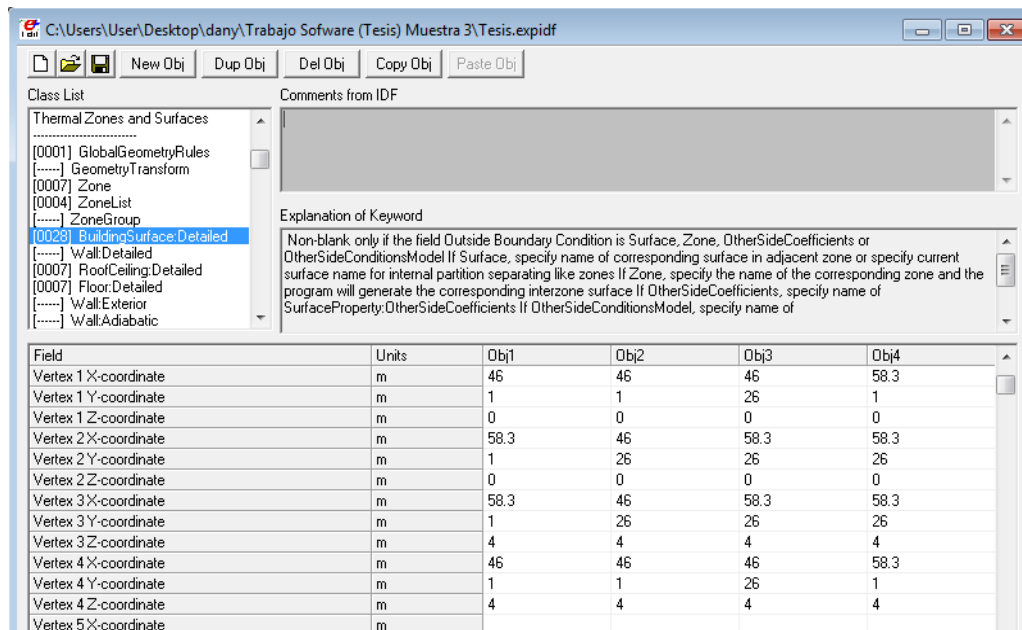


Figura 2.16 b: Subparámetros que representan las coordenadas en que se encuentran los vértices que contiene cada pared del Teatro Central.

2.5.4. Paso 4 – Superficie de las Ventanas y Puertas.

Fenestration Surface (Superficie de las ventanas y puertas): Superficies de transferencia de calor. En el parámetro anterior se revisó y explicó la forma de ingresar datos que definen las

paredes, techos, suelos, etc. Este parámetro servirá al usuario para generar *doors* (puertas), *windows* (ventanas), *glassdoor* (puerta de vidrio), entre otros. Cada puerta, ventana, etc. se definirá como un objeto (ver figuras 2.17 a y b).

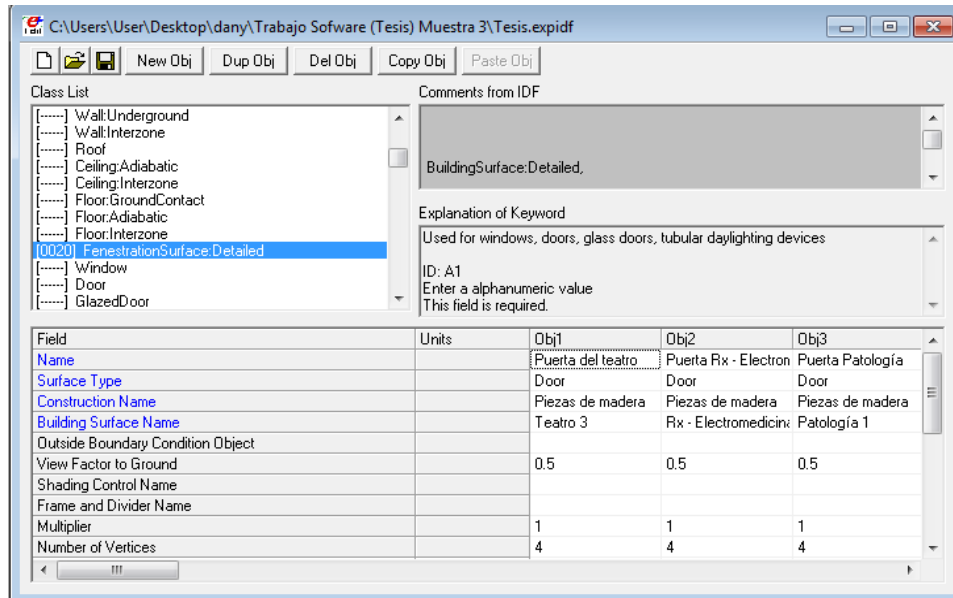


Figura 2.17 a: Subparámetros que se utilizan para crear las puertas y ventanas de la Zona 1.

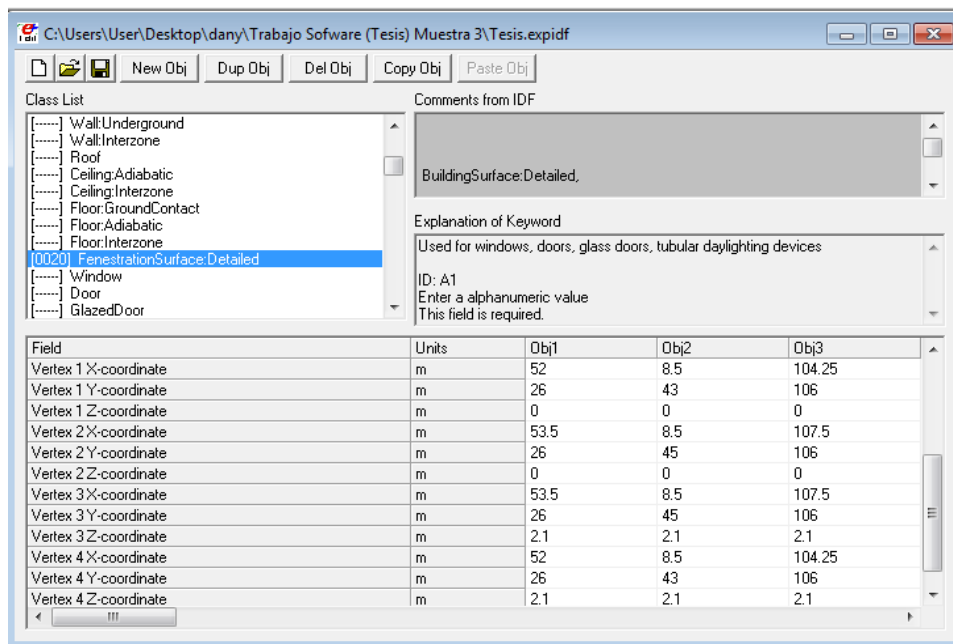


Figura 2.17 b: Subparámetros que representan las coordenadas en que se encuentran los vértices que contiene cada puerta y ventana.

2.5.5. Paso 5 – Superficie: Transferencia de Calor: Masa Interna.

Surface: Heat Transfer: Internal Mass (Superficie: Transferencia de calor: Masa interna): Muchas veces en un edificio se puede encontrar la situación de tener varios cubículos, cuartos, etc. en donde el intercambio de calor es prácticamente despreciable. Por ejemplo, en un edificio de oficinas se pueden tener varias oficinas ordenadas en cubículos que no poseen el mismo ambiente, techo, etc. En este tipo de situaciones, resulta impráctico describir todas estas divisiones como objetos de transferencia, para evitar este problema y simplificar la simulación conviene designar todo este espacio como una "masa interna". Para realizar esta operación solo es necesario asignar un nombre, una construcción, un ambiente interior y el área en metros cuadrados (ver figura 2.18).

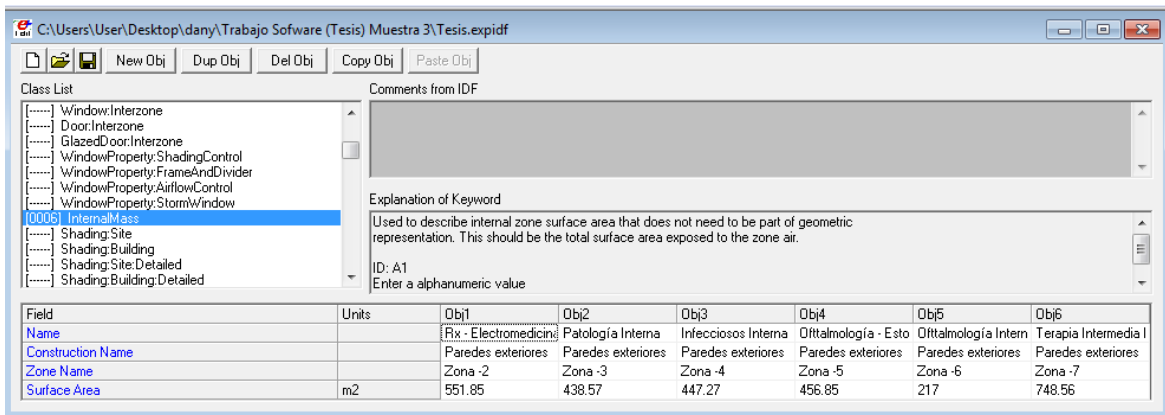


Figura 2.18: Subparámetros que representan las masas interna de cada zona.

Capítulo III: Caracterización de los Sistemas Energéticos del Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara.

3.1. Introducción.

En este capítulo se realiza un estudio del inventario de equipos de climatización del hospital “Arnaldo Milián Castro”, con el objetivo de identificarlos, conocer los datos técnicos y el régimen de trabajo de los mismos, para evaluar el sistema y caracterizarlo.

El sistema de climatización del hospital, está conformado por dos sistemas: uno localizado, compuesto por un conjunto de equipos que se dividen en dos grupos: los acondicionadores de aire de ventana y los acondicionadores de aire (Split) y por un sistema centralizado que funciona bajo el principio (agua–aire), los que se describen más adelante.

El régimen de trabajo del sistema de climatización está determinado por el tiempo de servicio de los locales en los que están instalados, existen locales que trabajan solo la jornada diurna de ocho o doce horas y otros que lo hacen de forma permanente, o sea las veinticuatro horas del día.

3.2. Sistema de Climatización Localizado.

El sistema localizado, no es más que la presencia de un equipo de climatización de aire de ventana o Split, ubicado en el local que se desea climatizar. Este sistema permite satisfacer la demanda de climatización en locales que por razones de construcción o por su apertura posterior al montaje del sistema centralizado, no se les pudo brindar dicho servicio.

Los mismos están distribuidos por pisos en las diferentes áreas según las capacidades y necesidades, y compuesto por 137 acondicionadores de aire de ventana y 64 acondicionadores de aire (Split), lo que queda identificado en la Tabla 3.1. [12]

Tabla 3.1: Equipos del sistema de climatización localizado.

Pisos	Equipos	Cant. de equipos	Funcionando	Capacidad de frío (BTU/h)	Capacidad de frío (kW)	Potencia instalada (kW)	Consumo diario (kWh/día)
1ro	Acondicionadores de aire de ventana	46	46	461 200	135	48	631
	Acondicionadores de aire (Split)	30	30	562 400	165	49	770

2do	Acondicionadores de aire de ventana	50	50	487 900	143	44	497
	Acondicionadores de aire (Split)	13	13	339 600	100	48	763
3ro	Acondicionadores de aire de ventana	38	38	539 300	158	59	837
	Acondicionadores de aire (Split)	19	19	643 275	172	85	1 115
4to	Acondicionadores de aire de ventana	3	3	49 200	14	62	493
	Acondicionadores de aire (Split)	2	2	90 000	26	9	216
Total	Acondicionadores de aire de ventana	137	137	1 537 600	451	213	2 457
	Acondicionadores de aire (Split)	64	64	1 635 275	463	191	2 865
	Total	201	201	3 172 875	913	404	5 322

3.3. Sistema de Climatización Centralizado.

Un sistema de climatización centralizado, permite concentrar la carga de generación de frío o calor según corresponda en un solo lugar, del cual parte el líquido refrigerante o agua después de ser enfriada, hacia los diferentes sistemas intercambiadores de calor, que se encargan de darle al aire la temperatura y humedad necesarias para mantener las condiciones ambientales adecuadas en los locales que requieren la climatización.

Los equipos que integran el sistema de climatización centralizada del hospital “Arnaldo Milián Castro” son los turbocompresores, las bombas de agua, las torres de enfriamiento, las manejadoras de aire y los extractores de aire.

Además, están integrados al sistema un pequeño grupo de equipos, que realizan las mismas funciones del sistema centralizado, pero a menor escala, los cuales fueron instalados y puestos en funcionamiento posterior al montaje del sistema central. [12]

Funcionamiento del Sistema de Climatización Centralizado.

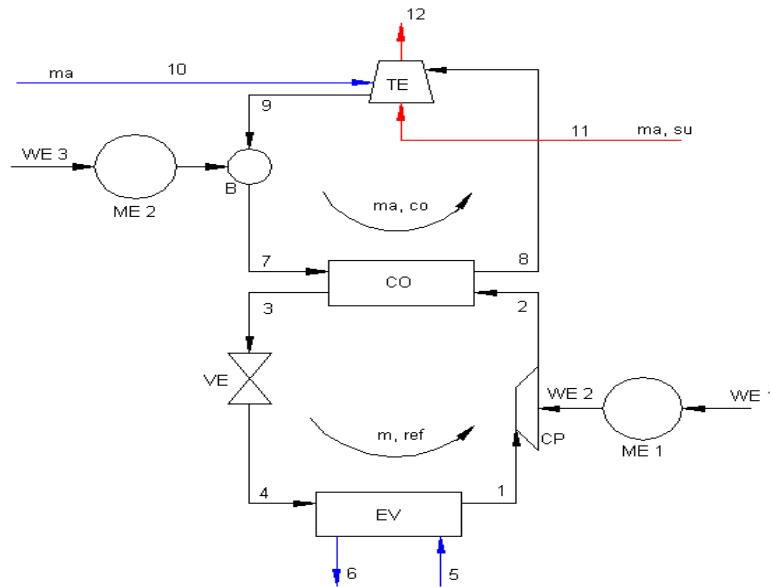
El sistema, basa su funcionamiento en el enfriamiento de agua que es bombeada y distribuida a través de una red de conductos hacia las manejadoras de aire.

El mismo está compuesto por dos turbocompresores, que mediante un evaporador donde se realiza el proceso de intercambio de calor (refrigerante-agua) se enfría el agua hasta temperaturas de (7 a 5 °C), esta agua llamada “helada” es bombeada por tres bombas hasta las manejadoras de aire, estas manejadoras succionan el aire, lo filtran y luego lo pasan por un intercambiador (agua-

aire), se enfría el aire y pasa a través de un filtro absoluto (de alta eficiencia), para disminuir la humedad del mismo y darle las condiciones ambientales necesarias hasta hacerlo llegar finalmente a los diferentes locales.

El sistema cuenta, además, con una serie de equipos accesorios que completan el funcionamiento del mismo, tres bombas de condensado y tres torres de enfriamiento encargadas de enfriar el agua que circula por el condensador para disminuir la temperatura del refrigerante a la salida del turbocompresor.

El sistema funciona las 24 horas del día, o sea, de forma permanente, ya que existen locales que para dar cumplimiento al servicio, demandan la climatización todo este tiempo.



Esquema 3.1: Esquema de la estación de los turbocompresores [13].

Leyenda

ME1 – Motor eléctrico 1

ME2 – Motor eléctrico 2

CP – Compresor

CO – Condensador

VE – Válvula de expansión

EV – Evaporador

TE – Torre de enfriamiento

B – Bomba

W1 – Potencia eléctrica a la entrada al motor eléctrico 1

W2 – Trabajo mecánico a la entrada al compresor

W3 - Potencia eléctrica a la entrada al motor eléctrico 2

- 1, 2, 3 y 4 – Refrigerante
- 5 y 6 – Entrada y salida de agua helada
- 7,8 y 9 – Agua de enfriamiento del condensador
- 10 – Agua de suministro a la torre de enfriamiento
- 11 y 12 –Aire de entrada y salida a la torre de enfriamiento

Equipos del Sistema de Climatización Centralizado.

Tabla 3.2: Estación de turbocompresores. [12]

Equipos	Cantidad	Capacidad de frío (BTU/h)	Capacidad de frío (kW)	Potencia (kW)	Consumo diario (kWh/día)
Turbocompresor viejo	1	1 800 000	527	125	3 000
Turbocompresor nuevo	1	1 800 000	527	140	3 360
Bombas de condensado	4	–	–	60	1 440
Bombas de agua helada	4	–	–	148	3 552
Torres de enfriamiento	3	–	–	15	360
Total	13	3 600 000	1 054	488	11 712

Nota: Son dos turbocompresores viejos, pero uno no está funcionando.

Tabla 3.3: Manejadoras de aire. [14]

Equipos	Cantidad	Carga térmica			Potencia (kW)	Consumo diario (kWh/día)
		(Kcal/h)	TR	kW		
Manejadoras de aire funcionando	17	464 348	110	386	39	931
Manejadoras de aire rotas	43	1 251 264	404	1 351	80	1 930
Total	60	1 715 612	514	1 737	119	2 843

Tabla 3.4: Extractores de aire. [14]

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo diario (kWh/día)
Extractores de aire funcionando	7	1,5	132
Extractores de aire rotos	9	1,85	229
Total	16	3,35	361

Tabla 3.5: Equipos de apoyo.

Equipos	Cantidad	Capacidad de frío (BTU/h)	Capacidad de frío (kW)	Potencia (kW)	Consumo diario (kWh/día)
Consola LG	8	1 261 800	370	129	2 567
Chiller	3	206 404	60	169	2 764
Split Central	8	1 256 000	368	130	2 382
Total	19	2 724 204	798	428	7 714

3.4. Consumo de los Principales Portadores Energéticos de la Instalación en los Años 2010, 2011 y 2012.

En el hospital se identificaron los principales portadores energéticos del período:

- Energía eléctrica
- Fuel-oil
- GLP
- Diesel

En el anexo 6 se enuncian los principales indicadores de la actividad de hospitalización, estos son:

- Promedio de camas disponibles o camas en trabajo.
- Camas o índice ocupacional.
- Índice de letalidad hospitalaria o tasa de mortalidad hospitalaria.

Entre los indicadores que se miden en el hospital y que permiten establecer los parámetros para evaluar el comportamiento del mismo está el de los días-paciente, en el período que se estudia este valor fue de 141 064 según datos recopilados en la oficina de estadística [15].

Cama ocupada o día paciente: Es la permanencia de un paciente hospitalizado ocupando una cama de hospital, durante el período comprendido entre las 0 horas y las 24 horas de un mismo día.

Para calcular indicadores de la actividad hospitalaria de un período se multiplica el número de Camas ocupadas o Días-Pacientes por los días de ese período y así se obtiene el número de días-camas ocupados o Días-Pacientes del período. Si en el mismo día una cama es ocupada por dos pacientes en momentos diferentes, deben considerar dos días-pacientes.

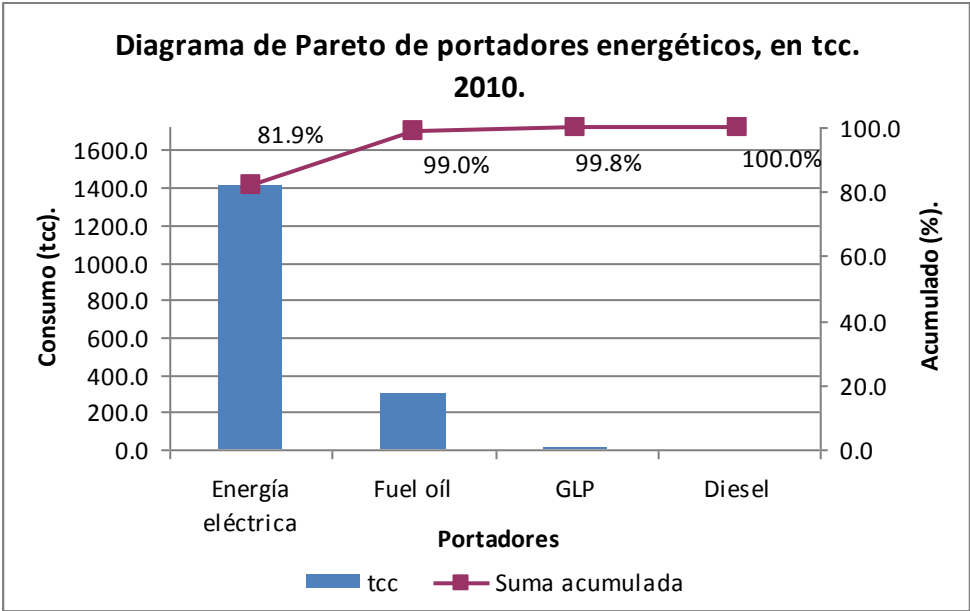
En la tabla 3.6 se muestran un resumen del consumo de estos portadores para el año 2012 y su equivalencia a toneladas de combustible convencional aplicando los factores de conversión que aparecen en el anexo 1, así mismo se calculan algunos índices de consumo en función de los días pacientes.

Para el análisis económico se calcula sobre la base de la relación del peso cubano convertible (CUC) para con el peso cubano (CUP) un tasa de conversión de 1:1, establecido por el MEP, a la vez se comparan estos resultados con los del año 2010 y el 2011.

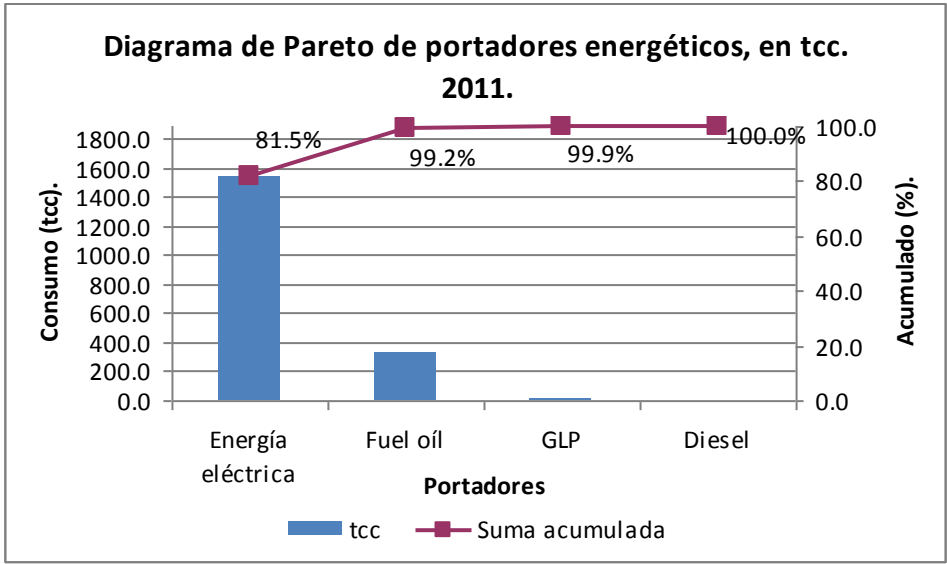
Tabla 3.6: Principales portadores energéticos utilizados en el hospital durante los años 2010, 2011 y 2012.

Principales portadores energéticos utilizados en el hospital	2010		2011		2012		
	Valor	Índice	Valor	Índice	Valor	Índice	Unidad
Energía eléctrica							
kWh	3 854 520	28,71	4 251 679,4	31,35	3 720 673	2,75	kWh/d-p
tcc	1 410,8	10,51	1 535,5	10,77	1 041,79	0,77	Kg/d-p
Costo	474 835	3,52	816 979,08	5,74	24 714,14	0,02	CUC/d-p
Fuel oil							
tcc	294,7	2,24	332,8	2,33	282,84	0,44	kg/d-p
Costo	94 082,52	0,71	106 239,79	0,74	89 394,08	0,14	CUC/d-p
GLP							
tcc	14,4	0,01	12,3	0,01	10,74	0,01	kg/d-p
Costo	9 026	0,07	7 710	0,05	7 844,80	0,06	CUC/d-p
Diesel planta							
tcc	2,8	0,02	2,8	0,02	4,37	0,03	kg/d-p
Costo	959,76	0,01	2 528,35	0,02	1 354,08	0,01	CUC/d-p
TOTALES							
tcc	1 723	12,78	1 883	13,13	1 339	1,25	kg/d-p
Gastos monetarios en energía	578 903	4,31	933 457	6,56	123 307	0,22	CUC/d-p

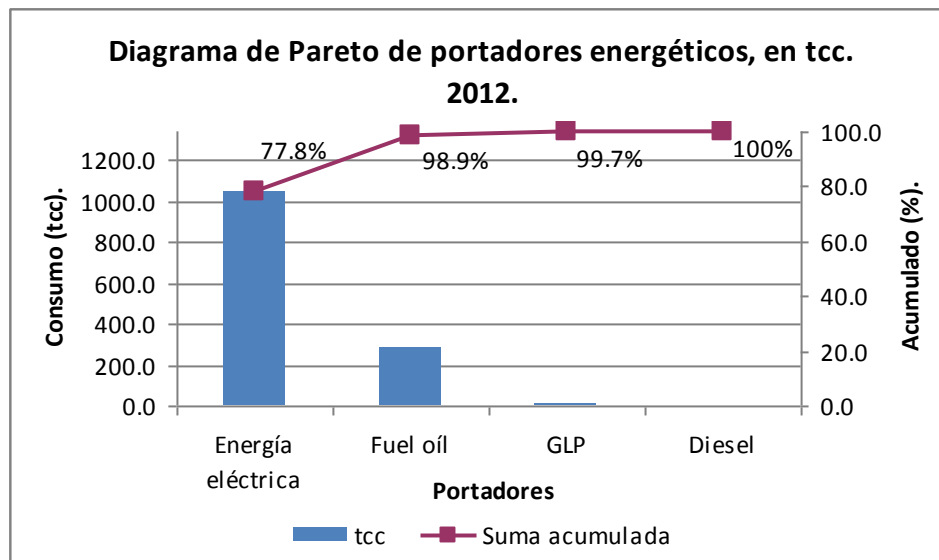
A continuación se mostrará a través de unas gráficas el comportamiento del consumo de los portadores energéticos en tcc durante estos años.



Gráfica 3.1: Diagrama de Pareto de los portadores energéticos en el año 2010.



Gráfica 3.2: Diagrama de Pareto de los portadores energéticos en el año 2011.



Gráfica 3.3: Diagrama de Pareto de los portadores energéticos en el año 2012.

Nota: Utilizando el diagrama de Pareto podemos realizar una gestión energética para llegar a tener un mejor aprovechamiento de la energía, ya que este nos muestra cual es el portador energético que más requiere de nuestra atención, en este caso sigue siendo la energía eléctrica que al igual que en los gráficos anteriores nos dice que es el portador que más se utiliza representando el mismo más del 80 % en el 2010, 2011 y en 2012 representó aproximadamente un 78 %.

3.5. Análisis del Consumo Energético del Sistema de Climatización.

El sistema de climatización del hospital es el principal consumidor de energía eléctrica en la instalación, como se muestra en la Tabla 3.7, la que contiene los datos de consumo de energía eléctrica de los sistemas del hospital en los años 2010 [16], 2011 y 2012.

Tabla 3.7: Consumo energético de los equipos del hospital “Arnaldo Milián Castro” en los años 2010, 2011 y 2012.

Conceptos	Consumo total 2010 (kWh/año)		Consumo total 2011 (kWh/año)		Consumo total 2012 (kWh/año)	
	3 854 520		4 251 679		3 944 027	
	Consumo anual (KWh/año)	Fracción (%)	Consumo anual (KWh/año)	Fracción (%)	Consumo anual (KWh/año)	Fracción (%)
Climatización Centralizada	1 781 417	46,22	1 870 277	43,99	1 860 337	47,17

Climatización no Centralizada	634 652	16,47	974 636	22,92	676 486	17,15
Ascensores	589 096	15,88	589 096	13,86	589 092	14,94
Medios diagnóstico de	453 420	11,76	453 420	10,66	453 420	11,50
Alumbrado interior	195 062	5,06	165 467	3,89	165 467	4,20
Otros	124 208	3,22	124 208	2,92	124 208	3,15
Merenderos	22 648	0,59	22 939	0,54	22 877	0,58
Refrigeración	13 551	0,35	13 551	0,32	13 551	0,34
Equipos oficina de	12 775	0,33	12 532	0,29	12 532	0,32
Lavado	6 818	0,18	6 818	0,16	6 818	0,17
Bombeo de agua	5 916	0,15	5 916	0,14	5 916	0,15
Ventilación industrial	4 928	0,13	5 255	0,12	5 749	0,15
Compresores y bomba de vacío	2 509	0,07	2 509	0,06	2 509	0,06
Bomba de combustible	1 491	0,06	905	0,02	905	0,02
Alumbrado exterior	2 125	0,06	1 250	0,03	1 250	0,03
Esterilización	1 703	0,04	1 703	0,04	1 703	0,04
Cocinar	468	0,01	468	0,01	468	0,01
Mantenimiento	402	0,01	402	0,01	402	0,01
Correo	330	0,01	327	0,01	337	0,01
Total	3 854 520	100	4 251 679	100	3 944 027	100

Se aprecia que el sistema de climatización del hospital representó el **62,68%** del consumo total de energía eléctrica en el 2010, en 2011 fue de un **66,11%** y en el 2012 fue de **64,12%**, el sistema centralizado en particular representó el **46,22%** en el 2010, en el 2011 era de un **45%** y en el 2012 fue de **47,17%**.

En la siguiente tabla 3.8 se muestran los valores del consumo de energía eléctrica, su valor en toneladas de combustible convencional y su costo monetario en los años 2010, 2011 y 2012.

Tabla 3.8: Consumo de energía y costo anual de los años 2010, 2011 y 2012.

Años	Energía Eléctrica (MWh/año)	tcc/año	USD/año
2010	2 416	884,3	561 244
2011	2 845	955,9	606 700
2012	2 537	928,5	589 310

Nota: Para obtener estos resultados se tuvo en cuenta el factor de conversión de **0,366** toneladas de combustible convencional (tcc) por MWh de electricidad al año, a un precio de **634,69 USD/tcc** (ver anexo 1).

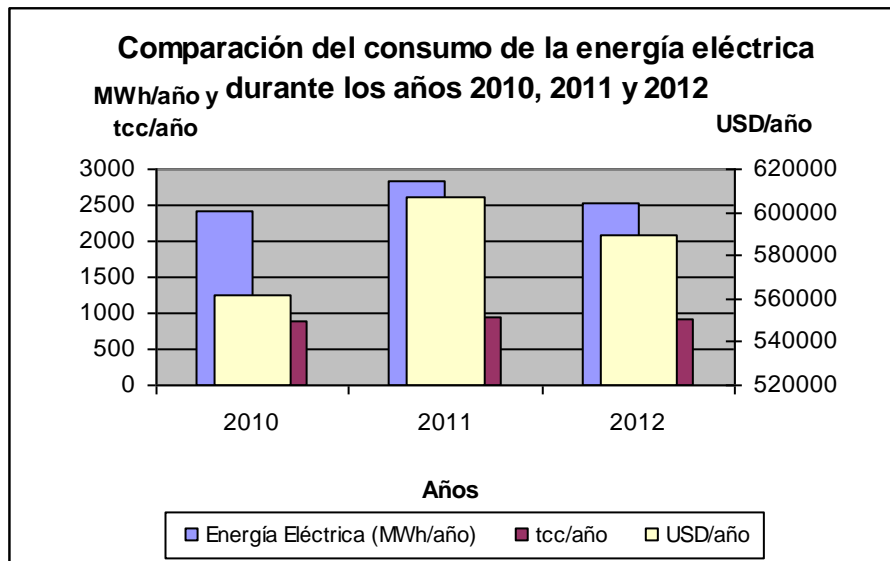


Gráfico 3.4: Comportamiento del consumo de energía durante estos años (2010, 2011 y 2012).

La diferencia de un año a otro se debe a que se instalaron nuevos equipos de climatización en la entidad, además a partir del 2010 se ha ido creando una conciencia de ahorro y aprovechamiento de la energía en la misma, por lo que en el 2012 a pesar de haberse instalado nuevos equipos disminuyó el consumo de energía eléctrica con respecto al 2011.

En el gráfico 3.5 se muestra la comparación del comportamiento del consumo energético de los años 2010, 2011 y 2012 (Ver anexos 2,3 y 4).

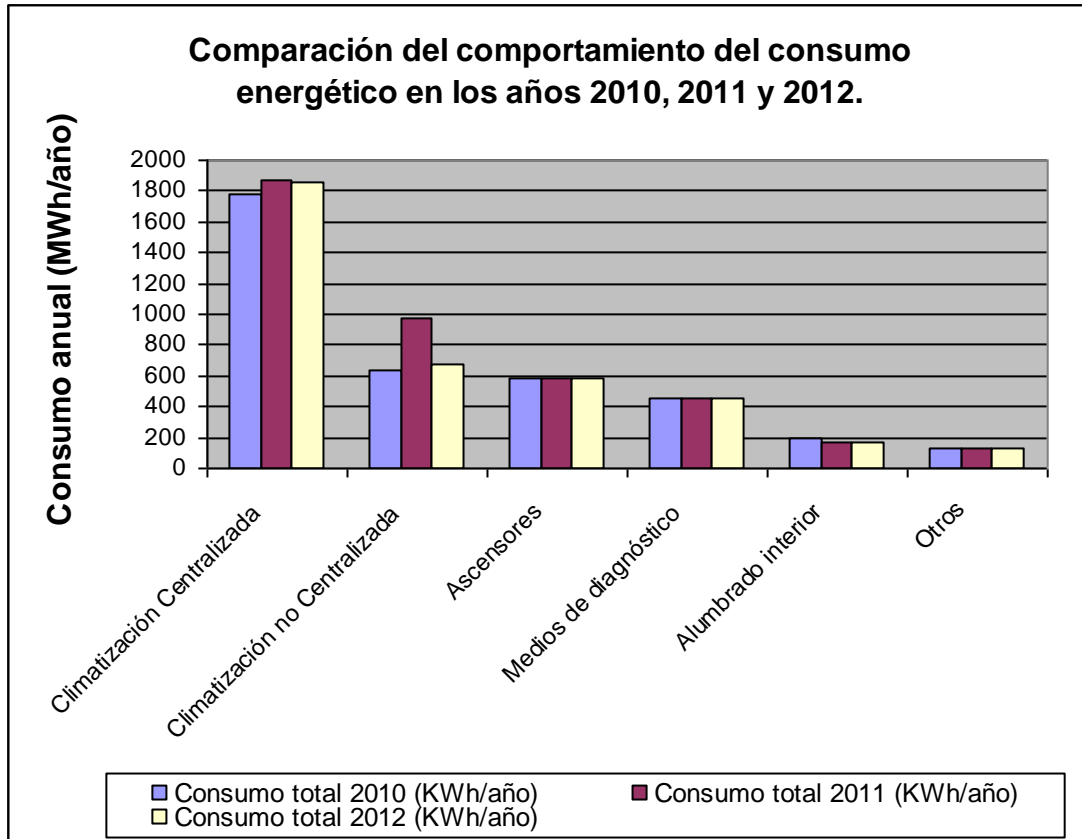


Gráfico 3.5: comparación del comportamiento del consumo energético de los años 2010 – 2011 y 2012.

La diferencia en el gráfico se debe a que se instalaron nuevos equipos y se repararon los que se encontraban rotos anteriormente. Los ascensores, medios de diagnósticos se mantienen iguales debido a que se comparan en relación de la potencia de estos equipos, ya que no se hace una medición real.

3.6. Caracterización del Sistema de Climatización.

En esta caracterización se realizó un análisis del sistema de climatización del hospital, para determinar el consumo de energía eléctrica, horas de trabajo y datos técnicos del sistema.

Se determinó que el sistema de climatización centralizado es el principal consumidor de electricidad en dicha instalación.

También se llevó a cabo una inspección del sistema para determinar el estado técnico en que se encuentran los equipos que lo integran.

Tabla 3.9: Estado técnico de los equipos del sistema de climatización centralizado.

Centralizado	
Equipos	Observaciones
Turbocompresor	fuera de servicio
Manejadoras de aire	de los 60 equipos solo funcionan 17 representando esto una disponibilidad del solo el 28,33 %
Extractores de aire	de 16 equipos funcionan 7 representando un 43,75 %

En su mayoría a estos equipos rotos les falta el motor eléctrico, los filtros de aire, los controles y accionadores eléctricos y las correas. Además de que el sistema tiene más de veinte años de explotación con los mismos equipos de su puesta en marcha, para más información.

Esto provoca que gran parte de los locales que en años anteriores funcionaban con clima centralizado, hoy funcionen con equipos locales o en algunos casos no se les brinde dicho servicio. Este fenómeno provoca que algunos equipos estén instalados en lugares donde se rechaza el calor extraído de los locales hacia pasillos y áreas por donde transitan o esperan pacientes y familiares.

Se aprecia también que se han adquirido equipos modernos que mejoran la calidad del sistema, como son: los chillers, las consolas y los split centrales, los que funcionan de forma independiente y un turbocompresor para el proceso de enfriamiento de agua.

En la siguiente tabla se muestran los locales que no reciben el servicio centralizado y que hoy lo tienen de forma local.

Tabla 3.10: Locales de clima centralizado que funcionan con local.

Cantidad	LOCALIZACIÓN	Carga Térmica		
		(kcal/h)	TR	kW
1	Rx Cuerpo de Guardia	12 040	4,0	14,0
2	Biblioteca	27 900	9,2	32,4
3	Laboratorio Bacteriología	23 240	7,7	27,0
4	Laboratorio Clínico	15 120	5,0	17,6
5	Amp.Lab.Clínico	23 760	7,9	27,6
6	Salón de Urgencias	17 160	5,7	20,0
7	Salón de Urgencias	17 160	5,7	20,0
8	Área Est. Cirugía	24 890	8,2	28,9
9	Salón Operaciones	19 490	6,5	22,7
10	Salón Operaciones	19 490	6,5	22,7
11	Salón Operaciones	19 490	6,5	22,7
12	Salón Operaciones	19 490	6,5	22,7
13	Salón Operaciones	19 490	6,5	22,7
14	Salón Operaciones	19 490	6,5	22,7

15	Salón Operaciones	19 490	6,5	22,7
16	Salón Operaciones	19 490	6,5	22,7
17	Rest.Ter. Intensiva	64 990	21,5	75,6
18	Rest.Ter. Intensiva	64 990	21,5	75,6
19	Ampliación Terapia Int.	78 624	26,0	91,4
20	Cirugía Menor	32 490	10,8	37,8
21	Recuperación	23 140	7,7	26,9

Como se aprecia en la tabla anterior la mayoría de los locales son considerados como especiales [17] por lo que se violan las normas higiénicas y por lo tanto peligra la salud de los pacientes y el personal clínico.

3.7. Análisis de Resultados.

Al analizar el sistema en estudio se debe tener en cuenta el incremento de consumo de energía eléctrica por concepto de utilizar en los locales descritos en la tabla 3.11 unidades de climatización local, ya sea acondicionadores de ventana o Split, por esta causa se incrementa diariamente el consumo en aproximadamente **688,32 kWh/día** (Ver anexo 5).

Del estudio realizado se obtiene que por concepto de clima se consumió este año cerca de **2 536 MWh/año** de ellos **1 860 MWh/año** en Climatización centralizada y **676 MWh/año** en Climatización no centralizada.

Las áreas de mayor consumo por concepto de clima central y local, distribuido por áreas es la siguiente.

Tabla 3.11: Estructura de los consumos de energía eléctrica en climatización centralizada, 2012.

Áreas	Consumo (kWh/año)	tcc	Fracción (%)	Acumulado (%)
Oftalmología	819 849,6	300,1	43,8	43,8
Sala UCIM	829 440	303,6	44,3	88,2
Estomatología	86 169,6	31,5	4,6	92,8
Res, magnética	63 360	23,2	3,4	96,2
Excimer Láser	50 457,6	18,5	2,7	98,9
TAC 64 C, Rx	21 000	7,7	1,1	100,0
TOTALES	1 870 276,8	684,5	100	

Tabla 3.12: Estructura de los consumos de energía eléctrica en climatización no centralizada (local), 2012.

Áreas	Consumo (kWh/año)	tcc	Fracción (%)	Acumulado (%)
Salas	252 332	92,4	39,8	39,8
Salones de operaciones	213 293	78,1	33,6	73,4
Diagnóstico	54 317	19,9	8,6	81,9
Otros	51 830	19,0	8,2	90,1
Laboratorio	24 768	9,1	3,9	94,0
Cuerpo guardia	17 994	6,6	2,8	96,8
Docencia	10 109	3,7	1,6	98,4
Consultas	10 080	3,7	1,6	100,0
TOTALES	634 723	232,3	100,0	

En términos de combustible esto es **916,8 tcc** que al precio internacional de **628 USD/tcc** teniendo en cuenta la información económica del banco central de cuba [18] el importe económico es del orden de **575 750 USD/año**.

Existen 43 manejadoras de aire sin funcionar, por problemas técnicos y falta de componentes, el precio de estos equipos en el mercado internacional oscila en el orden de los 60 000 USD/Unidad suministrado por la compañía china *Foshan Head-Power Air Conditioning Equipments* [19].

- De los 60 extractores de aire solo funcionan 17, faltándole a los demás el motor y las correas.

Capítulo IV: Aplicar el *software* Energy Plus Para el Cálculo de Cargas Térmica en el Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara.

4.1. Introducción.

En este capítulo se va a realizar una caracterización de la metodología para el cálculo de cargas térmica con el Energy Plus con el fin de dar paso a la determinación de la misma en el Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara.

Finalmente se presenta un cuadro resumen con los resultados de carga térmica obtenidos en la simulación (la carga térmica de cada zona).

4.2. Metodología

Para demostrar la aplicación del programa de simulación Energy Plus se analiza la carga térmica de la Zona 3 del Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara a modo de ejemplo (en los resultados finales del capítulo se expondrán todos los resultados referentes a las siete zonas que fueron seleccionadas). Esta zona se encuentra ubicada en el primer piso del edificio y corresponde al área de Hemodiálisis. La zona se encuentra parcialmente expuesta a radiación y al aire exterior, así como también tiene varias puertas y posee ventanas. Cabe mencionar que para este análisis existen pequeñas infiltraciones de aire.

Este análisis se enfoca más en la carga de enfriamiento que en la carga de calefacción, debido a que en nuestro país solo se utilizan los sistemas de aire acondicionado para climatizar o enfriar las zonas deseadas para obtener un excelente confort térmico y un mejor desempeño laboral de los seres humanos.

El análisis de carga térmica se realiza en intervalos de tiempo de 15 minutos. El modelado parte de los datos principales de la geometría del edificio, las características y propiedades térmicas de los materiales empleados en la construcción, número de ocupantes, horarios de ocupación, perfiles de funcionamiento de luminarias y equipos eléctricos, la ubicación geográfica y las condiciones climáticas. Además, se puede introducir los datos del rendimiento de los equipos de aire acondicionado para simular su desempeño y poder estimar el consumo energético de estos.

La metodología a implementar para el análisis de carga térmica en el edificio modelado consiste en la siguiente:

1. Ingresar los datos del edificio a Energy Plus, (Envolvente, personas, iluminación, equipo eléctrico, etc.).
2. Energy Plus calcula la carga térmica del edificio, en este caso es una zona, este dato de carga térmica sirve como referencia para establecer la capacidad nominal en Watts o BTU/h, de los equipos de aire acondicionado.

Para este cálculo se hace uso del sistema *Ideal Load* (carga ideal) de Energy Plus que proporciona un sistema ideal para el suministro de aire acondicionado en la zona y verifica también que cumpla con todos los requisitos de carga, además, cabe mencionar que no consume energía. A menudo se usa para cálculos de carga térmica, para realizar una evaluación de donde se está investigando las componentes de carga térmica del edificio, o como el primer paso hacia un modelo más realista de un edificio.

4.3. Simulación.

La Zona 3 consiste en el área de Hemodiálisis, la cual se tomó como una sola zona. A continuación se muestra el procedimiento que se tuvo en cuenta para la simulación del *software* para la obtención de la carga térmica en las zonas determinadas en el hospital.

4.3.1. Datos de la Zona.

Estos son descritos de la siguiente forma:

- Área: 630 m² (Zona 3)
- Piso: Hormigón convencional d 1600.
- Paredes: Ladrillo, Repello [18 < d < 20].
- Puerta: Puerta de Madera de 45 mm de espesor, con ancho de 2.1 m y altura de 2.1 m para una área de 4.41 m².

En la tabla 4.1 se presentan las propiedades térmicas de los datos estructurales.

Tabla 4.1: Propiedades térmicas de los materiales de construcción.

Descripción	Conductividad [W/mK]	Densidad [(kg/m ³)]	Calor Especifico [J/kgK]
Hormigón convencional d 1600	0,97	1 600	1 000
Ladrillo.	0,512	900	1 000
Repello [18 < d < 20].	1,3	1 900	1 000

Puerta de Madera de 45 mm de espesor.	0,29	900	1 600
---------------------------------------	------	-----	-------

4.3.2. Ganancias de Calor Internas o Fuentes de Calor Internas

Las ganancias de calor emitidas por las personas, iluminación y equipos eléctricos pueden contribuir de gran manera a la carga de enfriamiento en los edificios modernos en la actualidad. Por lo que tiene mucha influencia en el consumo de energía del edificio debido al esfuerzo que realizan los equipos de climatización para vencer las cargas de enfriamiento.

Personas:

Se asume que la zona va a estar ocupada por 40 personas promedio al día. El valor total del nivel de actividad representa la ganancia de calor total por persona, incluyendo el calor por radiación, convección y latente. Energy Plus determina que fracción del calor es sensible y latente. Por lo que en algunas aplicaciones estas cargas sensibles y latentes conforman la mayor parte de la carga total.

Iluminación:

Las luces generan calor sensible por medio de la conversión de energía eléctrica en luz y calor. El calor es disipado por radiación hacia las superficies circundantes, por conducción debido a los materiales adyacentes y por convección al aire.

El centro Hemodiálisis cuenta con aproximadamente 40 luminarias fluorescentes de 20 watts con para un total de 800 watts nominales, montadas en el techo.

4.3.3. Localización y Clima.

El Centro de Hemodiálisis está ubicado en el interior del hospital, se asume que este se encuentra orientado a 0° con respecto al norte, en la tabla 4.2 se muestran los datos meteorológicos para dicha localización.

Tabla 4.2: Localización y Clima.

Latitud	Longitud	Elevación	Presión Standard	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Velocidad del Viento Máxima
22,23° Norte	-79,6° Oeste	133 m	100 000 Pa	33,3 °C	14,7°C	2,1 m/s

4.3.4. Cálculo de Carga Térmica del Centro con Energy Plus

La simulación se realiza para un día de diseño típico, con el objetivo de identificar la hora en la cual se da la máxima carga de enfriamiento dentro del hospital. En el anexo 7 se presentan los valores de carga de enfriamiento en W, así como la fecha y hora en que ocurre dicha carga para el día de diseño.

A continuación se muestra una tabla resumiendo las cargas máximas de cada zona.

Tabla 4.3: Cargas térmicas máximas y horas de ocurrencia para las 7 zonas del Hospital “Arnaldo Milián Castro”.

Carga Térmica	ZONA -1 [W]	ZONA -2 [W]	ZONA -3 [W]	ZONA -4 [W]	ZONA -5 [W]	ZONA -6 [W]	ZONA -7 [W]
W	18 577	34 366	25 735	30 608	32 637	22 716	56 304
BTU/h	63 444	117 366	87 890	104 532	111 461	77 579	192 288
TR	5,3	9,8	7,3	8,7	9,3	6,5	16
Horas de ocurrencias	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00

La figura siguiente muestra los resultados de carga de enfriamiento de las siete zonas que representan las áreas con clima centralizado para el día donde se obtuvo la máxima carga, específicamente durante el día 14 de Julio a las 14:00 pm, debido a que este fue el día de diseño seleccionado.

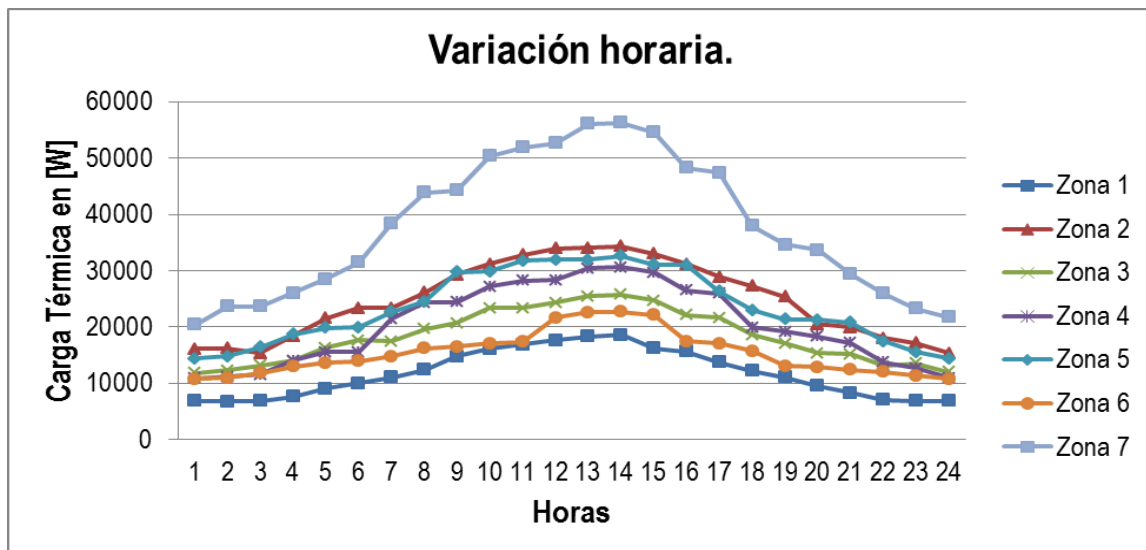


Figura 4.1: Gráfica de la variación horaria de las siete zonas.

En la siguiente figura se puede apreciar la demanda total de energía, la cual se da mediante la

suma de las demandas de los sistemas HVAC y la de la edificación. En el anexo 8 se muestran los valores obtenidos.

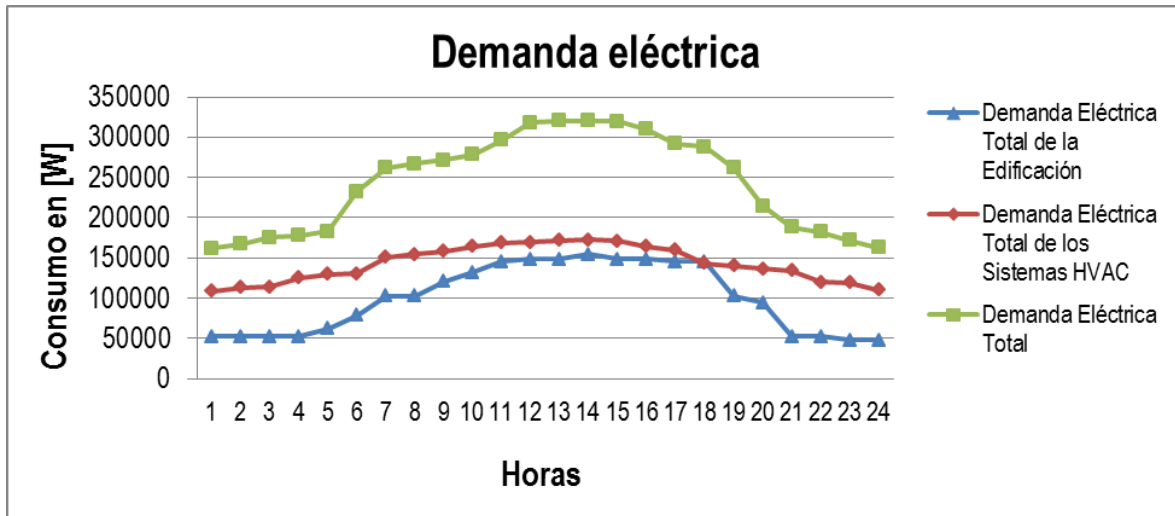


Figura 4.2: Gráfica de la demanda energética para las condiciones de la simulación.

En la tabla siguiente se muestran los valores de carga térmica obtenidos por el *software* de forma general, estos nos sirven para determinar si los equipos de clima satisfacen las condiciones de diseño.

Tabla 4.4: Carga térmicas máximas y horas de ocurrencia para las 7 zonas del Hospital “Arnaldo Milián Castro”.

Carga Térmica	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]
W	815 184	500 167	315 017
BTU/h	2 783 999	1 708 160	1 075 839
TR	232	142	90

4.4. Análisis de Resultados.

Al analizar los resultados obtenidos de este capítulo se puede concluir que la Zona – 7 es la que presenta un pico de mayor carga térmica, siendo este de **56 304 W**.

A partir de estos datos se puede seleccionar los sistemas de aire acondicionados para las zonas.

En caso de instalaciones existentes, se puede también comparar si los equipos están dimensionados o no.

Se pudo comprobar que tanto en este capítulo como en el anterior el sistema de climatización se destaca como el mayor consumidor de energía en dicho centro, dando el *software* un consumo anual igual a **1 967 MWh/año** (este valor es un estimado debido a que no se tiene en cuenta las condiciones climatológicas durante todo el año por falta de datos, este se obtuvo multiplicando el consumo de energía total para el día de diseño seleccionado por los 365 días del año) (ver anexo 8) dando como margen de error ± 5 %, ya que en el capítulo anterior el resultado del consumo del clima centralizado fue de **1 860 MWh/año**.

Conclusiones.

1. Se logró mediante el estudio del estado del arte establecer las posibilidades que nos brinda el *software* conociendo así las ventajas y desventajas que este nos ofrece para su empleo en la gestión energética en edificaciones.
2. Se logró mediante la aplicación del método de la zonificación la adecuación del *software* facilitando cálculo de cargas térmicas.
3. Se pudo aplicar el *software* de gestión energética Energy Plus al Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara definiéndose mediante el método de la zonificación 7 zonas de estudio, obteniéndose los valores de carga térmica máxima para cada una de las zonas y del hospital en su conjunto, además del consumo energético de este.

Recomendaciones.

1. Profundizar en el estudio de los parámetros meteorológicos para las diferentes regiones de Cuba con el objetivo de hacer estimados anuales del consumo de energía.
2. Realizar el uso de *software* de simulación energética para las edificaciones, en especial el Energy Plus por las ventajas que este nos ofrece.

Bibliografía.

1. Dorath, J.J.A., Metodología Alternativa para el Cálculo de Carga Térmica, in Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2006, Universidad Centroamericana "José Simón Cañas": San Salvador, El Salvador. p. 301.
2. Web, S. Climatización 2012 16-6-2012]; Available from: http://es.wikipedia.org/wiki/Acondicionamiento_de_aire.
3. Web, S. Ventilación y Climatización 2012 16-6-2012]; Available from: <http://www.elaireacondicionado.com/>.
4. Web, S. Climatización. 2012 20-6-2012]; Available from: <http://www.elaireacondicionado.com/articulos/ventilacion-climatizacion.php>.
5. Web, S. Sistema de Climatización. 2012 21-6-2012]; Available from: http://www.google.com.cu/url?sa=t&rct=j&q= Sistemas+de+Climatizaci%C3%B3n&source=web&cd=1&ved=0CFcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.emc.uji.es%2Fasignatura%2Fobtener.php%3Fletra%3D9%26codigo%3D29%26fichero%3D1082540407929&ei=Wn_kT4DpFqmS0QHF3rWK Cg&usq=AFQjCNEe1m_zMkU0TO6TX6JukrfNehNZVw&cad=rja.
6. Web, S. Sistemas de Climatización. 2012 22-6-2012]; Available from: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas_de_Climatización](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas_de_Climatizaci%C3%B3n).
7. Web, S. Climatización Hospitalaria. 2012 21-6-2012]; Available from: <http://www.articuloz.com/negocios-articulos/climatizacion-hospitalaria-1510663.html>.
8. Mann, T.T.G.J.y.E.R. Simulación. 2013 [cited 2013; Available from: <http://es.wikipedia.org/wiki/Simulaci%C3%B3n>.
9. OSORTO, J.L.G., APLICACIÓN DE SIMULADORES DE ENERGIA, in ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA. 2010, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR: CIUDAD UNIVERSITARIA. p. 138.
10. Web, S. Hospital Provincial Universitario "Arnaldo Milián Castro" 2012 13-6-2012]; Available from: <http://www.hamc.vcl.sld.cu/hamc>.
11. ONE, AE Anuario Estadístico Separata 2009. Villa Clara Edición 2011 2012: p. 16.
12. Pérez, R.R., Sistema de Climatización del hospital "Arnaldo Milián Castro" 2012, Hospital Clínico Quirúrgico "Arnaldo Milián Castro" de Santa Clara.: Santa Clara.
13. Leyva Céspedes, A.A., Aplicación de un procedimiento para determinar el costo de producción de agua helada en el sistema de refrigeración para climatización del Hospital Clínico Quirúrgico

- “Arnaldo Milián Castro”, in Energía. 2005, UCLV: Santa Clara. p. 45.
14. Pérez, R.R., SITUACION DE CLIMATIZADORAS Y SISTEMAS DE EXTRACCION CLIMA CENTRAL. 2012, Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara.
 15. Leyva Céspedes, A., Aplicación de un procedimiento para determinar el costo de producción de agua helada en el sistema de refrigeración para climatización del Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro”. in Departamento de Energía. 2005, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas: Santa Clara.
 16. Mederos, A.W.M., Caracterización de las demandas de electricidad, calor y frío para el Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara. 2011, Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro” de Santa Clara.: Santa Clara.
 17. Web, S. Climatización Hospitalaria. 2011; Available from: <http://www.articuloz.com/negocios-articulos/climatizacion-hospitalaria-1510663.html>.
 18. BCC, Información económica. 2011, Banco Central de Cuba.
 19. Foshan Head-Power Air Conditioning Equipments, C. PWL Series Air Handler. 2011 [cited 2011 15 julio]; Available from: http://www.alibaba.com/product-gs/465117205/PWL_Series_Air_Handler.html?s=p.
 20. Alcalde, A.M., Estudio y simulación de un edificio con Energy Plus, in Departamento de Ingeniería Eléctrica y Automática 2010, Roira Virgili: El Salvador. p. 330.
 21. F.Stoecker, W., Refrigeración y Acondicionamiento de Aire 1995.
 22. Marrero, G.A., Sicrometría Práctica del Aire Exterior. Cristina Aguirre Gamboa ed 1999, Ciudad de La Habana. 126.
 23. Otros, L.P.d.I.S.y., Instalaciones de Climatización. Roberto Fonte Martín ed 1997, Ciudad de La Habana. 273.
 24. Shannon, R.J., James D. Systems simulation: the art and science. 1976 Available from: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4309432.
 25. Cruceta, D.G. CALIDAD AMBIENTAL EN HOSPITALES: QUIRÓFANOS Y ÁREAS CRÍTICAS 2003; Available from: <http://www.segla.net/>
 26. Leyva Céspedes, A., Aplicación de un procedimiento para determinar el costo de producción de agua helada en el sistema de refrigeración para climatización del Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro”. in Departamento de Energía 2005, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas: Santa Clara.

27. Mesa Mederos, A.W., ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO ENERGÉTICO PARA EL HOSPITAL PROVINCIAL CLÍNICO QUIRÚRGICO UNIVERSITARIO "ARNALDO MILIÁN CASTRO" DE SANTA CLARA., in CENTRO DE ESTUDIO DE ENERGÍA Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES. CEETA2011, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas Santa Clara
28. Santos, P.d.l., Instalaciones de Climatización1997. 273.
29. Stars Refrigerating Equipment Manufacturing, C. Air Cooled Chiller,Screw Type,Industrial. [cited 2011 10 Julio]; Available from: http://www.alibaba.com/product-gs/205485191/Air_Cooled_Chiller_Screw_Type_Industrial.html.
30. Web, S. Historia del Aire Acondicionado. 2012 21-6-2012]; Available from: <http://www.elaireacondicionado.com/>.

Anexos.

Anexo 1. Factores de conversión a tonelada de combustible convencional, 2011.

Portadores	UM	Factor de conversión
Energía eléctrica	MWh	0,366
Fuel oil	t	0,99
GLP	t	1,163
Diesel	t	1,053

Anexo 1. Resumen de la información económica del Banco Central de Cuba. Día 28 de Marzo del 2011.

Información económica. No. 205. Año 5

Portador	USD/t
Fuel	634,69
Diesel	936,10
Jet fuel/Costa Golfo U.S.A.	1 056,46
Jet fuel/Mediterráneo	1 067,47
Gasolina	1 052,18
Gas licuado (GLP)	844,74

Nota:

1. Precio del petróleo crudo ligero (WTI) en la Bolsa de Nueva York: 104,34 USD/barril.
2. El precio incluye costo del combustible, seguro y flete hasta Cuba.

Anexo 2. Estructura de los consumos de energía eléctrica por actividades, 2010.

Concepto	Consumo anual (kWh/año)	Fracción (%)	Acumulado (%)	tcc
Climatización centralizada	1 781 417	46,22	46,22	652,0
Climatización no centralizada	634 652	16,47	62,68	232,3
Ascensores	589 096	15,28	77,96	215,6
Medios de diagnóstico	453 420	11,76	89,73	166,0
Otros	200 873	5,21	94,94	73,5
Alumbrado interior	195 062	5,06	100,00	71,4
TOTALES	3 854,520	100,0		1 410,8

Anexo 3. Estructura de los consumos de energía eléctrica por actividades, 2011.

Concepto	Consumo anual (kWh/año)	Fracción (%)	Acumulado (%)	tcc
Climatización centralizada	1 870 277	43,99	43,99	684,5
Climatización no centralizada	974 636	22,92	66,91	356,7
Ascensores	589 096	13,86	80,77	215,6
Medios de diagnóstico	453 420	10,66	91,43	166,0
Otros	198 784	4,68	96,11	72,8
Alumbrado interior	165 467	3,89	100,00	60,6
TOTALES	4 251 679,4	100,0		1 556,1

Anexo 4. Estructura de los consumos de energía eléctrica por actividades, 2012.

Concepto	Consumo anual (kWh/año)	Fracción (%)	Acumulado (%)	tcc
Climatización centralizada	1 860 337	48,08	48,1	680,88
Climatización no centralizada	676 486	17,48	65,6	247,59
Ascensores	589 092	15,23	80,8	215,61
Medios de diagnóstico	453 420	11,72	921,5	165,95
Alumbrado interior	165 467	4,28	96,8	60,56
Otros	124 208	3,21	100,00	45,46
TOTALES	3 869 016	100,0		1 416,06

Anexo 5. Locales con climatización local que llevan clima centralizado

Denominación	Ubicación	Capacidad de frío (Btu/h)	Capacidad de frío (kW)	Potencia (kW)	Consumo diario (kWh/día)
Split Carrier	Biblioteca	3 640	1,07	2,1	16,8
Aire ventana LG	Biblioteca	24 000	7,03	2,82	22,6
Aire de Ventana LG	Química automática Lab. Clínico	12 000	3,52	1,22	12,2
Aire de Ventana LG	Hem. Lab. Clínico	6 000	1,76	0,56	3,36
Split LG	Salón Central 1	36 000	10,55	8,22	197,28
Split Carrier	Salón Central 4	36 000	10,55	4,73	113,52
Split York	Salón Central 5	36 000	10,55	4,7	37,6
Split Carrier	Salón Central 6	36 000	10,55	4,73	37,84
Split York	Salón Central 7	36 000	10,55	4,73	37,84
Split York	Salón Central 8	36 000	10,55	4,73	37,84
Split York	Salón Central 9	36 000	10,55	4,73	37,84
Split York	Salón Central 10	36 000	10,55	4,73	37,84
Aire Ventana LG	Salón Central Recup. Urgencias	6 000	1,76	0,53	12,72
Aire Ventana LG	Salón Central Recup. Urgencias	6 000	1,76	0,53	12,72
Aire Ventana Gree	Salón Cirugía Menor	12 000	3,52	2,79	22,32
Aire Ventana LG	Salón Cirugía Menor	24 000	7,03	2,82	22,56
Aire Ventana LG	Salón Central Recup. Urgencias	6 000	1,76	0,53	12,72
Aire Ventana LG	Salón Central Recup. Urgencias	6 000	1,76	0,53	12,72

Anexo 6. Indicadores de la actividad hospitalización:

Los indicadores que se presentan a continuación no es aconsejable analizarlos aisladamente, la interpretación integral de los mismos es capaz de brindar una información mucho más clara del aprovechamiento de la cama hospitalaria.

Promedio de camas disponibles o camas en trabajo: es el número promedio de camas que estuvieron en funcionamiento cada día en un período dado.

Forma de cálculo:

$$\frac{\text{Total de días camas disponibles en un período dado}}{\text{Total de días del mismo período}} \times 100$$

Fuente: Censo diario de camas Porcentaje de ocupación de camas o índice ocupacional: es el número promedio de camas que estuvieron ocupadas diariamente durante un período, expresado en porcentaje.

Forma de cálculo:

$$\frac{\text{Total de días camas ocupados en un período dado}}{\text{Total de días camas disponibles o en trabajo del mismo período}} \times 100$$

El Porcentaje de ocupación de camas, relaciona los datos de producción de servicios (días camas ocupado) con la capacidad potencial de producción (días camas disponibles). Puede calcularse para el total del establecimiento o por servicio clínico y para el período de tiempo que se requiera.

Este indicador indica el aprovechamiento del recurso cama en un determinado período. Si el resultado del cálculo es muy alto, puede significar que en ciertos momentos se han rechazado pacientes. Un bajo porcentaje de ocupación podría indicar uso inadecuado del recurso.

Fuente: Censo diario de camas Uso: es un indicador de utilización del recurso camas y a partir del mismo permite ajustar la planificación y la utilización de las camas disponibles dentro de un establecimiento. Es útil para determinar la cantidad de pacientes que en promedio han sido atendidos en un período, lo cual es muy importante para el cálculo de raciones diarias alimenticias y otros insumos. Índice de letalidad hospitalaria o tasa de mortalidad hospitalaria: es la relación entre el número de defunciones ocurridas durante un período en un establecimiento de salud y el número de egresos del mismo período.

Forma de cálculo:

$$\frac{\text{Total de egresos por fallecimiento en un período dado}}{\text{Total de egresos del mismo período}} \times 100$$

Fuente: Censo diario de camas

Anexo 7. Estos son los resultados de carga térmica generados por Energy Plus.

Date/Time	ZONA - 1:Zone/Sys Sensible Cooling Rate [W](Hourly)	ZONA - 2:Zone/Sys Sensible Cooling Rate [W](Hourly)	ZONA - 3:Zone/Sys Sensible Cooling Rate [W](Hourly)	ZONA - 4:Zone/Sys Sensible Cooling Rate [W](Hourly)	ZONA - 5:Zone/Sys Sensible Cooling Rate [W](Hourly)	ZONA - 6:Zone/Sys Sensible Cooling Rate [W](Hourly)	ZONA - 7:Zone/Sys Sensible Cooling Rate [W](Hourly)
07/14 01:00:00	6 884	16 065	11 780	10 878	14 346	10 724	20 388
07/14 02:00:00	6 783	16 216	12 284	11 160	14 794	10 962	23 611
07/14 03:00:00	6 829	15 378	13 178	11 493	16 431	11 823	23 679
07/14 04:00:00	7 582	18 421	14 032	13 990	18 642	12 965	26 060
07/14 05:00:00	9 078	21 562	16 338	15 488	19 836	13 610	28 559
07/14 06:00:00	9 988	23 396	17 646	15 560	19 953	13 885	31 487
07/14 07:00:00	11 031	23 311	17 467	21 415	22 645	14 800	38 401
07/14 08:00:00	12 415	26 170	19 599	24 335	24 529	16 236	43 873
07/14 09:00:00	14774	29278	20729	24430	29764	16448	44 271
07/14 10:00:00	16 093	31 202	23 358	27 204	29 854	17 048	50 366
07/14 11:00:00	16 882	32 772	23 377	28 233	31 765	17 370	51 918
07/14 12:00:00	17664	33924	24298	28277	31958	21610	52648
07/14 13:00:00	18 287	34 057	25 495	30 405	31 958	22 549	56 088
07/14 14:00:00	18 577	34 366	25 735	30 608	32 637	22 716	56 304
07/14 15:00:00	16 239	32 993	24 696	29 627	31 068	22 141	54 625
07/14 16:00:00	15 600	31 145	22 138	26 465	30 948	17 468	48 231
07/14 17:00:00	13 684	28 857	21 606	25 895	26 298	17 028	47 456
07/14 18:00:00	12 222	27 306	18 555	19 920	22 945	15 679	37 965

07/14 19:00:00	11 007	25 328	17 017	19 188	21 376	13 042	34 611
07/14 20:00:00	9 531	20 488	15 362	18 250	21 293	12 900	33 665
07/14 21:00:00	8 277	19 894	15 119	17 165	20 794	12 363	29 375
07/14 22:00:00	7 026	18 016	13 074	13 713	17 467	11 949	25 946
07/14 23:00:00	6 848	17 131	13 518	12 660	15 526	11 347	23 249
07/14 24:00:00	6 810	15 335	11 974	10 987	14 374	10 733	21 720

Anexo 8. Estos son los resultados de la demanda energética generados por Energy Plus.

Date/Time	Whole Building: Total Building Electric Demand [W](Hourly)	Whole Building: Total HVAC Electric Demand [W](Hourly)	Whole Building: Total Electric Demand [W](Hourly)
07/14 01:00:00	43 804	99 933	143 736
07/14 02:00:00	43 804	104 581	148 385
07/14 03:00:00	43 804	105 083	148 886
07/14 04:00:00	43 804	115 967	159 770
07/14 05:00:00	53 084	120 894	173 978
07/14 06:00:00	69 712	121 194	190 905
07/14 07:00:00	93 712	141 631	235 342
07/14 08:00:00	93 712	145 159	238 870
07/14 09:00:00	111 422	149 127	260 548
07/14 10:00:00	122 732	155 408	278 139
07/14 11:00:00	136 422	159 917	296 339
07/14 12:00:00	139 230	160 483	299 713
07/14 13:00:00	139 230	162 972	302 201
07/14 14:00:00	145 632	163 436	309 068
07/14 15:00:00	139 230	162 126	301 355
07/14 16:00:00	139 230	155 273	294 502
07/14 17:00:00	136 422	150 438	286 860
07/14 18:00:00	136 422	133 984	270 405
07/14 19:00:00	93 712	130 950	224 661
07/14	85 614	127 804	213 418

20:00:00			
07/14 21:00:00	43 804	125 124	168 927
07/14 22:00:00	43 804	110 974	154 777
07/14 23:00:00	38 938	110 209	149 146
07/14 24:00:00	38 938	100 995	139 933
Total	2 176 206	3 213 660	5 389 866