

CALCULO DE CARGA DE ENFRIAMIENTO, ANÁLISIS EXERGÉTICO Y
SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA QUIRÓFANOS DE LA CLÍNICA GENERAL
DEL CARIBE.

EDUARDO ARRIETA RAMIREZ
FRESNEL ALEXIS VALENCIA QUINTANA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA DE INDIAS

2012

CALCULO DE CARGA DE ENFRIAMIENTO, ANÁLISIS EXERGÉTICO Y
SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA QUIRÓFANOS DE LA CLÍNICA GENERAL
DEL CARIBE.

EDUARDO ARRIETA RAMIREZ
FRESNEL ALEXIS VALENCIA QUINTANA

Trabajo para optar el título de ingeniero mecánico

DIRECTOR
M.Sc. JUAN FAJARDO CUADRO
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA DE INDIAS

2012

Nota de aceptación

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias D.T. y C. Septiembre de 2012

Gracias a Dios principalmente por permitirme haber realizado y terminado a satisfacción este trabajo. A mis padres Ketty y Víctor que me apoyaron en los momentos más difíciles de mis estudios universitarios, especialmente en la realización de este trabajo de grado. A mis hermanos Víctor Isaac y Julieth por estar día a día apoyándome en mis metas. A toda mi familia por confiar en mí y por sus palabras de aliento en los momentos que más lo necesitaba. A Diana que fue una inspiración en los últimos momentos de mi vida universitaria. A mis profesores, en especial al Ing. Luis Francisco Majana Coneo que me formo en el área térmica y del Diseño Mecánico, y al Ing. Juan Fajardo por ser mi director de tesis y ayudarme en las dificultades que se me presentaban a lo largo de la realización de este trabajo. A mis amigos y compañeros universitarios que me ayudaron a salir adelante en toda la carrera. A Cada una de las personas que nombro directamente o indirectamente en este escrito le agradezco todo lo que me hicieron aprender a las buenas o a las malas. Gracias a todos sus consejos y regaños he aprendido a ser una mejor persona y un mejor profesional.

FRESNEL VALENCIA

Si nos ponemos a ver todos le dan gracias a Dios en los trabajos de grados. Él en realidad es una pieza fundamental en nuestras vidas, nos fortalece cuando creemos estar solos o que no puede continuar. Agradecer a mi padre Darwin Francisco que me hizo coger amor a la mecánica, desde que estaba pequeño recogiendo tornillos y en reparaciones menores, acompañadas de explicaciones y sonrisas. A mi madre Olga Cecilia por ese gran amor que me ha brindado y sus buenos consejos que me han llevado al camino del estudio y honradez. A Jirlesa por su compañía y el apoyo incondicional; no me alcanzaran las palabras para agradecerse. Al Ingeniero Juan Fajardo que fue mi profesor, director de tesis y amigo, y por último y no menos importante a mis compañeros de universidad que me acompañaron y apoyaron en mi vida universitaria.

Eduardo Arrieta Ramírez

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo expresan sus agradecimientos a:

- Dios por haber permitido terminar este trabajo a satisfacción
- Nuestras familias por apoyarnos en los momentos de dificultad
- Ing. Luis Francisco Majana por sus consejos y clases,
- Ing. Juan Fajardo por brindarnos asesoría y ayudarnos con las dificultades que tuvimos realizando este trabajo.
- Nuestros amigos y compañeros universitarios que fueron un apoyo fundamental durante los estudios universitarios.
- La Universidad Tecnológica de Bolívar por brindarnos la oportunidad de recibir clases de excelentes profesores.
- Personal de la Clínica General de Caribe por permitirnos realizar los estudios pertinentes en sus instalaciones

CONTENIDO

INTRODUCCION	23
1. MARCO TEORICO	24
1.1 CARGA TERMICA	24
1.2 ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	25
1.3 NORMAS EN AREAS BLANCAS	26
1.4 EXERGIA	29
1.5 EXERGIA EN EDIFICIOS	30
2. CALCULOS	33
2.1 MEDICIONES	33
2.1.1 Mediciones generales y orientación.	33
2.1.2 Mediciones quirófano 1.	34
2.1.3 Mediciones quirófano 2.	35
2.1.4 Mediciones quirófano 3.	36
2.2 CONDICIONES DE DISEÑO Y PERFIL DE TEMPERATURA	37
2.2.1 Condiciones de diseño.	37
2.2.1.1 Condiciones del interior.	37
2.2.1.2 Condiciones del exterior.	38

2.2.2 Temperatura horaria para el día de diseño.	39
2.3 FACTOR U	41
2.3.1 Factores U materiales quirófano 1.	44
2.3.2 Factores U materiales Quirófano 2.	44
2.3.3 Factores U materiales Quirófano 3.	44
2.4 CARGAS EXTERNAS	45
2.4.1 Cargas externas quirófano 1.	46
2.4.1.1 Cargas externas por paredes sin contacto solar.	46
2.4.1.2 Cargas externas por paredes expuestas al sol.	47
2.4.1.3 Cargas externas por columnas sin contacto solar.	48
2.4.1.4 Cargas externas por columnas expuestas al sol.	49
2.4.1.5 Cargas externas por piso y techo.	50
2.4.1.6 Cargas externas por puertas.	51
2.4.2 Cargas externas quirófano 2.	52
2.4.2.1 Cargas externas por paredes sin contacto solar.	52
2.4.2.2 Cargas externas por columnas sin contacto solar.	53
2.4.2.3 Cargas externas por piso y techo.	54
2.4.2.4 Cargas externas por puertas.	55

2.4.3 Cargas externas quirófano 3.	56
2.4.3.1 Cargas externas por paredes sin contacto solar.	56
2.4.3.2 Cargas externas por columnas sin contacto solar.	57
2.4.3.3 Cargas externas por piso y techo.	58
2.4.3.4 Cargas externas por puertas.	59
2.5 CARGAS INTERNAS	60
2.5.1 Ganancias internas por iluminación.	60
2.5.1.1 Ganancias por iluminación quirófano 1.	62
2.5.1.2 Ganancias por iluminación quirófano 2.	63
2.5.1.3 Ganancias por iluminación quirófano 3.	64
2.5.2 Ganancias internas por personas.	65
2.5.2.1 Ganancias por personas quirófano 1.	66
2.5.2.2 Ganancias por personas quirófano 2.	67
2.5.2.3 Ganancias por personas quirófano 3.	68
2.5.3 Ganancias internas por equipos.	69
2.5.3.1 Ganancias por equipos quirófano 1.	72
2.5.3.2 Ganancias por equipos quirófano 2.	73
2.5.3.3 Ganancias por equipos quirófano 3.	73

2.6 CARGAS POR VENTILACION	74
2.6.1 cargas por ventilación quirófano 1 .	76
2.6.2 cargas por ventilación quirófano 2 .	77
2.6.3 cargas por ventilación quirófano 3.	78
2.7 CARGAS TERMICAS TOTALES	79
2.7.1 Cargas térmicas totales quirófano 1.	79
2.7.2 Cargas térmicas totales quirófano 2.	80
2.7.3 Cargas térmicas totales quirófano 3.	81
2.8 CALCULO DE EXERGIA	82
2.8.1 Calculo de Exergía por paredes, columnas, techos y pisos.	82
2.8.1.1 Quirófano 1.	83
2.8.1.1.1 Exergía por paredes y puertas.	83
2.8.1.1.2 Exergía por columnas.	85
2.8.1.1.3 Exergía por techos y pisos.	85
2.8.1.1.4 Exergía total por transmisión térmica.	88
2.8.1.2 Quirófano 2.	89
2.8.1.2.1 Exergía por paredes y puertas.	91
2.8.1.2.2 Exergía por columnas.	91
2.8.1.2.3 Exergía por techos y pisos.	93
2.8.1.2.4 Exergía total por transmisión térmica.	94

2.8.1.3 Quirófano 3.	95
2.8.1.3.1 Exergía por paredes y puertas.	95
2.8.1.3.2 Exergía por columnas.	97
2.8.1.3.3 Exergía por techos y pisos.	98
2.8.1.3.4 Exergía total por transmisión térmica.	99
2.8.2 Exergía por ganancia de carga térmica.	100
2.8.2.1 Calor y temperatura por equipos de quirófanos 1,2 y 3.	101
2.8.2.2 Quirófano 1.	102
2.8.2.2.1 Exergía por equipos.	102
2.8.2.2.2 Exergía por personas.	105
2.8.2.2.3 Exergía por iluminación.	106
2.8.2.2.4 Exergía total ganancia interna de temperatura.	107
2.8.2.3 Quirófano 2.	108
2.8.2.3.1 Exergía por equipos.	108
2.8.2.3.2 Exergía por personas.	111
2.8.2.3.3 Exergía por iluminación.	112
2.8.2.3.4 Exergía total ganancia interna de temperatura.	113
2.8.2.4 Quirófano 3.	114
2.8.2.4.1 Exergía por equipos.	114
2.8.2.4.2 Exergía por personas.	117
2.8.2.4.3 Exergía por iluminación.	118

2.8.2.4.4 Exergía total ganancia interna de temperatura.	119
2.8.3 Exergía por ventilación.	120
2.8.3.1 Quirófano 1.	121
2.8.3.2 Quirófano 2.	122
2.8.3.3 Quirófano 3.	123
2.8.4 Exergía por radiación solar.	124
2.8.4.1 Exergía por ganancia solar Quirófano 1, 2 y 3.	125
2.8.5 Exergía por cargas de enfriamiento.	126
2.8.5.1 Quirófano 1.	127
2.8.5.2 Quirófano 2.	128
2.8.5.3 Quirófano 3.	129
2.8.6 Exergía destruida.	130
2.8.6.1 Quirófano 1	130
2.8.6.2 Quirófano 2	131
2.8.6.3 Quirófano 3	132
2.9 CAPACIDAD TOTAL	133
2.9.1 Capacidad total quirófano 1.	133
2.9.2 Capacidad total quirófano 2.	134
2.9.3 Capacidad total quirófano 3.	135
3. SELECCIÓN DE EQUIPO	136
3.1 FACTOR DE DISEÑO	136
3.1.1 Factor de diseño quirófano 1	136

3.1.2 Factor de diseño quirófano 2	136
3.1.3 Factor de diseño quirófano 2	136
3.2 VENTILACION MECANICA	137
3.2.1 Ventilación mecánica quirófano 1	138
3.2.2 Ventilación mecánica quirófano 2	138
3.2.3 Ventilación mecánica quirófano 3	138
3.3 FILTROS	138
CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	141
BIBLIOGRAFIA	142
ANEXOS	143

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de filtros y eficiencia.	29
Tabla 2. Condiciones en quirófanos.	37
Tabla 3. Temperaturas para el día de diseño (12am-12pm).	39
Tabla 4. Temperaturas para el día de diseño (1pm-11pm).	40
Tabla 5. Resistencia de materiales.	41
Tabla 6. Resistencia paredes externas.	42
Tabla 7. Resistencia paredes internas.	42
Tabla 8. Resistencia columnas externas.	42
Tabla 9. Resistencia columnas internas.	43
Tabla 10. Resistencia techo.	43
Tabla 11. Resistencia piso.	43
Tabla 12. Resistencia puertas.	43
Tabla 13. Factor U para elementos quirófano 1	44
Tabla 14. Factor U para elementos quirófano 2	44
Tabla 15. Factor U para elementos quirófano 3	44
Tabla 16. Cargas por paredes sin contacto solar quirófano 1.	46
Tabla 17. Cargas por paredes expuestas al sol quirófano 1.	47
Tabla 18. Cargas por columnas sin contacto solar quirófano 1.	48

Tabla 19. Cargas por columnas expuestas al sol quirófano 1.	49
Tabla 20. Cargas por techo y piso quirófano 1.	50
Tabla 21. Cargas por puertas quirófano 1.	51
Tabla 22. Cargas por paredes sin contacto solar quirófano 2.	52
Tabla 23. Cargas por columnas sin contacto solar quirófano 2.	53
Tabla 24. Cargas por techo y piso quirófano 2.	54
Tabla 25. Cargas por puertas quirófano 2.	55
Tabla 26. Cargas por paredes sin contacto solar quirófano 3.	56
Tabla 27. Cargas por columnas sin contacto solar quirófano 3.	57
Tabla 28. Cargas por techo y piso quirófano 3.	58
Tabla 29. Cargas por puertas quirófano 3.	59
Tabla 30. Factores Fsa.	61
Tabla 31. Potencia por tipo de luces quirófano 1.	62
Tabla 32. Cargas por iluminación quirófano 1.	62
Tabla 33. Potencia por tipo de luces quirófano 2.	63
Tabla 34. Cargas por iluminación quirófano 2.	63
Tabla 35. Potencia por tipo de luces quirófano 3.	64
Tabla 36. Cargas por iluminación quirófano 3.	64
Tabla 37. Calor latente y sensible por actividad de personas.	65
Tabla 38. Ganancia de calor por personas quirófano 1.	66
Tabla 39. Ganancia de calor por personas quirófano 2.	67

Tabla 40. Ganancia de calor por personas quirófano 3.	68
Tabla 41. Ganancia de calor por equipos #1.	69
Tabla 42. Ganancia de calor por equipos #2.	70
Tabla 43. Ganancia de calor por equipos #3.	70
Tabla 44. Ganancia de calor por equipos #4.	71
Tabla 45. Ganancia de calor por equipos quirófano 1.	72
Tabla 46. Ganancia de calor por equipos quirófano 2.	73
Tabla 47. Ganancia de calor por equipos quirófano 3.	73
Tabla 48. CFM recomendadas por personas para ventilación aceptable.	74
Tabla 49. Cargas por ventilación quirófano 1.	76
Tabla 50. Cargas por ventilación quirófano 2.	77
Tabla 51. Cargas por ventilación quirófano 3.	78
Tabla 52. Cargas térmicas totales quirófano 1.	79
Tabla 53. Cargas térmicas totales quirófano 2.	80
Tabla 54. Cargas térmicas totales quirófano 3.	81
Tabla 55. Exergía por superficies quirófano 1.	83
Tabla 56. Exergía por techo y piso quirófano 1.	87
Tabla 57. Exergía por transmisión térmica quirófano 1.	88
Tabla 58. Exergía por superficies quirófano 2.	89
Tabla 59. Exergía por techo y piso quirófano 2.	93

Tabla 60. Exergía por transmisión térmica quirófano 2.	94
Tabla 61. Exergía por superficies quirófano 3.	95
Tabla 62. Exergía por techo y piso quirófano 3.	98
Tabla 63. Exergía por transmisión térmica quirófano 3.	99
Tabla 64. Calor y temperatura por equipo 1, 2 y 3.	101
Tabla 65. Exergía por equipos quirófano 1.	102
Tabla 66. Exergía por personas quirófano 1.	105
Tabla 67. Exergía por iluminación quirófano 1.	106
Tabla 68. Exergía total ganancia interna de temperatura quirófano 1.	107
Tabla 69. Exergía por equipos quirófano 2.	108
Tabla 70. Exergía por personas quirófano 2.	111
Tabla 71. Exergía por iluminación quirófano 2.	112
Tabla 72. Exergía total ganancia interna de temperatura quirófano 2.	113
Tabla 73. Exergía por equipos quirófano 2.	114
Tabla 74. Exergía por personas quirófano 2.	117
Tabla 75. Exergía por iluminación quirófano 2.	118
Tabla 76. Exergía total ganancia interna de temperatura quirófano 2.	119
Tabla 77. Exergía por ventilación quirófano 1.	121
Tabla 78. Exergía por ventilación quirófano 2.	122
Tabla 79. Exergía por ventilación quirófano 3.	123

Tabla 80. Exergía por ganancia solar quirófanos 1, 2 y 3	125
Tabla 81. Exergía por ganancia de carga de enfriamiento quirófano 1.	127
Tabla 82. Exergía por ganancia de carga de enfriamiento quirófano 2.	128
Tabla 83. Exergía por ganancia de carga de enfriamiento quirófano 3.	129
Tabla 84. Exergía destruida quirófano 1.	130
Tabla 85. Exergía destruida quirófano 2.	131
Tabla 86. Exergía destruida quirófano 3.	132
Tabla 87. Capacidad total quirófano 1.	133
Tabla 88. Capacidad total quirófano 2.	134
Tabla 89. Capacidad total quirófano 3.	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plano general	33
Figura 2. Plano quirófano 1	34
Figura 3. Plano quirófano 2	35
Figura 4. Plano quirófano 3	36

GLOSARIO

CALOR ESPECÍFICO: Es la cantidad de calor necesaria que se le debe suministrar a una unidad de masa para elevarla a un grado su temperatura.

CALOR LATENTE: Es la cantidad energía necesaria para que una sustancia cambie de estado.

CALOR SENSIBLE: Es la cantidad de energía que se le debe suministrar a una sustancia para que varié su temperatura sin cambiar de estado.

CARGA DE ENFRIAMIENTO O CARGA TÉRMICA: Es la cantidad de energía que se necesita vencer en un espacio para lograr una temperatura y humedad deseada.

ENTALPIA: Es el energía de flujo más la energía interna.

HUMEDAD RELATIVA: Es el cociente entre la presión real de agua en el aire y la presión de agua si el aire estuviera en saturación la misma temperatura, normalmente se expresada en porcentaje (%).

TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO: Es la temperatura tomada por un termómetro que tiene el bulbo recubierto por una gasa empapada por agua.

TEMPERATURA DE BULBO SECO: Es la temperatura, tal cual nos indica un termómetro.

TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍÓ: Es la temperatura donde comienza a condensarse el vapor de agua en el presente en el aire.

VOLUMEN ESPECÍFICO: Es la cantidad de volumen por unidad de masa.

RESUMEN

Título del trabajo

CALCULO DE CARGA DE ENFRIAMIENTO, ANÁLISIS EXERGÉTICO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA QUIRÓFANOS DE LA CLÍNICA GENERAL DEL CARIBE.

Autores

Fresnel Valencia Quintana

Eduardo Arrieta Ramírez

Objetivo general

Calcular la carga de enfriamiento por el método CLTD/CLF del manual de la Ashrae, hacer análisis energético y seleccionar equipos de acondicionamiento de aire para tres salas de cirugía de la Clínica General del Caribe.

Objetivos específicos

- Hacer el cálculo de las cargas de enfriamiento para las 24 horas del día.
- Establecer y mantener con gran proximidad los estándares y exigencias médicas recomendados por la Ashrae y la norma ISO.
- Calcular el balance exergético en los quirófanos.

Metodología

El presente trabajo de grado se hizo con el fin de analizar, comparar y garantizar todo el sistema de enfriamiento de tres salas de cirugías de la Clínica General de Caribe utilizando el método CLTD/CLF del manual de la Ashrae, considerando todo al entorno desde la dimensiones de cada sala, material con que fue construido la sala e incidencia del sol en 24 horas, también el calor generado por las personas, luces y equipos que se encuentran en el recinto, y por infiltración y/o ventilación, logrando garantizar que la sala cumpla con las normas durante las 24 horas del día y 365 días del año, por último haremos un análisis energético del sistema HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) y selección del equipo.

INTRODUCCION

Desde hace mucho tiempo hemos visto que sectores como el hospitalario, farmacéutico, industria de la alimentación, electrónica, etc., han venido optimizando sus procesos y/o elaborando nuevos productos, y todo esto es debido en gran parte al avance en los procesos de acondicionamiento del aire, la ventilación y la filtración.

Esta tesis va enfocada principalmente al sector hospitalario, en los cuales vemos que aún hay fallas debido a la falta de conocimiento de los procesos que se deben realizar para el buen funcionamiento y control de las variables de un sistema de acondicionamiento de aire.

En el mundo de la medicina se debe encontrar una condición ambiental aséptica, un confort humano y un uso racional de la energía tal que satisfaga las exigencias y condiciones de trabajo, cada vez más rigurosas y seguidas de normas y estándares internacionales de la salud. Cabe resaltar que el confort humano en este tipo de situaciones es importante ya que el grupo de especialistas pueden tardar varias horas en una intervención quirúrgica sin dejar de lado la asepsia.

Para lograr las condiciones exigidas por las normas y estándares internacionales de la salud nos guiaremos por las normas de la Ashrae para el cálculo de carga térmica, y las normas de la ISO (International Organization for Standardization) para determinación de la ventilación mecánica, selección de filtros, caudal de aire y tipo de flujo.

1. MARCO TEORICO

1.1 CARGA TERMICA

Las cargas de enfriamiento resultan de diferentes procesos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación a través de la envolvente del local, fuentes internas y componentes del sistema.

Estas pueden calcularse de diversas maneras, desde un simple cálculo empírico basado en la experiencia utilizando métodos avalados por la Ashrae (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) por su siglas en inglés, hasta la utilización de herramientas computacionales que pueden llegar a facilitar el trabajo en cálculos engorrosos que se puedan presentar.

En este trabajo se usará el método CLTD/CLF/SCL, en este método se toman en cuenta los siguientes tipos de cargas:

- ✓ Cargas externas:

Las cargas externas son aquellas que se obtienen por las diferentes tipos de carga por medio de paredes, puertas, techos y vidrios expuestos al sol, y a través de estructuras interiores como divisiones, traga luces, cielos falsos, techos internos, pisos y puertas internas.

- ✓ Cargas internas:

Este tipo de cargas son las ganancias de calor originadas por equipos, personas y luces.

✓ Cargas por infiltración y ventilación:

Estas cargas son ganancias de calor por infiltración de aire a través de puertas, ventanas, grietas, o por aire suministrado ya sea por medios mecánicos o naturalmente para satisfacer requisitos o normas vigentes de la salud o sencillamente por confort. En el caso del cálculo de carga térmica de una sala de cirugía solo tenemos en cuenta las cargas por ventilación ya que en los quirófanos la presión de aire es mucho mayor en el interior que en el exterior del mismo.

1.2 ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE

El acondicionamiento del aire tiene como objetivos principales controlar:

1. Temperatura
2. Humedad
3. Calidad de aire

En los objetivos planteados anteriormente, la calidad de aire es muy importante en este tipo de espacios ya que se debe mantener el aire libre de impurezas, polvos, bacterias, virus, hongos, olores, humos, gases, hollín, etc., por esto se necesita de un cierto número de cambios de aire por hora, un caudal mínimo de aire impulsado y filtros de aire.

La temperatura y humedad son variables que permiten que se logre el confort, con una buena combinación de ambas también se puede mantener la calidad de aire deseada.

1.3 NORMAS EN AREAS BLANCAS

Para empezar debemos definir que son áreas críticas, estas áreas son espacios en los cuales es necesario el control de diferentes variables como la concentración y tamaño de partículas, número de renovaciones, flujo de aire, temperatura, humedad relativa y presión.

Es importante hacer un buen diseño, selección e instalación del sistema de acondicionamiento de aire, por esto debemos saber que no todas las áreas críticas son iguales, y que dependiendo del uso las variables mencionadas con anterioridad van a ser diferentes.

En el sector hospitalario se tienen varios tipos de salas para aislamiento de pacientes:

- Salas de hospitalización ordinaria: en estas se encuentran pacientes aislados con probabilidades de transmitir infección por contacto, por lo que la variable presión es igual que en las salas contiguas.
- Habitaciones de hospitalización de inmunodeprimidos: en estas se encuentran pacientes con posibilidades altas de contraer infecciones, por lo que la presión se debe mantener por encima de las salas contiguas.
- Habitaciones de hospitalización de infecciosos: en estas la presión debe ser negativa respecto de las salas contiguas.

Por nomenclatura de las normas ISO tenemos tres clases de quirófanos según las intervenciones que se realicen en el mismo:

- Tipo A: En estos quirófanos se realizan trasplantes de órganos, cirugías cardíacas, cirugías vasculares, cirugías ortopédicas con implantes y neurocirugías.

- Tipo B: En este tipo de quirófanos se realizan cirugías convencionales y de urgencias y resto de operaciones quirúrgicas.
- Tipo C: Se realizan cirugías ambulatorias y partos.

Como parte de la prevención de riesgos laborales se debe tener en cuenta que la ventilación es una herramienta que permite que se trabaje en condiciones seguras y saludables, eliminando y/o reduciendo la contaminación ambiental generada en el lugar de trabajo.

El acondicionamiento del aire, la filtración y la ventilación tienen como objetivos específicos contribuir en un ambiente libre de contaminación o en su defecto la disminución de agentes contaminantes, como microorganismos, desinfectantes, sustancias odoríferas, polvo, gases narcóticos u otras sustancias o impurezas contenidas en el medio ambiente.

Los quirófanos deben de mantenerse limpios y los sistemas de acondicionamiento de aire deben estar en perfecto funcionamiento las 24 horas del día, esto con el fin de proteger a los pacientes de posibles infecciones nosocomiales, provenientes del ambiente, esto se logra con un diferencial de presión positiva de 20 Pascales a 25 pascales según las normas ISO en el quirófano con respecto a las zonas adyacentes o contiguas, haciendo que el aire circule de las zonas más limpias a las más sucias.

Para mantener la asepsia en una sala limpia, ya sea un quirófano, sala de parto, etc., se debe de disponer de un acondicionamiento de aire el cual va a depender principalmente de dos variables, la temperatura y la humedad relativa, también se debe tener en cuenta la ventilación del local en donde por las diferentes normas ya sean de la ASHRAE o la ISO se deben hacer renovaciones de aire cada ciertos instantes de tiempo, por último y no menos importantes que los dos anteriores se debe tener en cuenta la filtración, ya que estas salas deben estar libres de agentes contaminantes.

Dependiendo del uso al que se va a disponer la sala existen diferentes variables a tener en cuenta, una de estas es el tipo de flujo, el cual puede ser de dos tipos, Unidireccional(laminar) o Multidireccional (turbulento), por estudios realizados tenemos que el flujo unidireccional es el más adecuado para las salas de cirugía o quirófanos tipo A, este tipo de quirófanos son de alta tecnología en las cuales se hacen procedimientos de trasplante de órganos, cirugía cardiaca, cirugía vascular, cirugía ortopédica con implantes, neurocirugía, etc., este tipo de procedimientos no se pueden llevar a cabo con flujos multidireccionales o turbulentos de aire ya que se puede llegar a infectar el área a la cual se le está haciendo el procedimiento quirúrgico. En los demás casos se puede usar flujo Multidireccional o si se quiere Unidireccional o laminar ya que no son cirugías de alto riesgo.

Otra variable a tener en cuenta son los cambios o renovaciones que también dependen del uso del quirófano. Siguiéndonos de las normas ISO, para los quirófanos tipo A, se deben hacer mínimo 30 cambios por hora, para los quirófanos tipo B, mínimo 20 cambios por hora, y los quirófanos tipo C, mínimo 15 cambios por hora. En los quirófanos tipo B y C se hace renovación del 100 % aire exterior, para los Tipo A por el tipo de flujo que se recomienda debe ser unidireccional se admite la recirculación del aire que debe ser del mismo quirófano y debe ser tratado de igual manera que el aire exterior.

El caudal de aire también es una variable a controlar, debido a que se necesita un caudal mínimo de aire exterior de 1200 m³/hora, para mantener la concentración de los gases de anestesia y desinfectantes dentro de un nivel aceptable ($\leq 0,4$ ppm) en locales clase I, como lo son los quirófanos.

Para mantener la asepsia también se debe de disponer de filtros de aire para que microorganismos no ingresen a los quirófanos.

En la tabla 1, se observarán los tipos de filtros:

TIPO	EFICIENCIA	CLASE FILTRANTE	NORMA UNE
PREFILTRO (FILTRO GRUESO)	< 90%	G1 - G4	EN 779
FILTRO INTERMEDIO	40% - 95%	F5 - F9	EN 779
FILTRO HEPA	85% - 99,995%	H10 - H14	EN 1822- HEPA
FILTRO ULPA	99,9995% 99,999995%	- U15 – U17	EN 1822- ULPA

Tabla 1. Tipos de filtros y eficiencia

En Cartagena las normas locales exigen que en salas de cirugía tipo A, la filtración sea de 99,995%, por esto se debe de tener varios niveles de filtración que tengan entre los filtros, un filtro HEPA con eficiencia de 99,995%.

1.4 Exergía

En el creciente desarrollo tecnológico e industrial en el mundo ha conllevado a la humanidad a tener más conciencia sobre los recursos energéticos que son cada vez más pocos. La primera ley de la termodinámica nos habla sobre la conservación de la energía, pero limitante muy limitante a la hora de hacer cálculos de ahorro energéticos.

La segunda ley de la termodinámica trata sobre calidad de la energía

“La exergía es un parámetro que nos ayuda a saber cuál es la calidad de la energía, en pocas palabras es las que nos dice que cuanta energía se puede utilizar en trabajo útil” (Cengel y Boles, 2009, p. 429). Pero cuando hay un estado de equilibrio del sistema con el medio ambiente la exergía es cero o también llamado estado muerto.

1.5 Exergía en edificios

P. Sakulpipatsin (2008, p.3) declara:

Muchos investigadores e ingenieros en ejercicio se refieren a los métodos de exergía como herramientas de gran alcance para analizar, evaluar, diseñar, mejorar y optimizar los sistemas y procesos. Los beneficios del análisis de exergía son numerosos, especialmente en comparación con el análisis de energía. Por ejemplo, los métodos exergía pueden ayudar para la evaluación de los valores termodinámicos de los productos energéticos. Las pérdidas de exergía claramente identificar lugares, causas y orígenes de las desviaciones de las circunstancias ideales en un sistema.

Eficiencia de exergía son medidas de la aproximación al ideal. Sin embargo, el análisis de exergía se utiliza sólo por un pequeño grupo de esas personas. Rosen (2002) recoge algunas razones por las que no es ampliamente aceptada por la industria en la actualidad. Métodos de exergía podría parecer engorroso o complejo (por ejemplo, la elección de un entorno adecuado de referencia) a algunas personas, y los resultados pueden parecer difíciles de interpretar y de entender. Además, el análisis (Alefeld, 1988; Moran, 1989; la pared, 1990; Cracovia, 1991; Bejan 1997) utiliza muchos conceptos y definiciones (por ejemplo, la eficiencia, la referencia condiciones) que se originó en las industrias eléctricas y químicas. El análisis es necesario para establecer la aplicabilidad de estos conceptos a la incorporación del medio ambiente. Además, la exergía se percibe a menudo como un concepto muy complejo.

Además, algunos ingenieros en ejercicio simplemente han creído que los métodos de exergía pueden conducir a resultados tangibles y directos.

Ejemplos tanto, concretos de análisis exergético y los marcos de cálculo desarrollado específicamente para el entorno construido son necesarios para que el concepto más familiar y útil a la profesión de la construcción.

Los cálculos de carga térmica son de mucha importancia, ya que esos valores son los que se utilizarán para el balance de exergía y el cálculo de exergía destruida (anergia).

✓ Exergía por carga de enfriamiento:

Es la exergía producida por la carga de enfriamiento y la relación entre la temperatura exterior e interior.

✓ Exergía por infiltración:

Es exergía producida por la carga de infiltración y la relación de la temperatura exterior e interior. Para nuestro estudio en la sala de cirugía es cero, ya como la presión del aire en la sala de cirugía es mucho mayor la carga por infiltración es cero.

✓ Exergía por ventilación:

Es la exergía producida por la carga de ventilación y la relación de temperatura exterior con las temperaturas en el ventilador adentro y afuera.

✓ Exergía por ganancia de carga térmica

Es la exergía producida por la carga térmica por paredes, pisos, techos y ventanas y la relación de la temperatura superficial de cada uno de ellos y la temperatura exterior.

- ✓ Exergía por ganancia de calor interior

Esta es la exergía producida por el calor generado por personas, equipos e iluminación y la relación de la temperatura de fuente y exterior.

- ✓ Exergía por sol

Es la exergía producida por la carga solar y la relación de la temperatura exterior y la temperatura superficial del sol.

Todos estos valores se utilizaran para hacer un balance de exergía.

$$X_{tran} + X_{gain} + X_{vent} - X_{col} + X_{sol} - X_{dest} = \Delta X_{dest}$$

Como el sistema es estable el balance, entonces $\Delta X = 0$. Dando paso para poder calcular la exergía destruida.

2. CALCULOS

2.1 MEDICIONES

Se hicieron las respectivas mediciones en sitio de los tres quirófanos con los que cuenta la Clínica General del Caribe.

2.1.1 Mediciones generales y orientación

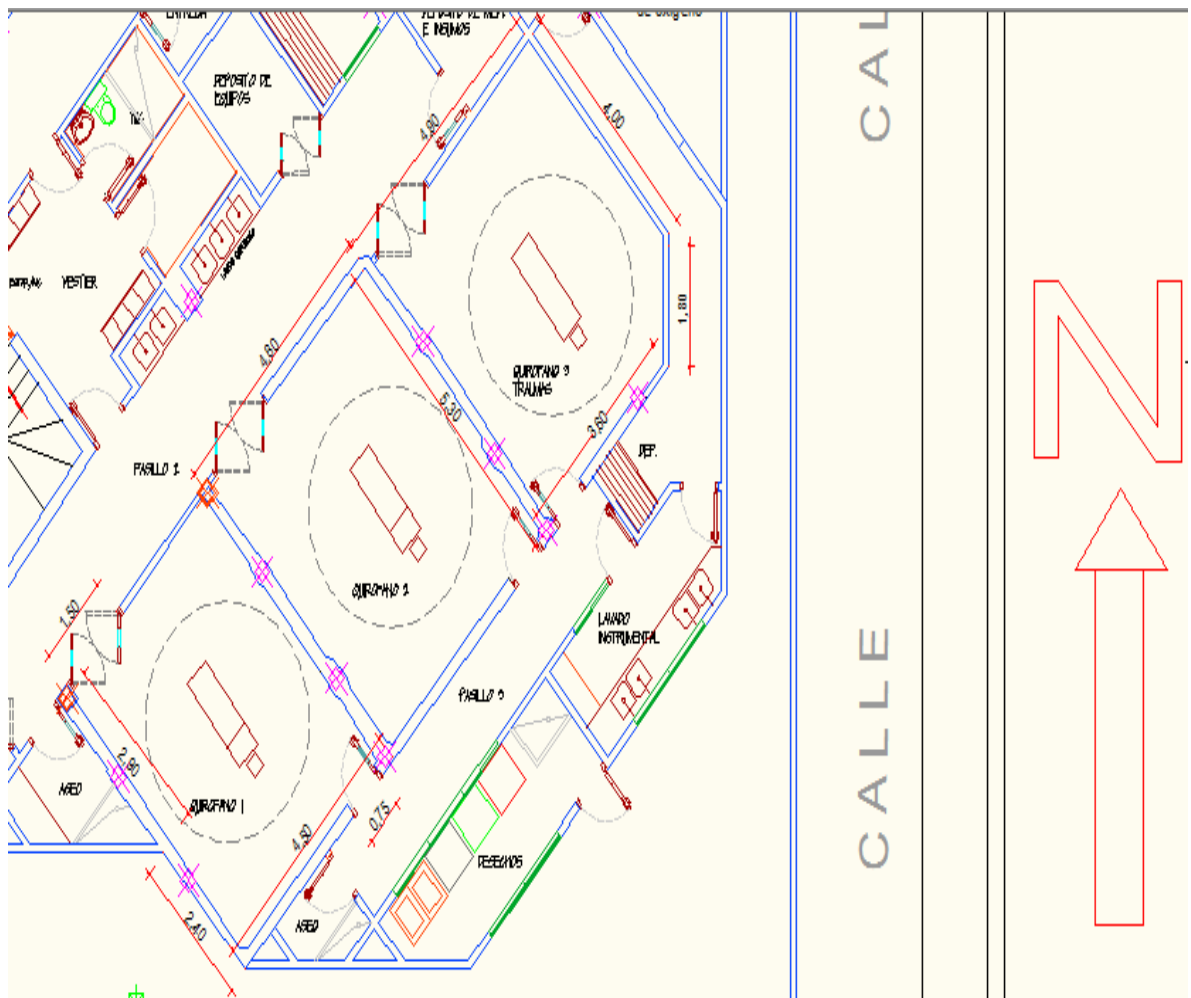


Figura 1. Plano general.

2.1.2 Mediciones quirófano 1

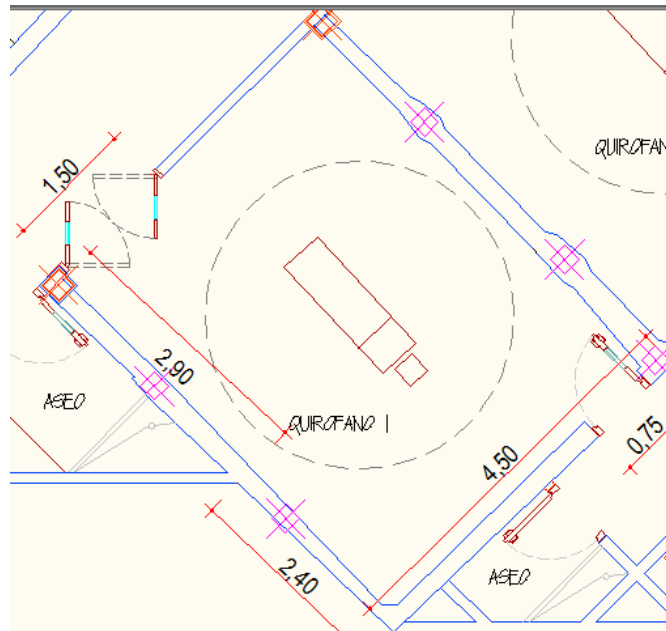


Figura 2. Plano quirófano 1.

Área del piso: 4,50 x 5,30

Distancia entre piso y techo: 2,80

Área pared suroeste con exposición al sol: 2,40 x 2,80

Área pared sureste sin exposición al sol: 4,50 x 2,80

Área pared suroeste sin exposición al sol: 2,90 x 2,80

Área pared Noroeste sin exposición al sol: 4,50 x 2,80

Área pared Noreste sin exposición al sol: 5,30 x 2,80

Área de columnas: 0,325 x 2,80

Área puerta sencilla: 0,75 x 2,10

Área puerta doble: 1,50 x 2,10

2.1.3 Mediciones quirófano 2

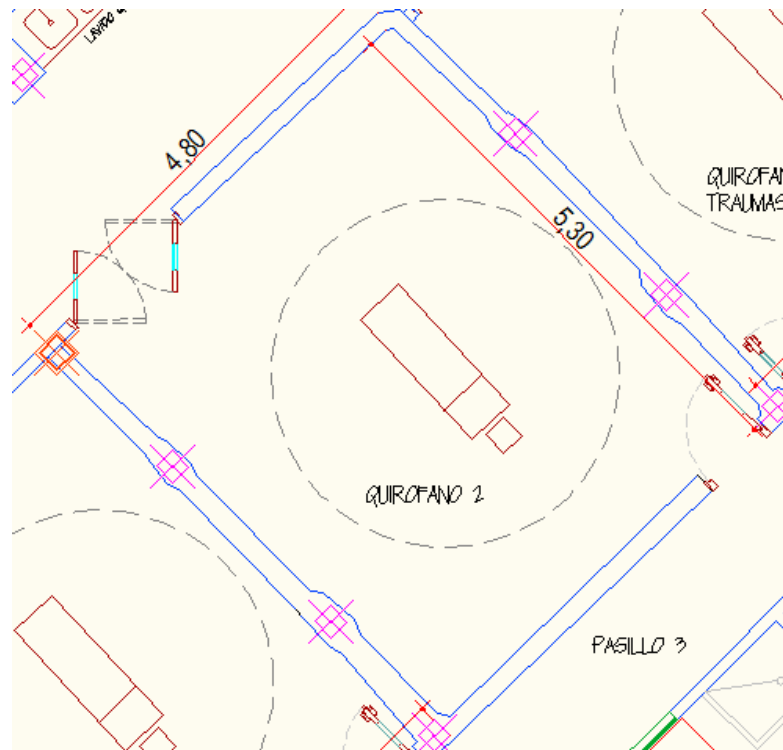


Figura 3. Plano Quirofano 2.

Área del piso: 4,80 x 5,30

Distancia entre piso y techo: 2,80

Área pared sureste sin exposición al sol: 4,80 x 2,80

Área pared suroeste sin exposición al sol: 5,30 x 2,80

Área pared Noroeste sin exposición al sol: 4,80 x 2,80

Área pared Noreste sin exposición al sol: 5,30 x 2,80

Área de columnas: 0,325 x 2,80

Área puerta sencilla: 0,75 x 2,10

Área puerta doble: 1,50 x 2,10

2.1.4 Mediciones quirófano 3

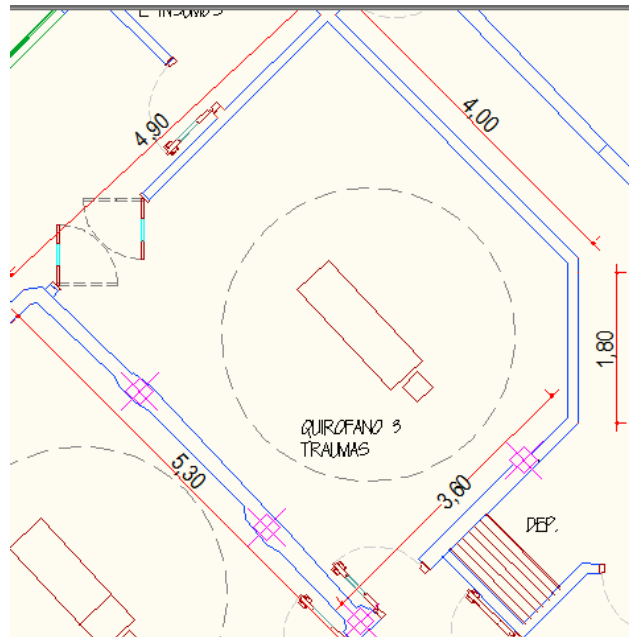


Figura 4. Plano Quirofano 3.

Área del piso: 4,70 x 5,30

Distancia entre piso y techo: 2,80

Área pared sureste sin exposición al sol: 3,60 x 2,80

Área pared suroeste sin exposición al sol: 5,30 x 2,80

Área pared Noroeste sin exposición al sol: 4,90 x 2,80

Área pared Noreste sin exposición al sol: 4,00 x 2,80

Área pared Este sin exposición al sol: 1,80 x 2,80

Área de columnas: 0,325 x 2,80

Área puerta sencilla: 0,75 x 2,10

Área puerta doble: 1,50 x 2,10

2.2 CONDICIONES DE DISEÑO Y PERFIL DE TEMPERATURA

2.2.1 Condiciones de diseño

2.2.1.1 Condiciones del interior

En la tabla 2 tenemos las condiciones de diseño que se deben tener dependiendo el tipo de quirófano:

Tipo de quirófano	Caudal mínimo de aire impulsado	Movimientos/hora (MH)	Temperatura Humedad	Presión	Filtros
Clase A	2400 m ³ /hora 1200 m ³ /hora (aire exterior)	Mínimo 30	18°C-26°C 45- 55 % de humedad	+ 20 Pa a + 25Pa	F5/F9/H14
Clase B		Mínimo 20	22°C-26°C 45- 55 % de humedad		F5/F9/H13
Clase C	1200 m ³ /hora (aire exterior)	Mínimo 15			

Tabla 7. Caudal de ventilación, movimientos hora del aire, temperaturas, presión y filtros indicados para quirófanos.

Tabla 2. Condiciones en quirófanos

(Farrás & Martinez, p 3).

El tipo de quirófano como se mostró con anterioridad es de clase A, por tanto seleccionamos las condiciones de diseño siguientes:

Temperatura: 20 ° C

Humedad relativa: 50 %

Presión con respecto al exterior: + 20 Pa a + 25 Pa

2.2.1.2 Condiciones del exterior

Humedad relativa: 80 % (Promedio multianual). Este valor fue estimado por el CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas)

La temperatura se encontró para cada hora del día, y la variación de la temperatura diaria exterior.

Variación máxima de temperatura diaria exterior = $91,4\text{ }^{\circ}\text{F} - 80,6\text{ }^{\circ}\text{F}$
= $10,8\text{ }^{\circ}\text{F}$

2.2.2 Temperatura horaria para el día de diseño

Se buscó el perfil de temperatura exterior en el día 21 del mes de Julio para la ciudad de Cartagena de Indias, en la tabla 3 y tabla 4 se encontraran los valores.

Hourly Observations										
Hora (COT)	Temp.	Índice de calor	Punto de rocío	Humedad	Presión	Visibilidad	Wind Dir	Velocidad del viento	Velocidad de ráfagas	Precip
12:00 AM	28.0 ° C	32.7 ° C	25.0 ° C	84%	1010.7 hPa	10.0 km	Norte	7.4 km/h / 2.1 m/s	-	N/A
1:00 AM	27.0 ° C	31.2 ° C	26.0 ° C	94%	1010.7 hPa	10.0 km	Este	7.4 km/h / 2.1 m/s	-	N/A
2:00 AM	27.0 ° C	31.2 ° C	26.0 ° C	94%	1010.0 hPa	10.0 km	Variable	3.7 km/h / 1.0 m/s	-	N/A
3:00 AM	26.0 ° C	-	25.0 ° C	94%	-	-	Norte	-	-	N/A
4:00 AM	26 ° C	-	25 ° C	94%	1010 hPa	12 km	Sin viento	Sin viento	-	-
4:00 AM	26.0 ° C	-	25.0 ° C	94%	-	10.0 km	Sin viento	Sin viento	-	N/A
5:00 AM	25.0 ° C	-	25.0 ° C	100%	1010.4 hPa	10.0 km	Sin viento	Sin viento	-	N/A
6:00 AM	26.0 ° C	-	25.0 ° C	94%	1010.7 hPa	7.0 km	Sin viento	Sin viento	-	N/A
7:00 AM	26 ° C	-	25 ° C	88%	1011 hPa	8 km	Sin viento	Sin viento	-	-
7:00 AM	26.0 ° C	-	25.0 ° C	94%	1010.7 hPa	8.0 km	Sin viento	Sin viento	-	N/A
8:00 AM	28.0 ° C	32.7 ° C	25.0 ° C	84%	1011.7 hPa	9.0 km	Sur	7.4 km/h / 2.1 m/s	-	N/A
9:00 AM	30.0 ° C	36.0 ° C	25.0 ° C	74%	1012.1 hPa	9.0 km	SSE	7.4 km/h / 2.1 m/s	-	N/A
10:00 AM	32 ° C	-	26 ° C	63%	1011 hPa	10 km	SSO	7.2 km/h /	-	-
10:00 AM	32.0 ° C	40.4 ° C	26.0 ° C	70%	1010.7 hPa	10.0 km	SSE	7.4 km/h / 2.1 m/s	-	N/A
11:00 AM	32.0 ° C	39.0 ° C	25.0 ° C	66%	1011.1 hPa	10.0 km	SO	11.1 km/h / 3.1 m/s	-	N/A
12:00 PM	33.0 ° C	40.4 ° C	26.0 ° C	70%	1011.1 hPa	10.0 km	Oeste	11.1 km/h / 3.1 m/s	-	N/A

Tabla 3. Temperaturas para el día de diseño (12am-12pm).

Hourly Observations

Hora (COT)	Temp.	Índice de calor	Punto de rocío	Humedad	Presión	Visibilidad	Wind Dir	Velocidad del viento	Velocidad de ráfagas	Precip
1:00 PM	32 ° C	-	26 ° C	60%	1010 hPa	16 km	SO	18.0 km/h /	-	-
1:00 PM	32.0 ° C	40.4 ° C	26.0 ° C	70%	1010.0 hPa	10.0 km	SO	18.5 km/h / 5.1 m/s	-	N/A
2:00 PM	32.0 ° C	39.0 ° C	25.0 ° C	66%	1010.0 hPa	10.0 km	OSO	13.0 km/h / 3.6 m/s	-	N/A
3:00 PM	31.0 ° C	37.6 ° C	25.0 ° C	70%	1008.7 hPa	10.0 km	OSO	18.5 km/h / 5.1 m/s	-	N/A
4:00 PM	31 ° C	-	25 ° C	65%	1009 hPa	14 km	SO	10.8 km/h /	-	-
4:00 PM	31.0 ° C	37.6 ° C	25.0 ° C	70%	1008.4 hPa	10.0 km	SO	11.1 km/h / 3.1 m/s	-	N/A
5:00 PM	30.0 ° C	36.0 ° C	25.0 ° C	74%	1008.7 hPa	10.0 km	ONO	5.6 km/h / 1.5 m/s	-	N/A
6:00 PM	29.0 ° C	34.5 ° C	25.0 ° C	79%	1008.7 hPa	10.0 km	ONO	13.0 km/h / 3.6 m/s	-	N/A
7:00 PM	29 ° C	-	-	%	1010 hPa	14 km	NO	10.8 km/h /	-	-
7:00 PM	29.0 ° C	34.5 ° C	25.0 ° C	79%	1009.4 hPa	10.0 km	NO	9.3 km/h / 2.6 m/s	-	N/A
8:00 PM	29.0 ° C	34.5 ° C	25.0 ° C	79%	1010.0 hPa	10.0 km	NO	7.4 km/h / 2.1 m/s	-	N/A
9:00 PM	29.0 ° C	34.5 ° C	25.0 ° C	79%	1010.0 hPa	10.0 km	ENE	9.3 km/h / 2.6 m/s	-	N/A
10:00 PM	28 ° C	-	25 ° C	83%	1011 hPa	14 km	Sin viento	Sin viento	-	-
10:00 PM	28.0 ° C	32.7 ° C	25.0 ° C	84%	1011.1 hPa	10.0 km	Sin viento	Sin viento	-	N/A
11:00 PM	27.0 ° C	30.6 ° C	25.0 ° C	89%	1010.7 hPa	10.0 km	Sin viento	Sin viento	-	N/A

Tabla 4. Temperaturas para el día de diseño (1pm-11pm).

(Weather Underground Inc., 2012)

2.3 FACTOR U

Se calcularon los factores globales de transferencia de calor de las diferentes paredes, columnas, puertas, techo y piso de los quirófanos teniendo en cuenta los materiales por las que están compuestas. Las resistencias de los materiales se encuentran en los manuales 2009 de la ASHRAE.

Table 18 Thermal Properties and Code Numbers of Layers Used in Wall and Roof Descriptions for [Tables 16 and 17](#)

Layer ID	Description	Thickness, mm	Conductivity, W/(m·K)	Density, kg/m ³	Specific Heat, kJ/(kg·K)	Resistance, (m ² ·K)/W	R	Mass, kg/m ²	Thermal Capacity, kJ/(m ² ·K)	Notes
F01	Outside surface resistance	—	—	—	—	0.04	0.04	—	—	1
F02	Inside vertical surface resistance	—	—	—	—	0.12	0.12	—	—	2
F03	Inside horizontal surface resistance	—	—	—	—	0.16	0.16	—	—	3
F04	Wall air space resistance	—	—	—	—	0.15	0.15	—	—	4
F05	Ceiling air space resistance	—	—	—	—	0.18	0.18	—	—	5
F06	EIFS finish	9.5	0.72	1856	0.84	—	0.01	17.7	14.92	6
F07	25 mm stucco	25.4	0.72	1856	0.84	—	0.04	47.2	39.45	6
F08	Metal surface	0.8	45.28	7824	0.50	—	0.00	6.0	3.07	7
F09	Opaque spandrel glass	6.4	0.99	2528	0.88	—	0.01	16.1	14.10	8
F10	25 mm stone	25.4	3.17	2560	0.79	—	0.01	65.1	51.71	9
F11	Wood siding	12.7	0.09	592	1.17	—	0.14	7.5	8.79	10
F12	Asphalt shingles	3.2	0.04	1120	1.26	—	0.08	3.6	4.50	
F13	Built-up roofing	9.5	0.16	1120	1.46	—	0.06	10.7	15.74	
F14	Slate or tile	12.7	1.59	1920	1.26	—	0.01	24.4	30.67	
F15	Wood shingles	6.4	0.04	592	1.30	—	0.17	3.8	4.91	
F16	Acoustic tile	19.1	0.06	368	0.59	—	0.31	7.0	4.09	11
F17	Carpet	12.7	0.06	288	1.38	—	0.22	3.7	5.11	12
F18	Terrazzo	25.4	1.80	2560	0.79	—	0.01	65.1	51.71	13
G01	16 mm gyp board	15.9	0.16	800	1.09	—	0.10	12.7	13.90	
G02	16 mm plywood	15.9	0.12	544	1.21	—	0.14	8.6	10.42	
G03	13 mm fiberboard sheathing	12.7	0.07	400	1.30	—	0.19	5.1	6.54	14
G04	13 mm wood	12.7	0.15	608	1.63	—	0.08	7.7	12.67	15
G05	25 mm wood	25.4	0.15	608	1.63	—	0.17	15.5	25.35	15
G06	50 mm wood	50.8	0.15	608	1.63	—	0.33	30.9	50.49	15
G07	100 mm wood	101.6	0.15	608	1.63	—	0.66	61.8	100.97	15
I01	25 mm insulation board	25.4	0.03	43	1.21	—	0.88	1.1	1.43	16
I02	50 mm insulation board	50.8	0.03	43	1.21	—	1.76	2.2	2.66	16
I03	75 mm insulation board	76.2	0.03	43	1.21	—	2.64	3.3	4.09	16
I04	89 mm batt insulation	89.4	0.05	19	0.96	—	1.94	1.7	1.64	17
I05	154 mm batt insulation	154.4	0.05	19	0.96	—	3.34	3.0	2.86	17
I06	244 mm batt insulation	243.8	0.05	19	0.96	—	5.28	4.7	4.50	17
M01	100 mm brick	101.6	0.89	1920	0.79	—	0.11	195.2	155.34	18
M02	150 mm LW concrete block	152.4	0.49	512	0.88	—	0.31	78.1	68.68	19
M03	200 mm LW concrete block	203.2	0.50	464	0.88	—	0.41	94.3	82.99	20
M04	300 mm LW concrete block	304.8	0.71	512	0.88	—	0.43	156.2	137.36	21
M05	200 mm concrete block	203.2	1.11	800	0.92	—	0.18	162.7	149.83	22
M06	300 mm concrete block	304.8	1.40	800	0.92	—	0.22	244.0	224.84	23
M07	150 mm LW concrete block (filled)	152.4	0.29	512	0.88	—	0.53	78.1	68.68	24
M08	200 mm LW concrete block (filled)	203.2	0.26	464	0.88	—	0.78	94.3	82.99	25
M09	300 mm LW concrete block (filled)	304.8	0.29	512	0.88	—	1.04	156.2	137.36	26
M10	200 mm concrete block (filled)	203.2	0.72	800	0.92	—	0.28	162.7	149.83	27
M11	100 mm lightweight concrete	101.6	0.53	1280	0.84	—	0.19	130.1	108.95	
M12	150 mm lightweight concrete	152.4	0.53	1280	0.84	—	0.29	195.2	163.52	
M13	200 mm lightweight concrete	203.2	0.53	1280	0.84	—	0.38	260.3	218.10	
M14	150 mm heavyweight concrete	152.4	1.95	2240	0.90	—	0.08	341.6	307.62	
M15	200 mm heavyweight concrete	203.2	1.95	2240	0.90	—	0.10	455.5	410.23	
M16	300 mm heavyweight concrete	304.8	1.95	2240	0.90	—	0.16	683.2	615.24	
M17	50 mm LW concrete roof ballast	50.8	0.19	640	0.84	—	0.27	32.5	27.19	28

Tabla 5. Resistencia de materiales.

(ASHRAE fundamentals handbook, 2009, p 18.27)

Para las diferentes paredes, columnas, techo, piso y puertas, tenemos que el factor U se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{\sum R}$$

Y los valores R son:

PARED EXTERNA	
	Resistencia {m ² K/W}
10 cm de ladrillo	0,11
2,5 cm de stucco.	0,04
10 cm de cemento ligero	0,19
Resistencia aire interior superficie vertical	0,12
Resistencia aire Exterior	0,04
Resistencia Total (Rt)	0,5

Tabla 6. Resistencia paredes externas.

PARED INTERNA	
	Resistencia {m ² K/W}
10 cm de ladrillo	0,11
2,5 cm de stucco	0,04
10 cm de cemento ligero	0,19
Resistencia aire interior superficie vertical	0,12
Resistencia aire interior superficie vertical	0,12
Resistencia Total (Rt)	0,58

Tabla 7. Resistencia paredes internas.

COLUMNA EXTERNA	
	Resistencia {m ² K/W}
2,5 cm de stucco.	0,04
30 cm de cemento pesado	0,16
Resistencia aire interior superficie vertical	0,12
Resistencia aire Exterior	0,04
Resistencia Total (Rt)	0,36

Tabla 8. Resistencia columnas externas.

COLUMNA INTERNA	
	Resistencia {m ² K/W}
2,5 cm de stucco	0,04
30 cm de cemento pesado	0,16
Resistencia aire interior superficie vertical	0,12
Resistencia aire interior superficie vertical	0,12
Resistencia Total (Rt)	0,44

Tabla 9. Resistencia columnas internas.

TECHO	
	Resistencia {m ² K/W}
20 cm de cemento ligero	0,38
Resistencia espacio de aire en el techo	0,18
Resistencia aire interior superficie Horizontal	0,16
Resistencia aire interior superficie Horizontal	0,16
Yeso 16 mm	0,1
Resistencia Total (Rt)	0,98

Tabla 10. Resistencia techo.

PISO	
	Resistencia {m ² K/W}
20 cm de cemento ligero	0,38
Terrazo (Granito)	0,01
Resistencia aire interior superficie Horizontal	1,16
Resistencia Total (Rt)	1,55

Tabla 11. Resistencia piso.

PUERTA	
	Resistencia {m ² K/W}
PVC	2,5
Resistencia aire interior superficie vertical	0,12
Resistencia aire interior superficie vertical	0,12
Resistencia Total (Rt)	2,74

Tabla 12. Resistencia puertas.

Los factores globales de transferencia de calor que se usaran en cada quirófano se mostraran en las tablas 13, 14 y 15.

2.3.1 Factores U materiales quirófano 1

TIPO	FACTOR U {W/m2K}	{Btu/Ft2*f}
PARED EXTERNA	2	0,352
PARED INTERNA	1,724	0,304
COLUMNA EXTERNA	2,78	0,490
COLUMNA INTERNA	2,273	0,400
TECHO	1,020	0,200
PISO	0,645	0,114
PUERTA PVC	0,365	0,064

Tabla 13. Factor U para elementos quirófano 1.

2.3.2 Factores U materiales quirófano 2

TIPO	FACTOR U {W/m2K}	{Btu/Ft2*f}
PARED INTERNA	1,724	0,304
COLUMNA INTERNA	2,273	0,400
TECHO	1,020	0,200
PISO	0,645	0,114
PUERTA PVC	0,365	0,064

Tabla 14. Factor U para elementos quirófano 2.

2.3.3 Factores U materiales quirófano 3

TIPO	FACTOR U {W/m2K}	{Btu/Ft2*f}
PARED INTERNA	1,724	0,304
COLUMNA INTERNA	2,273	0,400
TECHO	1,020	0,200
PISO	0,645	0,114
PUERTA PVC	0,365	0,064

Tabla 15. Factor U para elementos quirófano 3.

2.4 CARGAS EXTERNAS

Se calculó la cantidad de calor por paredes, columnas, pisos, techos y puertas sin contacto solar y luego las paredes y columnas que están expuestas al sol, dependiendo del local.

- Para calcular la cantidad de calor sobre superficies sin contacto solar se usó la fórmula:

$$Q = U.A.\Delta T$$

- Para calcular la cantidad de calor sobre superficies expuestas al sol se usó la fórmula:

$$Q = U.A.CLTD_c$$

Dónde:

$$CLTD_c = (CLTD + LM)k + (78 - tr) + (tm - 85)$$

CLTD = Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento que depende del tipo de pared.

K = Factor de corrección por color

tr = Temperatura interior,

tm = Temperatura máxima exterior-(Variación diaria de temperatura)/2.

A continuación se mostraran los cálculos para cada quirófano de las ganancias de calor por cargas externas:

2.4.1 Cargas externas quirófano1

2.4.1.1 Carga externa por paredes sin contacto solar

		SUROESTE					NOROESTE					NORESTE					SURESTE					TOTAL		
Hora	U (W/m2* K)	Text (°C)	Tint(°C)	ΔT (°C)	Área (m2)	Q (W)	Text (°C)	Tint(°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m2)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área(m2)	Q (W)	Q(W) TOTAL	Q(Btu/ h) TOTAL	
00:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
01:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
02:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
03:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
04:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
05:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
06:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
07:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
08:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
09:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
10:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
11:00	1,7241	25	20	5	6,3	54,3	25	20	5	7,63	65,8	20	20	0	11,2	0	25	20	5	10,11	87,2	207,3	707,7	
12:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
13:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
14:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
15:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
16:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
17:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
18:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
19:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
20:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
21:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
22:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7
23:00						54,3					65,8					0						87,2	207,3	707,7

Tabla 16. Cargas por paredes sin contacto solar quirófano 1.

2.4.1.2 Cargas externas por paredes expuestas al sol:

SUROESTE											
Hora	U (Btu/Ft2*f)	Área (Ft2)	CLTD	LM	k	Text (°F)	Tint (°F)	ΔT máx. diaria (°F)	Tm (°F)	CLTDc (°F)	Q (Btu/h)
00:00	0,3522	72,3335	31	-7	0,65	82,4	68	10,8	86	26,6	677,69
01:00			28			82,4				24,7	628,01
02:00			25			82,4				22,7	578,33
03:00			22			82,4				20,8	528,65
04:00			19			80,6				18,8	478,97
05:00			16			80,6				16,9	429,29
06:00			14			80,6				15,6	396,17
07:00			12			82,4				14,3	363,05
08:00			10			82,4				13,0	329,93
09:00			9			86,0				12,3	313,37
10:00			8			89,6				11,7	296,81
11:00			8			89,6				11,7	296,81
12:00			8			91,4				11,7	296,81
13:00			10			89,6				13,0	329,93
14:00			12			89,6				14,3	363,05
15:00			16			89,6				16,9	429,29
16:00			21			87,8				20,1	512,09
17:00			27			87,8				24,0	611,45
18:00			32			87,8				27,3	694,25
19:00			36			86,0				29,9	760,49
20:00			38			84,2				31,2	793,61
21:00			38			82,4				31,2	793,61
22:00			37			84,2				30,5	777,05
23:00			34			82,4				28,6	727,37

Tabla 17. Cargas por paredes expuestas al sol quirófano 1.

2.4.1.3 Carga externa por columnas sin contacto solar

		COLUMNA SUROESTE					COLUMNA NOROESTE					COLUMNA NORESTE					COLUMNA SURESTE					TOTAL	
Hora	U (W/m ² *K)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Q (W) TOTAL	Q(Btu/h) TOTAL
00:00	2,2727	25	20	5	1,82	20,7	25	20	5	1,82	20,7	20	20	0	3,64	0	25	20	5	0,91	10,34	51,7	176,53
01:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
02:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
03:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
04:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
05:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
06:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
07:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
08:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
09:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
10:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
11:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
12:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
13:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
14:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
15:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
16:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
17:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
18:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
19:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
20:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
21:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
22:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53
23:00		25		5		20,7	25		5		20,7	20		0		0	25		5		10,34	51,7	176,53

Tabla 18. Cargas por columnas sin contacto solar quirófano 1.

2.4.1.4 Cargas externas por columnas expuestas al sol

		SUROESTE									
Hora	U (Btu/Ft ² *f)	Área (Ft ²)	CLTD	LM	k	Text (°F)	Tint (°F)	ΔT máx. diaria (°F)	Tm (°F)	CLTDc (°F)	Q (Btu/h)
00:00	0,4896	9,7952	31	-7	0,65	82,4	68	10,8	86	26,6	127,56
01:00			28			82,4				24,7	118,21
02:00			25			82,4				22,7	108,86
03:00			22			82,4				20,8	99,51
04:00			19			80,6				18,8	90,16
05:00			16			80,6				16,9	80,80
06:00			14			80,6				15,6	74,57
07:00			12			82,4				14,3	68,34
08:00			10			82,4				13,0	62,10
09:00			9			86,0				12,3	58,99
10:00			8			89,6				11,7	55,87
11:00			8			89,6				11,7	55,87
12:00			8			91,4				11,7	55,87
13:00			10			89,6				13,0	62,10
14:00			12			89,6				14,3	68,34
15:00			16			89,6				16,9	80,80
16:00			21			87,8				20,1	96,39
17:00			27			87,8				24,0	115,09
18:00			32			87,8				27,3	130,68
19:00			36			86,0				29,9	143,15
20:00			38			84,2				31,2	149,38
21:00			38			82,4				31,2	149,38
22:00			37			84,2				30,5	146,26
23:00			34			82,4				28,6	136,91

Tabla 19. Cargas por columnas expuestas al sol quirófano 1.

2.4.1.5 Cargas externas por piso y techo:

Hora	PISO						TECHO						TOTAL	
	Text (°C)	Tint (°C)	U (W/m2*K)	Área (m2)	ΔT (°C)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	U (W/m2*K)	Área (m2)	ΔT (°C)	Q (W)	Q (W) total	Q (Btu/h)
00:00	25,2	20	0,6452	23,85	5,2	80,4	25	20	1,0204	23,85	5	121,7	202	689,79
01:00	25,2				5,2	80,4					5	121,7	202	689,79
02:00	25,2				5,2	80,4					5	121,7	202	689,79
03:00	25,2				5,2	80,4					5	121,7	202	689,79
04:00	24,2				4,2	65,0					5	121,7	186,7	637,25
05:00	24,2				4,2	65,0					5	121,7	186,7	637,25
06:00	24,2				4,2	65,0					5	121,7	186,7	637,25
07:00	25,2				5,2	80,4					5	121,7	202	689,79
08:00	25,2				5,2	80,4					5	121,7	202	689,79
09:00	27,2				7,2	111,1					5	121,7	232,8	794,85
10:00	29,2				9,2	141,9					5	121,7	263,6	899,92
11:00	29,2				9,2	141,9					5	121,7	263,6	899,92
12:00	29,2				9,2	141,9					5	121,7	263,6	899,92
13:00	29,2				9,2	141,9					5	121,7	263,6	899,92
14:00	29,2				9,2	141,9					5	121,7	263,6	899,92
15:00	29,2				9,2	141,9					5	121,7	263,6	899,92
16:00	28,2				8,2	126,5					5	121,7	248,2	847,39
17:00	28,2				8,2	126,5					5	121,7	248,2	847,39
18:00	28,2				8,2	126,5					5	121,7	248,2	847,39
19:00	27,2				7,2	111,1					5	121,7	232,8	794,85
20:00	26,2				6,2	95,7					5	121,7	217,4	742,32
21:00	25,2				5,2	80,4					5	121,7	202	689,79
22:00	26,2				6,2	95,7					5	121,7	217,4	742,32
23:00	25,2				5,2	80,4					5	121,7	202	689,79

Tabla 20. Cargas por techo y piso quirófano 1.

2.4.1.6 Cargas externas por puertas:

		Puerta Tipo 1					Puerta Tipo 2					Todas Las Puertas	
Hora	U (W/m ² *K)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Q (W) total	Q (Btu/h) total
00:00	0,365	25	20	5	1,575	2,87409	25	20	5	3,15	5,75	8,62	29,44
01:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
02:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
03:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
04:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
05:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
06:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
07:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
08:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
09:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
10:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
11:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
12:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
13:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
14:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
15:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
16:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
17:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
18:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
19:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
20:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
21:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
22:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44
23:00		25		5		2,87409	25		5		5,75	8,62	29,44

Tabla 21. Cargas por puertas quirófano 1.

2.4.2 Quirófano # 2

2.4.2.1 Cargas externas por paredes sin contacto solar

Hora	U (W/m ² *K)	SUROESTE					NOROESTE					NORESTE					SURESTE					TOTAL		
		Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Q(W) TOTAL	Q(Btu/h) TOTAL	
00:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
01:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
02:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
03:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
04:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
05:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
06:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
07:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
08:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
09:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
10:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
11:00	1,7241	20	20	0	11,2	0	25	20	5	8,47	73	20	20	0	12,1	0	25	20	5	10,95	94,4	167,5	571,7	
12:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
13:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
14:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
15:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
16:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
17:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
18:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
19:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
20:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
21:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
22:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	
23:00						0					73					0					94,4	167,5	571,7	

Tabla 22. Cargas por paredes sin contacto solar quirófano 2.

2.4.2.2 Cargas externas por columnas sin contacto solar:

Quirófano 2 Columna sin contacto solar		COLUMNAS SUROESTE					COLUMNAS NOROESTE					COLUMNAS NORESTE					COLUMNA SURESTE					TOTAL	
Hora	U (W/m2*K)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m2)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m2)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m2)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m2)	Q (W)	Q(W) TOTAL	Q(Btu/h) TOTAL
00:00	2,2727	20	20	0	3,64	0	25	5	20	1,82	20,68	20	20	0	2,73	0	25	20	5	0,91	10,34	31,02	105,92
01:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
02:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
03:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
04:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
05:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
06:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
07:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
08:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
09:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
10:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
11:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
12:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
13:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
14:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
15:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
16:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
17:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
18:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
19:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
20:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
21:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
22:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92
23:00		20		0		5		20,68			0					25					10,34	31,02	105,92

Tabla 23. Cargas por columnas sin contacto solar quirófano 2.

2.4.2.3 Cargas externas por piso y techo

PISO							TECHO						TOTAL	
Hora	Text (°C)	Tint (°C)	U (W/m2*K)	Área (m2)	ΔT (°C)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	U (W/m2*K)	Área (m2)	ΔT (°C)	Q (W)	Q (W) total	Q (Btu/h)
00:00	25,2	20	0,6452	25,44	5,2	85,7	25	20	1,1364	25,44	5	144,5	230,3	786,13
01:00	25,2				5,2	85,7					5	144,5	230,3	786,13
02:00	25,2				5,2	85,7					5	144,5	230,3	786,13
03:00	25,2				5,2	85,7					5	144,5	230,3	786,13
04:00	24,2				4,2	69,3					5	144,5	213,8	730,09
05:00	24,2				4,2	69,3					5	144,5	213,8	730,09
06:00	24,2				4,2	69,3					5	144,5	213,8	730,09
07:00	25,2				5,2	85,7					5	144,5	230,3	786,13
08:00	25,2				5,2	85,7					5	144,5	230,3	786,13
09:00	27,2				7,2	118,5					5	144,5	263,1	898,20
10:00	29,2				9,2	151,4					5	144,5	295,9	1010,27
11:00	29,2				9,2	151,4					5	144,5	295,9	1010,27
12:00	29,2				9,2	151,4					5	144,5	295,9	1010,27
13:00	29,2				9,2	151,4					5	144,5	295,9	1010,27
14:00	29,2				9,2	151,4					5	144,5	295,9	1010,27
15:00	29,2				9,2	151,4					5	144,5	295,9	1010,27
16:00	28,2				8,2	135,0					5	144,5	279,5	954,24
17:00	28,2				8,2	135,0					5	144,5	279,5	954,24
18:00	28,2				8,2	135,0					5	144,5	279,5	954,24
19:00	27,2				7,2	118,5					5	144,5	263,1	898,20
20:00	26,2				6,2	102,1					5	144,5	246,7	842,17
21:00	25,2				5,2	85,7					5	144,5	230,3	786,13
22:00	26,2				6,2	102,1					5	144,5	246,7	842,17
23:00	25,2				5,2	85,7					5	144,5	230,3	786,13

Tabla 24. Cargas por techo y piso quirófano 2.

2.4.2.4 Cargas externas por puertas:

		Puerta Tipo 1					Puerta Tipo 2					Todas Las Puertas		
Hora	U (W/m ² *K)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Q (W) total	Q (Btu/h) total	
00:00	0,365	25,0	20,0	5,0	1,575	2,87	25,0	20,0	5,0	3,15	5,75	8,62	29,44	
01:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
02:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
03:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
04:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
05:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
06:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
07:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
08:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
09:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
10:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
11:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
12:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
13:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
14:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
15:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
16:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
17:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
18:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
19:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
20:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
21:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
22:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44
23:00		25,0		5,0		2,87			25,0		5,0	5,75	8,62	29,44

Tabla 25. Cargas por puertas quirófano 2.

2.4.3 Quirófano # 3

2.4.3.1 Cargas externas por paredes sin contacto solar

		SUROESTE					NOROESTE					NORESTE					SURESTE					ESTE					TOTAL		
Hora	U (W/m ² *K)	Tex (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Tex (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Tex (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Tex (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Tex (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Q(W) Total	Q(Btu /h) Total	
00						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
01						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
02						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
03						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
04						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
05						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
06						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
07						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
08						0					91					96,55						57,63					57,63	245,3	837,5
09						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
10						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
11	1,724	20	20	0	12	0	25	20	5	10,6	91	25	20	5	11	96,55	25	20	5	6,7	57,63	25	20	5	5	57,6	245,3	837,5	
12						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
13						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
14						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
15						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
16						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
17						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
18						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
19						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
20						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
21						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
22						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5
23						0					91					96,55						57,63					57,6	245,3	837,5

Tabla 26. Cargas por paredes sin contacto solar quirófano 3.

2.4.3.2 Cargas externas por columnas sin contacto solar:

		COLUMNAS SUROESTE					COLUMNAS SURESTE					TOTAL		
Hora	U (W/m ² *K)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Q(W) TOTAL	Q(Btu/h) TOTAL	
00:00	2,2727	25	20	5	2,73	31	25	20	5	1,82	20,7	51,7	176,53	
01:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
02:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
03:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
04:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
05:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
06:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
07:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
08:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
09:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
10:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
11:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
12:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
13:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
14:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
15:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
16:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
17:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
18:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
19:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
20:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
21:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
22:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53
23:00		25		5		31			25		5	20,7	51,7	176,53

Tabla 27. Cargas por columnas sin contacto solar quirófano 3.

2.4.3.3 Cargas externas por piso y techo:

Hora	PISO						TECHO						TOTAL	
	Text (°C)	Tint (°C)	U (W/m2*K)	Área (m2)	ΔT (°C)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	U (W/m2*K)	Área (m2)	ΔT (°C)	Q (W)	Q (W) total	Q (Btu/h)
00:00	25,2	20	0,6452	23,85	5,2	80,4	25	20	1,1364	23,85	5	135,5	215,9	737,0
01:00	25,2				5,2	80,4					5	135,5	215,9	737,0
02:00	25,2				5,2	80,4					5	135,5	215,9	737,0
03:00	25,2				5,2	80,4					5	135,5	215,9	737,0
04:00	24,2				4,2	65,0					5	135,5	200,5	684,5
05:00	24,2				4,2	65,0					5	135,5	200,5	684,5
06:00	24,2				4,2	65,0					5	135,5	200,5	684,5
07:00	25,2				5,2	80,4					5	135,5	215,9	737,0
08:00	25,2				5,2	80,4					5	135,5	215,9	737,0
09:00	27,2				7,2	111,1					5	135,5	246,6	842,1
10:00	29,2				9,2	141,9					5	135,5	277,4	947,1
11:00	29,2				9,2	141,9					5	135,5	277,4	947,1
12:00	29,2				9,2	141,9					5	135,5	277,4	947,1
13:00	29,2				9,2	141,9					5	135,5	277,4	947,1
14:00	29,2				9,2	141,9					5	135,5	277,4	947,1
15:00	29,2				9,2	141,9					5	135,5	277,4	947,1
16:00	28,2				8,2	126,5					5	135,5	262,0	894,6
17:00	28,2				8,2	126,5					5	135,5	262,0	894,6
18:00	28,2				8,2	126,5					5	135,5	262,0	894,6
19:00	27,2				7,2	111,1					5	135,5	246,6	842,1
20:00	26,2				6,2	95,7					5	135,5	231,3	789,5
21:00	25,2				5,2	80,4					5	135,5	215,9	737,0
22:00	26,2				6,2	95,7					5	135,5	231,3	789,5
23:00	25,2				5,2	80,4					5	135,5	215,9	737,0

Tabla 28. Cargas por piso y techo quirófano 2.

2.4.3.4 Cargas externas por puertas:

		Puerta Tipo 1					Puerta Tipo 2					Todas Las Puertas		
Hora	U (W/m ² *K)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Text (°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	Área (m ²)	Q (W)	Q (W) total	Q (Btu/h) total	
00:00	0,365	25	20	5	1,575	2,9	25	20	5	3,15	5,75	8,62	29,44	
01:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
02:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
03:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
04:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
05:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
06:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
07:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
08:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
09:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
10:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
11:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
12:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
13:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
14:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
15:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
16:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
17:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
18:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
19:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
20:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
21:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
22:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44
23:00		25		5		2,9			25		5	5,75	8,62	29,44

Tabla 29. Cargas por puertas quirófano 3.

2.5 CARGAS INTERNAS

Se hizo el cálculo de las ganancias internas de calor por iluminación, personas y equipos.

2.5.1 Ganancias internas por iluminación

Para la ganancia de calor por iluminación se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = 3,41 \times W \times CLF \times Ful \times Fsa$$

Dónde:

3,41 = Equivale al factor de conversión Watts a Btu/h

W= Watts o vatios de las luces.

CLF = (Es el Factor de Carga de enfriamiento), Este factor depende del horario de iluminación, masa del local y la ventilación, en este caso no se requiere el uso de las tablas proporcionadas por Ashrae, ya que las luces permanecen encendidas más de 16 horas al día y funcionan al tiempo con el equipo de acondicionamiento de aire, por tanto su valor es de 1.

Ful = (Factor de uso de iluminación), En este caso será igual a 1 por tener aplicaciones hospitalarias.

Fsa = (Factor especial de iluminación), Este es un factor especial que depende del tipo de luminaria y los vatios de la misma, se encuentra en la tabla 2 del capítulo 30 del manual de la Ashrae de 2005, la cual se mostrará a continuación:

En la siguiente tabla mostramos los Fsa (Special Allowance Factor) para las tipos de luminarias con las que cuentan los quirófanos:

Table 2 Typical Nonincandescent Light Fixtures

Description	Ballast	Watts/Lamp	Lamps/Fixture	Lamp Watts	Fixture Watts	Special Allowance Factor	Description	Ballast	Watts/Lamp	Lamps/Fixture	Lamp Watts	Fixture Watts	Special Allowance Factor
Compact Fluorescent Fixtures													
Twin, (1) 5 W lamp	Mag-Std	5	1	5	9	1.80	Twin, (2) 40 W lamp	Mag-Std	40	2	80	85	1.06
Twin, (1) 7 W lamp	Mag-Std	7	1	7	10	1.43	Quad, (1) 13 W lamp	Electronic	13	1	13	15	1.15
Twin, (1) 9 W lamp	Mag-Std	9	1	9	11	1.22	Quad, (1) 26 W lamp	Electronic	26	1	26	27	1.04
Quad, (1) 13 W lamp	Mag-Std	13	1	13	17	1.31	Quad, (2) 18 W lamp	Electronic	18	2	36	38	1.06
Quad, (2) 18 W lamp	Mag-Std	18	2	36	45	1.25	Quad, (2) 26 W lamp	Electronic	26	2	52	50	0.96
Quad, (2) 22 W lamp	Mag-Std	22	2	44	48	1.09	Twin or multi, (2) 32 W lamp	Electronic	32	2	64	62	0.97
Quad, (2) 26 W lamp	Mag-Std	26	2	52	66	1.27							
Fluorescent Fixtures													
(1) 450 mm, T8 lamp	Mag-Std	15	1	15	19	1.27	(4) 1200 mm, T8 lamp	Electronic	32	4	128	120	0.94
(1) 450 mm, T12 lamp	Mag-Std	15	1	15	19	1.27	(1) 1500 mm, T12 lamp	Mag-Std	50	1	50	63	1.26
(2) 450 mm, T8 lamp	Mag-Std	15	2	30	36	1.20	(2) 1500 mm, T12 lamp	Mag-Std	50	2	100	128	1.28
(2) 450 mm, T12 lamp	Mag-Std	15	2	30	36	1.20	(1) 1500 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	75	1	75	92	1.23
(1) 600 mm, T8 lamp	Mag-Std	17	1	17	24	1.41	(2) 1500 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	75	2	150	168	1.12
(1) 600 mm, T12 lamp	Mag-Std	20	1	20	28	1.40	(1) 1500 mm, T12 ES VHO lamp	Mag-Std	135	1	135	165	1.22
(2) 600 mm, T12 lamp	Mag-Std	20	2	40	56	1.40	(2) 1500 mm, T12 ES VHO lamp	Mag-Std	135	2	270	310	1.15
Circular Fluorescent Fixtures													
Cirelite, (1) 20 W lamp	Mag-PH	20	1	20	20	1.00	(2) 200 mm circular lamp	Mag-RS	22	2	44	52	1.18
Cirelite, (1) 22 W lamp	Mag-PH	22	1	22	20	0.91	(1) 300 mm circular lamp	Mag-RS	32	1	32	31	0.97
Cireline, (1) 32 W lamp	Mag-PH	32	1	32	40	1.25	(2) 300 mm circular lamp	Mag-RS	32	2	64	62	0.97
(1) 150 mm circular lamp	Mag-RS	20	1	20	25	1.25	(1) 400 mm circular lamp	Mag-Std	40	1	40	35	0.88
(1) 200 mm circular lamp	Mag-RS	22	1	22	26	1.18							
High-Pressure Sodium Fixtures													
(1) 35 W lamp	HID	35	1	35	46	1.31	(1) 250 W lamp	HID	250	1	250	295	1.18
(1) 50 W lamp	HID	50	1	50	66	1.32	(1) 310 W lamp	HID	310	1	310	365	1.18
(1) 70 W lamp	HID	70	1	70	95	1.36	(1) 360 W lamp	HID	360	1	360	414	1.15
(1) 100 W lamp	HID	100	1	100	138	1.38	(1) 400 W lamp	HID	400	1	400	465	1.16
(1) 150 W lamp	HID	150	1	150	188	1.25	(1) 1000 W lamp	HID	1000	1	1000	1100	1.10
(1) 200 W lamp	HID	200	1	200	250	1.25							
Metal Halide Fixtures													
(1) 32 W lamp	HID	32	1	32	43	1.34	(1) 250 W lamp	HID	250	1	250	295	1.18
(1) 50 W lamp	HID	50	1	50	72	1.44	(1) 400 W lamp	HID	400	1	400	458	1.15
(1) 70 W lamp	HID	70	1	70	95	1.36	(2) 400 W lamp	HID	400	2	800	916	1.15
(1) 100 W lamp	HID	100	1	100	128	1.28	(1) 750 W lamp	HID	750	1	750	850	1.13
(1) 150 W lamp	HID	150	1	150	190	1.27	(1) 1000 W lamp	HID	1000	1	1000	1080	1.08
(1) 175 W lamp	HID	175	1	175	215	1.23	(1) 1500 W lamp	HID	1500	1	1500	1610	1.07

(ASHRAE fundamentals handbook, 2005, p 30.6)

Tabla 30. Factores Fsa.

El cálculo de ganancia de calor por iluminación se muestra a continuación:

2.5.1.1 Ganancias por iluminación quirófano 1

Tipo de Luz	Potencia (W)	N° de Luces	Potencia Total
Luces compactas Silvania	25	16	400
Lámpara Quirúrgica 1	250	1	250
Lámpara Quirúrgica 2	350	1	350

Tabla 31. Potencia por tipo de luces quirófano 1.

Hora	LAMPARAS SILVANIA 25 WATTS					LAMPARA QUIRURGICA 250 W					LAMPARA QUIRURGICA 350 W					QTOTAL
	Watts	CLF	Ful	Fsa	Q (Btu/h)	Watts	CLF	Ful	Fsa	Q (Btu/h)	Watts	CLF	Ful	Fsa	Q (Btu/h)	Q(Btu/h) total
00:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
01:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
02:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
03:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
04:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
05:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
06:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
07:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
08:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
09:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
10:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
11:00	400	1	1	0,96	1309,44	250	1	1	1,18	1005,95	350	1	1	1,15	1372,525	3687,915
12:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
13:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
14:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
15:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
16:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
17:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
18:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
19:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
20:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
21:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
22:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
23:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915

Tabla 32. Carga por iluminación quirófano 1.

2.5.1.2 Ganancias por iluminación quirófano 2

Tipo de Luz	Potencia (W)	N° de Luces	Potencia Total
Luces compactas Silvania	25	16	400
Lámpara Quirúrgica 1	250	1	250
Lámpara Quirúrgica 2	350	1	350

Tabla 33. Potencia por tipo de luces quirófano 2.

Hora	LAMPARAS SILVANIA 25 WATTS					LAMPARA QUIRURGICA 250 W					LAMPARA QUIRURGICA 350 W					TOTAL
	Watts	CLF	Ful	Fsa	Q (Btu/h)	Watts	CLF	Ful	Fsa	Q (Btu/h)	Watts	CLF	Ful	Fsa	Q (Btu/h)	Q(Btu/h) total
00:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
01:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
02:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
03:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
04:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
05:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
06:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
07:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
08:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
09:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
10:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
11:00	400	1	1	0,96	1309,44	250	1	1	1,18	1005,95	350	1	1	1,15	1372,525	3687,915
12:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
13:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
14:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
15:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
16:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
17:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
18:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
19:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
20:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
21:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
22:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915
23:00					1309,44					1005,95					1372,525	3687,915

Tabla 34. Carga por iluminación quirófano 2.

2.5.1.3 Ganancias por iluminación quirófano 3

Tipo de Luz	Potencia (W)	N° de Luces	Potencia Total
Luces compactas Silvania	25	16	400
Lámpara Quirúrgica 2	400	1	400

Tabla 35. Potencia por tipo de luces quirófano 3.

Hora	LAMPARAS SILVANIA 25 WATTS					LAMPARA QUIRURGICA 250 W					TOTAL
	Watts	CLF	Ful	Fsa	Q (Btu/h)	Watts	CLF	Ful	Fsa	Q (Btu/h)	Q (Btu/h) total
00:00	400	1	1	0,96	1309,44	400	1	1	1,16	1582,24	2891,68
01:00					1309,44					1582,24	2891,68
02:00					1309,44					1582,24	2891,68
03:00					1309,44					1582,24	2891,68
04:00					1309,44					1582,24	2891,68
05:00					1309,44					1582,24	2891,68
06:00					1309,44					1582,24	2891,68
07:00					1309,44					1582,24	2891,68
08:00					1309,44					1582,24	2891,68
09:00					1309,44					1582,24	2891,68
10:00					1309,44					1582,24	2891,68
11:00					1309,44					1582,24	2891,68
12:00					1309,44					1582,24	2891,68
13:00					1309,44					1582,24	2891,68
14:00					1309,44					1582,24	2891,68
15:00					1309,44					1582,24	2891,68
16:00					1309,44					1582,24	2891,68
17:00					1309,44					1582,24	2891,68
18:00					1309,44					1582,24	2891,68
19:00					1309,44					1582,24	2891,68
20:00					1309,44					1582,24	2891,68
21:00					1309,44					1582,24	2891,68
22:00					1309,44					1582,24	2891,68
23:00					1309,44					1582,24	2891,68

Tabla 36. Carga por iluminación quirófano 3.

2.5.2 Ganancias internas por personas

La carga por personas se calcula por medio de las siguientes fórmulas:

$$q_s = q_{sp} \cdot N \cdot CLF$$

$$q_l = q_{lp} \cdot N$$

$$Q_{total} = q_s + q_l$$

Dónde:

q_{sp} : Calor sensible por persona, q_{lp} : Calor latente por persona,
 q_s : Calor sensible total, q_l : Calor latente total, Q_{total} = Calor total.

CLF: Factor de Carga de enfriamiento para personas, es igual a 1 si el sistema de enfriamiento opera las 24 horas del día.

En la siguiente tabla encontramos el calor latente y sensible por persona dependiendo el grado de actividad, en las salas de cirugía las personas tienen trabajo relativamente sedentario.

Table 1 Representative Rates at Which Heat and Moisture Are Given Off by Human Beings in Different States of Activity

Degree of Activity	Location	Total Heat, Btu/h		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V	High V
Seated at theater	Theater, matinee	390	330	225	105		
Seated at theater, night	Theater, night	390	350	245	105	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	550	450	250	200	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	550	500	250	250		
Sedentary work	Restaurant^c	490	550	275	275		
Light bench work	Factory	800	750	275	475		
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545	49	35
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625		
Bowling ^d	Bowling alley	1500	1450	580	870		
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965		
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090		

(ASHRAE fundamentals handbook, 2009, p 18.4)

Tabla 37. Calor latente y sensible por actividad de personas.

El cálculo de ganancia de calor por personas se muestra a continuación:

2.5.2.1 Ganancias por personas quirófano 1

Cargas por personas							
Hora	Personas	Calor Sensible por persona (Btu/h)	Calor Latente por persona (Btu/h)	CLF	Calor sensible total (Btu/h)	Calor latente total (Btu/h)	Q (Btu/h) Total
00:00	8	275	275	1	2200	2200	4400
01:00					2200	2200	4400
02:00					2200	2200	4400
03:00					2200	2200	4400
04:00					2200	2200	4400
05:00					2200	2200	4400
06:00					2200	2200	4400
07:00					2200	2200	4400
08:00					2200	2200	4400
09:00					2200	2200	4400
10:00					2200	2200	4400
11:00					2200	2200	4400
12:00					2200	2200	4400
13:00					2200	2200	4400
14:00					2200	2200	4400
15:00					2200	2200	4400
16:00					2200	2200	4400
17:00					2200	2200	4400
18:00					2200	2200	4400
19:00					2200	2200	4400
20:00					2200	2200	4400
21:00					2200	2200	4400
22:00					2200	2200	4400
23:00					2200	2200	4400

Tabla 38. Ganancia de calor por personas quirófano 1.

2.5.2.2 Ganancias por personas quirófano 2

Cargas por personas							
Hora	Personas	Calor Sensible por persona (Btu/h)	Calor Latente por persona (Btu/h)	CLF	Calor sensible total (Btu/h)	Calor latente total (Btu/h)	Q (Btu/h) Total
00:00	8	275	275	1	2200	2200	4400
01:00					2200	2200	4400
02:00					2200	2200	4400
03:00					2200	2200	4400
04:00					2200	2200	4400
05:00					2200	2200	4400
06:00					2200	2200	4400
07:00					2200	2200	4400
08:00					2200	2200	4400
09:00					2200	2200	4400
10:00					2200	2200	4400
11:00					2200	2200	4400
12:00					2200	2200	4400
13:00					2200	2200	4400
14:00					2200	2200	4400
15:00					2200	2200	4400
16:00					2200	2200	4400
17:00					2200	2200	4400
18:00					2200	2200	4400
19:00					2200	2200	4400
20:00					2200	2200	4400
21:00					2200	2200	4400
22:00					2200	2200	4400
23:00					2200	2200	4400

Tabla 39. Ganancia de calor por personas quirófano 2.

2.5.2.3 Ganancias por personas quirófano 3

Cargas por personas							
Hora	Personas	Calor Sensible por persona (Btu/h)	Calor Latente por persona (Btu/h)	CLF	Calor sensible total (Btu/h)	Calor latente total (Btu/h)	Q (Btu/h) Total
00:00	8	275	275	1	2200	2200	4400
01:00					2200	2200	4400
02:00					2200	2200	4400
03:00					2200	2200	4400
04:00					2200	2200	4400
05:00					2200	2200	4400
06:00					2200	2200	4400
07:00					2200	2200	4400
08:00					2200	2200	4400
09:00					2200	2200	4400
10:00					2200	2200	4400
11:00					2200	2200	4400
12:00					2200	2200	4400
13:00					2200	2200	4400
14:00					2200	2200	4400
15:00					2200	2200	4400
16:00					2200	2200	4400
17:00					2200	2200	4400
18:00					2200	2200	4400
19:00					2200	2200	4400
20:00					2200	2200	4400
21:00					2200	2200	4400
22:00					2200	2200	4400
23:00					2200	2200	4400

Tabla 40. Ganancia de calor por personas quirófano 3.

2.5.3 Ganancias internas por equipos

Las cargas por equipos se encontraron en tablas de la ASHRAE con valores recomendados para los equipos que normalmente están en las salas de cirugía.

Table 8 Recommended Rate of Heat Gain from Restaurant Equipment Located in Air-Conditioned Areas

Appliance	Size	Energy Rate, W		Recommended Rate of Heat Gain, ^a W			
		Rated	Standby	Without Hood			With Hood
				Sensible	Latent	Total	Sensible
Electric, No Hood Required							
Dishwasher (hood type, water sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	380	—	56	123	179	56
Dishwasher (conveyor type, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	340	—	41	97	138	44
Dishwasher (conveyor type, water sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	340	—	44	108	152	50
Display case (refrigerated), per cubic metre of interior	0.17 to 1.9 m ³	1590	—	640	0	640	0
Dough roller (large)	2 rollers	1610	—	1610	—	1610	0
Dough roller (small)	1 roller	460	—	460	—	460	0
Egg cooker	12 eggs	1800	—	850	570	1420	460
Food processor	2.3 L	520	—	520	—	520	0
Food warmer (infrared bulb), per lamp	1 to 6 bulbs	250	—	250	—	250	250
Food warmer (shelf type), per square metre of surface	0.28 to 0.84 m ²	2930	—	2330	600	2930	820
Food warmer (infrared tube), per metre of length	1.0 to 2.1 m	950	—	950	—	950	950
Food warmer (well type), per cubic metre of well	20 to 70 L	37400	—	12400	6360	18760	6000
Freezer (large)	2.07 m ³	1340	—	540	—	540	0
Freezer (small)	0.51 m ³	810	—	320	—	320	0
Griddle/grill (large), per square metre of cooking surface	0.43 to 1.1 m ²	29000	—	1940	1080	3020	1080
Griddle/grill (small), per square metre of cooking surface	0.20 to 0.42 m ²	26200	—	1720	970	2690	940
Hot dog broiler	48 to 56 hot dogs	1160	—	100	50	150	48
Hot plate (double burner, high speed)		4900	—	2290	1590	3880	1830
Hot plate (double burner stockpot)		4000	—	1870	1300	3170	1490
Hot plate (single burner, high speed)		2800	—	1310	910	2220	1040
Hot water urn (large), per litre of capacity	53 L	130	—	50	16	66	21
Hot water urn (small), per litre of capacity	7.6 L	230	—	87	30	117	37
Ice maker (large)	100 kg/day	1090	—	2730	—	2730	0
Ice maker (small)	50 kg/day	750	—	1880	—	1880	0
Microwave oven (heavy duty, commercial)	20 L	2630	—	2630	—	2630	0
Microwave oven (residential type)	30 L	600 to 1400	—	600 to 1400	—	600 to 1400	0
Mixer (large), per litre of capacity	77 L	29	—	29	—	29	0
Mixer (small), per litre of capacity	11 to 72 L	15	—	15	—	15	0
Press cooker (hamburger)	300 patties/h	2200	—	1450	750	2200	700
Refrigerator (large), per cubic metre of interior space	0.71 to 2.1 m ³	780	—	310	—	310	0
Refrigerator (small) per cubic metre of interior space	0.17 to 0.71 m ³	1730	—	690	—	690	0
Rotisserie	300 hamburgers/h	3200	—	2110	1090	3200	1020
Serving cart (hot), per cubic metre of well	50 to 90 L	21200	—	7060	3530	10590	3390
Serving drawer (large)	252 to 336 dinner rolls	1100	—	140	10	150	45
Serving drawer (small)	84 to 168 dinner rolls	800	—	100	10	110	33
Skillet (tilting), per litre of capacity	45 to 125 L	180	—	90	50	140	66
Slicer, per square metre of slicing carriage	0.06 to 0.09 m ²	2150	—	2150	—	2150	680
Soup cooker, per litre of well	7 to 11 L	130	—	45	24	69	21
Steam cooker, per cubic metre of compartment	30 to 60 L	214000	—	17000	10900	27900	8120
Steam kettle (large), per litre of capacity	76 to 300 L	95	—	7	5	12	4
Steam kettle (small), per litre of capacity	23 to 45 L	260	—	21	14	35	10
Syrup warmer, per litre of capacity	11 L	87	—	29	16	45	14

(ASHRAE fundamentals handbook, 1997, p 28.12)

Tabla 41. Ganancia de calor por equipos #1.

Table 6 Recommended Heat Gain from Typical Medical Equipment

Equipment	Nameplate, W	Peak, W	Average, W
Anesthesia system	250	177	166
Blanket warmer	500	504	221
Blood pressure meter	180	33	29
Blood warmer	360	204	114
ECG/RESP	1440	54	50
Electrosurgery	1000	147	109
Endoscope	1688	605	596
Harmonical scalpel	230	60	59
Hysteroscopic pump	180	35	34
Laser sonics	1200	256	229
Optical microscope	330	65	63
Pulse oximeter	72	21	20
Stress treadmill	N/A	198	173
Ultrasound system	1800	1063	1050
Vacuum suction	621	337	302
X-ray system	968		82
	1725	534	480
	2070		18

Source: Hosni et al. (1999).

(ASHRAE fundamentals handbook, 2009, p 18.11)

Tabla 42. Ganancia de calor por equipos #2.

Table 8 Recommended Heat Gain from Typical Computer Equipment

	Continuous, W	Energy Saver Mode, W
Computers^a		
Average value	55	20
Conservative value	65	25
Highly conservative value	75	30
Monitors^b		
Small (13 to 15 in.)	55	0
Medium (16 to 18 in.)	70	0
Large (19 to 20 in.)	80	0

Sources: Hosni et al. (1999), Wilkins and McGaffin (1994).

^aBased on 386, 486, and Pentium grade.

^bTypical values for monitors displaying Windows environment.

(ASHRAE fundamentals handbook, 2005, p 30.11)

Tabla 43. Ganancia de calor por equipos #3.

**Table 7 Recommended Heat Gain from
Typical Laboratory Equipment**

Equipment	Nameplate, W	Peak, W	Average, W
Analytical balance	7	7	7
Centrifuge	138	89	87
	288	136	132
	5500	1176	730
Electrochemical analyzer	50	45	44
	100	85	84
Flame photometer	180	107	105
Fluorescent microscope	150	144	143
	200	205	178
Function generator	58	29	29
Incubator	515	461	451
	600	479	264
	3125	1335	1222
Orbital shaker	100	16	16
Oscilloscope	72	38	38
	345	99	97
Rotary evaporator	75	74	73
	94	29	28
Spectronics	36	31	31
Spectrophotometer	575	106	104
	200	122	121
	N/A	127	125
Spectro fluorometer	340	405	395
Thermocycler	1840	965	641
	N/A	233	198
Tissue culture	475	132	46
	2346	1178	1146

Source: Hosni et al. (1999).

(ASHRAE fundamentals handbook, 2009, p 18.11)

Tabla 44. Ganancia de calor por equipos #4.

Para el Cálculo de ganancia de calor se usó la siguiente fórmula:

$$Q = 3,41.W$$

Dónde:

3,41: Factor de conversión Watts a Btu/h

Q: Ganancia de calor en Btu/h

W: Ganancia de calor de equipo en Watts.

El cálculo de la ganancia de calor total por equipos se muestra a continuación:

2.5.3.1 Ganancias por equipos quirófano 1

Tipo de equipo	Q (W) Total	Q (Btu/h) total
Anesthesia system	177	604,3
Blanket Warmer	504	1720,7
Blood Pressure meter	33	112,7
Blood wamer	204	696,5
ECG/RESP	54	184,4
Electro surgery	147	501,9
Endoscope	605	2065,6
Harmonical scalpel	60	204,8
Hysteroscopic pump	35	119,5
Laser sonics	256	874,0
Pulse oximeter	21	71,7
Ultrasound system	1063	3629,2
Incubator	1335	4557,9
Function generator	29	99,0
Monitor	55	187,8
Small Refrigerator	690	2355,8
Total		17381,4

Tabla 45. Ganancia de calor por equipos quirófano 1.

2.5.3.2 Ganancias por equipos quirófano 2

Tipo de equipo	Q (W) Total	Q (Btu/h) total
Anesthesia system	177	604,3
Blanket Warmer	504	1720,7
Blood Pressure meter	33	112,7
Blood wamer	204	696,5
ECG/RESP	54	184,4
Electro surgery	147	501,9
Endoscope	605	2065,6
Harmonical scalpel	60	204,8
Hysteroscopic pump	35	119,5
Laser sonics	256	874,0
Pulse oximeter	21	71,7
Ultrasound system	1063	3629,2
Incubator	1335	4557,9
Function generator	29	99,0
Small Refrigerator	690	2355,8
Total		17193,6

Tabla 46. Ganancia de calor por equipos quirófano 2.

2.5.3.3 Ganancias por equipos quirófano 3

Tipo de equipo	Q (W) Total	Q (Btu/h) total
Anesthesia system	177	604,3
Blanket Warmer	504	1720,7
Blood Pressure meter	33	112,7
Blood wamer	204	696,5
ECG/RESP	54	184,4
Electro surgery	147	501,9
Endoscope	605	2065,6
Harmonical scalpel	60	204,8
Hysteroscopic pump	35	119,5
Laser sonics	256	874,0
Pulse oximeter	21	71,7
Ultrasound system	1063	3629,2
Incubator	1335	4557,9
Function generator	29	99,0
Monitor	55	187,8
Small Refrigerator	690	2355,8
Total		17381,4

Tabla 47. Ganancia de calor por equipos quirófano 3.

2.6 CARGAS POR VENTILACIÓN

Se Calculó la carga por ventilación, ya que como se había explicado antes no hay carga por infiltración debido a que la presión del interior del local es mayor que en el exterior del mismo.

Las cargas por ventilación se calcularon por medio de las siguientes fórmulas:

$$q_s = 1,1 \times \text{CFM} \times \Delta T$$

$$q_l = 4840 \times \text{CFM} \times \Delta W$$

$$Q_{\text{total}} = q_s + q_l$$

Dónde:

q_s = Calor sensible en Btu/h

q_l = Calor latente en Btu/h

CFM = Volumen o caudal de ventilación de aire en ft^3/min .

ΔT = Diferencia de temperatura entre el exterior y el local en Fahrenheit.

ΔW = Diferencia de humedad específica en lb vapor de agua / lb aire seco.

En la siguiente tabla encontramos el valor de los cfm:

TABLE E-1*
Outdoor Air Requirements for Ventilation of Health Care Facilities (Hospitals, Nursing and Convalescent Homes)

Application	Estimated Maximum ^{**} Occupancy P/1000 ft ² or 100 m ²	Outdoor Air Requirements			Comments
		cfm/person	L/s · person	cfm/ft ² L/s · m ²	
Patient rooms	10	25	13		Special requirements or codes and pressure relationships may determine minimum ventilation rates and filter efficiency. Procedures generating contaminants may require higher rates.
Medical procedure	20	15	8		
Operating rooms	20	30	15		
Recovery and ICU	20	15	8		
Autopsy rooms	20			0.50 2.50	Air shall not be recirculated into other spaces.
Physical therapy	20	15	8		

(ANSI/ASHRAE Standard, 2003, p 9)

Tabla 48.CFM recomendados por personas para ventilación aceptable.

PSICOMETRIA

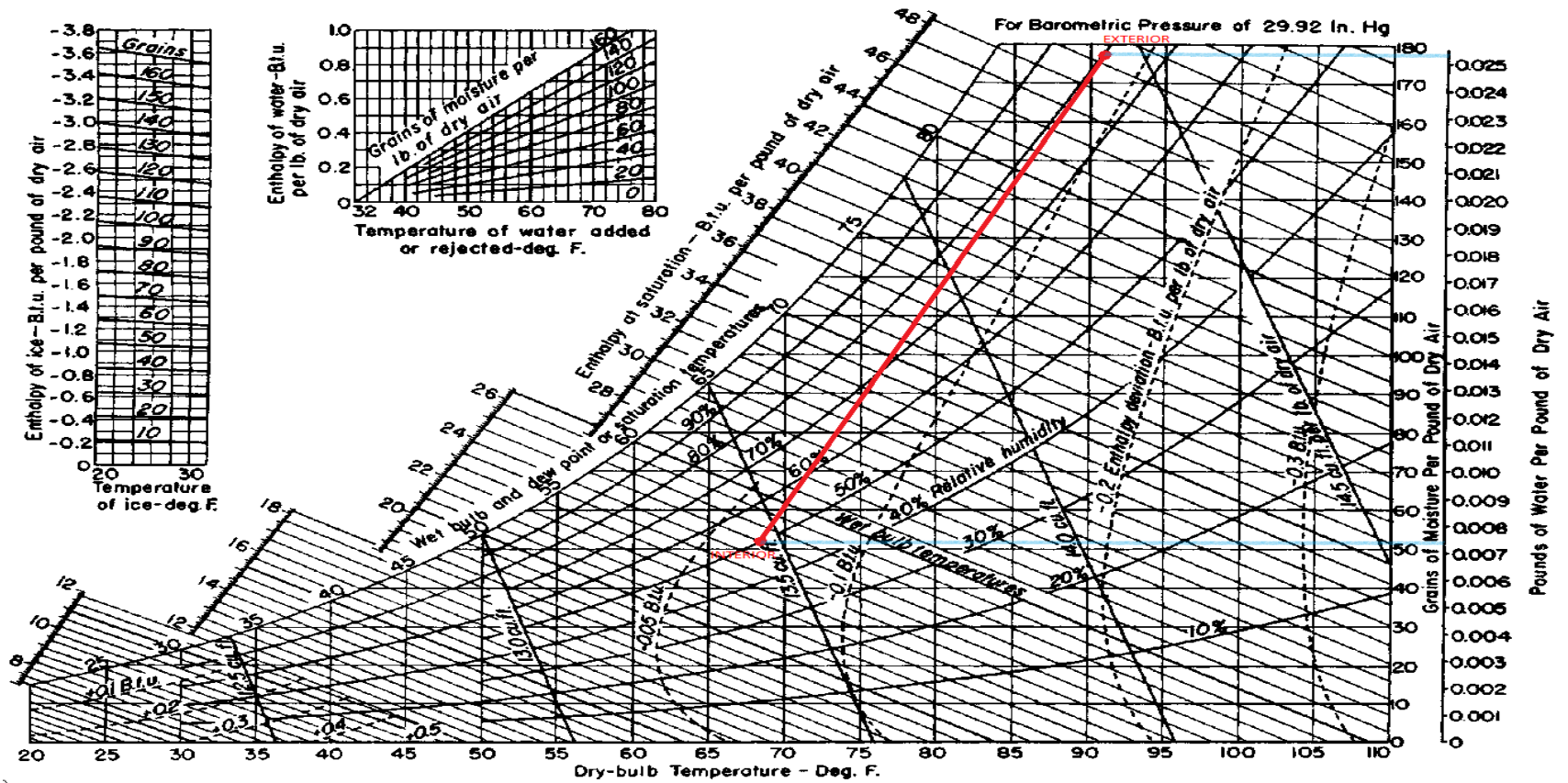


Fig. 5 Carta Psicométrica.

$$\Delta T = T_{ext} - T_{int} = 91,4 - 68 \quad \Delta W = W_{ext} - W_{int} = 0,0254 - 0,0074$$

$\Delta T = 23,4^{\circ}F \quad \Delta W = 0,018 \text{ lb}_{\text{agua}} / \text{lb}_{\text{aire seco}}$

2.6.1 Cargas por ventilación quirófano 1

	CFM	Cantidad	CFM total
Personas	30	8	240

Hora	CFM (ft ³ /min)	T ext(°F)	T int(°F)	ΔT (°F)	ΔW (lb _{agua} /lb _{aire seco})	Q sensible (Btu/h)	Q latente (Btu/h)	Q total (Btu/h)
00:00	240	82,4	68,0	14,4	0,018	3802	20909	24710
01:00		82,4		14,4		3802		24710
02:00		82,4		14,4		3802		24710
03:00		82,4		14,4		3802		24710
04:00		80,6		12,6		3326		24235
05:00		80,6		12,6		3326		24235
06:00		80,6		12,6		3326		24235
07:00		82,4		14,4		3802		24710
08:00		82,4		14,4		3802		24710
09:00		86,0		18,0		4752		25661
10:00		89,6		21,6		5702		26611
11:00		89,6		21,6		5702		26611
12:00		91,4		23,4		6178		27086
13:00		89,6		21,6		5702		26611
14:00		89,6		21,6		5702		26611
15:00		89,6		21,6		5702		26611
16:00		87,8		19,8		5227		26136
17:00		87,8		19,8		5227		26136
18:00		87,8		19,8		5227		26136
19:00		86,0		18,0		4752		25661
20:00		84,2		16,2		4277		25186
21:00		82,4		14,4		3802		24710
22:00		84,2		16,2		4277		25186
23:00		82,4		14,4		3802		24710

Tabla 49. Cargas por ventilación quirófano 1.

2.6.2 Cargas por ventilación quirófano 2

	CFM	Cantidad	CFM total
Personas	30	8	240

Hora	CFM (ft ³ /min)	T ext (°F)	T int (°F)	ΔT (°F)	ΔW (lb _{agua} /lb _{aire seco})	Q sensible (Btu/h)	Q latente (Btu/h)	Q total (Btu/h)
00:00	240	82,4	68,0	14,4	0,018	3802	20909	24710
01:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
02:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
03:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
04:00		80,6		12,6		3326	20909	24235
05:00		80,6		12,6		3326	20909	24235
06:00		80,6		12,6		3326	20909	24235
07:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
08:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
09:00		86,0		18,0		4752	20909	25661
10:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
11:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
12:00		91,4		23,4		6178	20909	27086
13:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
14:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
15:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
16:00		87,8		19,8		5227	20909	26136
17:00		87,8		19,8		5227	20909	26136
18:00		87,8		19,8		5227	20909	26136
19:00		86,0		18,0		4752	20909	25661
20:00		84,2		16,2		4277	20909	25186
21:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
22:00		84,2		16,2		4277	20909	25186
23:00		82,4		14,4		3802	20909	24710

Tabla 50. Cargas por ventilación quirófano 2.

2.6.3 Cargas por ventilación quirófano 3

	CFM	Cantidad	CFM total
Personas	30	8	240

Hora	CFM (ft ³ /min)	T ext (°F)	T int (°F)	ΔT (°F)	ΔW (lb _{agua} /lb _{aire seco})	Q sensible (Btu/h)	Q latente (Btu/h)	Q total (Btu/h)
00:00	240	82,4	68,0	14,4	0,018	3802	20909	24710
01:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
02:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
03:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
04:00		80,6		12,6		3326	20909	24235
05:00		80,6		12,6		3326	20909	24235
06:00		80,6		12,6		3326	20909	24235
07:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
08:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
09:00		86,0		18,0		4752	20909	25661
10:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
11:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
12:00		91,4		23,4		6178	20909	27086
13:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
14:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
15:00		89,6		21,6		5702	20909	26611
16:00		87,8		19,8		5227	20909	26136
17:00		87,8		19,8		5227	20909	26136
18:00		87,8		19,8		5227	20909	26136
19:00		86,0		18,0		4752	20909	25661
20:00		84,2		16,2		4277	20909	25186
21:00		82,4		14,4		3802	20909	24710
22:00		84,2		16,2		4277	20909	25186
23:00		82,4		14,4		3802	20909	24710

Tabla 51. Cargas por ventilación quirófano 3.

2.7 CARGA TERMICA TOTAL

$$Q_{total} = Q_{paredes} + Q_{columnas} + Q_{techo} + Q_{piso} + Q_{puertas} + Q_{iluminación} + Q_{personas} + Q_{equipos} + Q_{ventilación}$$

2.7.1 Cargas térmicas totales quirófano 1

HORAS	Q Paredes internas	Q paredes externas	Q columnas internas	Q columnas externas	Q techos y pisos	Q puertas	Q luces	Q personas	Q equipos	Q ventilación	Q total
00:00	707,70	677,69	176,53	127,56	689,79	29,44	3687,92	4400	17381,4	24710	52588,42
01:00	707,70	628,01	176,53	118,21	689,79	29,44	3687,92	4400	17381,4	24710	52529,38
02:00	707,70	578,33	176,53	108,86	689,79	29,44	3687,92	4400	17381,4	24710	52470,35
03:00	707,70	528,65	176,53	99,51	689,79	29,44	3687,92	4400	17381,4	24710	52411,32
04:00	707,70	478,97	176,53	90,16	637,25	29,44	3687,92	4400	17381,4	24235	51824,56
05:00	707,70	429,29	176,53	80,80	637,25	29,44	3687,92	4400	17381,4	24235	51765,52
06:00	707,70	396,17	176,53	74,57	637,25	29,44	3687,92	4400	17381,4	24235	51726,17
07:00	707,70	363,05	176,53	68,34	689,79	29,44	3687,92	4400	17381,4	24710	52214,55
08:00	707,70	329,93	176,53	62,10	689,79	29,44	3687,92	4400	17381,4	24710	52175,19
09:00	707,70	313,37	176,53	58,99	794,85	29,44	3687,92	4400	17381,4	25661	53210,98
10:00	707,70	296,81	176,53	55,87	899,92	29,44	3687,92	4400	17381,4	26611	54246,77
11:00	707,70	296,81	176,53	55,87	899,92	29,44	3687,92	4400	17381,4	26611	54246,77
12:00	707,70	296,81	176,53	55,87	899,92	29,44	3687,92	4400	17381,4	27086	54721,97
13:00	707,70	329,93	176,53	62,10	899,92	29,44	3687,92	4400	17381,4	26611	54286,13
14:00	707,70	363,05	176,53	68,34	899,92	29,44	3687,92	4400	17381,4	26611	54325,48
15:00	707,70	429,29	176,53	80,80	899,92	29,44	3687,92	4400	17381,4	26611	54404,19
16:00	707,70	512,09	176,53	96,39	847,39	29,44	3687,92	4400	17381,4	26136	53974,85
17:00	707,70	611,45	176,53	115,09	847,39	29,44	3687,92	4400	17381,4	26136	54092,91
18:00	707,70	694,25	176,53	130,68	847,39	29,44	3687,92	4400	17381,4	26136	54191,29
19:00	707,70	760,49	176,53	143,15	794,85	29,44	3687,92	4400	17381,4	25661	53742,27
20:00	707,70	793,61	176,53	149,38	742,32	29,44	3687,92	4400	17381,4	25186	53253,89
21:00	707,70	793,61	176,53	149,38	689,79	29,44	3687,92	4400	17381,4	24710	52726,16
22:00	707,70	777,05	176,53	146,26	742,32	29,44	3687,92	4400	17381,4	25186	53234,21
23:00	707,70	727,37	176,53	136,91	689,79	29,44	3687,92	4400	17381,4	24710	52647,45

Tabla 52. Cargas térmicas totales quirófano 1.

2.7.2 Cargas térmicas totales quirófano 2

HORAS	Q Paredes internas	Q columnas internas	Q techos y pisos	Q puertas	Q luces	Q personas	Q equipos	Q ventilación	Q total
00:00	571,72	105,92	786,13	29,44	3687,92	4400	17193,58	24710	51485,10
01:00	571,72	105,92	786,13	29,44	3687,92	4400	17193,58	24710	51485,10
02:00	571,72	105,92	786,13	29,44	3687,92	4400	17193,58	24710	51485,10
03:00	571,72	105,92	786,13	29,44	3687,92	4400	17193,58	24710	51485,10
04:00	571,72	105,92	730,09	29,44	3687,92	4400	17193,58	24235	50953,87
05:00	571,72	105,92	730,09	29,44	3687,92	4400	17193,58	24235	50953,87
06:00	571,72	105,92	730,09	29,44	3687,92	4400	17193,58	24235	50953,87
07:00	571,72	105,92	786,13	29,44	3687,92	4400	17193,58	24710	51485,10
08:00	571,72	105,92	786,13	29,44	3687,92	4400	17193,58	24710	51485,10
09:00	571,72	105,92	898,20	29,44	3687,92	4400	17193,58	25661	52547,57
10:00	571,72	105,92	1010,27	29,44	3687,92	4400	17193,58	26611	53610,05
11:00	571,72	105,92	1010,27	29,44	3687,92	4400	17193,58	26611	53610,05
12:00	571,72	105,92	1010,27	29,44	3687,92	4400	17193,58	27086	54085,25
13:00	571,72	105,92	1010,27	29,44	3687,92	4400	17193,58	26611	53610,05
14:00	571,72	105,92	1010,27	29,44	3687,92	4400	17193,58	26611	53610,05
15:00	571,72	105,92	1010,27	29,44	3687,92	4400	17193,58	26611	53610,05
16:00	571,72	105,92	954,24	29,44	3687,92	4400	17193,58	26136	53078,81
17:00	571,72	105,92	954,24	29,44	3687,92	4400	17193,58	26136	53078,81
18:00	571,72	105,92	954,24	29,44	3687,92	4400	17193,58	26136	53078,81
19:00	571,72	105,92	898,20	29,44	3687,92	4400	17193,58	25661	52547,57
20:00	571,72	105,92	842,17	29,44	3687,92	4400	17193,58	25186	52016,34
21:00	571,72	105,92	786,13	29,44	3687,92	4400	17193,58	24710	51485,10
22:00	571,72	105,92	842,17	29,44	3687,92	4400	17193,58	25186	52016,34
23:00	571,72	105,92	786,13	29,44	3687,92	4400	17193,58	24710	51485,10

Tabla 53. Cargas térmicas totales quirófano 2.

2.7.3 Cargas térmicas totales quirófano 3

HORAS	Q Paredes internas	Q columnas internas	Q techos y pisos	Q puertas	Q luces	Q personas	Q equipos	Q ventilación	Q total
00:00	837,5	176,53	737	29,44	2891,68	4400	17381,4	24710	51163,93
01:00	837,5	176,53	737	29,44	2891,68	4400	17381,4	24710	51163,93
02:00	837,5	176,53	737	29,44	2891,68	4400	17381,4	24710	51163,93
03:00	837,5	176,53	737	29,44	2891,68	4400	17381,4	24710	51163,93
04:00	837,5	176,53	684,5	29,44	2891,68	4400	17381,4	24235	50636,20
05:00	837,5	176,53	684,5	29,44	2891,68	4400	17381,4	24235	50636,20
06:00	837,5	176,53	684,5	29,44	2891,68	4400	17381,4	24235	50636,20
07:00	837,5	176,53	737	29,44	2891,68	4400	17381,4	24710	51163,93
08:00	837,5	176,53	737	29,44	2891,68	4400	17381,4	24710	51163,93
09:00	837,5	176,53	842,1	29,44	2891,68	4400	17381,4	25661	52219,40
10:00	837,5	176,53	947,1	29,44	2891,68	4400	17381,4	26611	53274,87
11:00	837,5	176,53	947,1	29,44	2891,68	4400	17381,4	26611	53274,87
12:00	837,5	176,53	947,1	29,44	2891,68	4400	17381,4	27086	53750,07
13:00	837,5	176,53	947,1	29,44	2891,68	4400	17381,4	26611	53274,87
14:00	837,5	176,53	947,1	29,44	2891,68	4400	17381,4	26611	53274,87
15:00	837,5	176,53	947,1	29,44	2891,68	4400	17381,4	26611	53274,87
16:00	837,5	176,53	894,6	29,44	2891,68	4400	17381,4	26136	52747,13
17:00	837,5	176,53	894,6	29,44	2891,68	4400	17381,4	26136	52747,13
18:00	837,5	176,53	894,6	29,44	2891,68	4400	17381,4	26136	52747,13
19:00	837,5	176,53	842,1	29,44	2891,68	4400	17381,4	25661	52219,40
20:00	837,5	176,53	789,5	29,44	2891,68	4400	17381,4	25186	51691,67
21:00	837,5	176,53	737	29,44	2891,68	4400	17381,4	24710	51163,93
22:00	837,5	176,53	789,5	29,44	2891,68	4400	17381,4	25186	51691,67
23:00	837,5	176,53	737	29,44	2891,68	4400	17381,4	24710	51163,93

Tabla 54. Cargas térmicas totales quirófano 3.

2.8 CALCULO DE EXERGÍA.

2.8.1 Calculo de exergía por paredes, puertas, columnas, techos y pisos.

- ✓ Exergía por ganancia de carga térmica

Paredes:

Para este caso debes tomar cada una de las paredes y calcular la exergía producida de manera independiente y luego hacer la sumatoria de cada exergía por pared, y de igual forma para las puertas, columnas, techos y pisos.

Para este caso calculamos la exergía de una de ellas con la siguiente fórmula:

$$X_{tran} = \sum_{i=1}^n (Q_{tran,i} \cdot \left(1 - \frac{T_{ext}}{T_{intp}}\right))$$

Dónde:

X_{tran} = Exergía por paredes, columnas, puertas, techo y pisos en Watts.

Q_{tran} = Calor conducido por paredes, columnas, puertas, techo y pisos en Watts.

T_{ext} = Temperatura exterior en Kelvin.

T_{intp} = Temperatura superficial de la pared interior en Kelvin.

2.8.1.1 Quirófano 1

2.8.1.1.1 Exergía por paredes y puertas.

Pared expuesta al sol suroeste			Pared suroeste			Puerta Noroeste		
Tintp (K)	296,15			Tintp (K)	296,15		Tintp (K)	296,15
Textp (K)	310,15			Textp (K)	300,15		Textp (K)	300,15
Qtran (W)	188,16			Qtran (W)	43,45		Qtran (W)	4,60

	Pared con contacto solar Suroeste		Pared Suroeste		Puerta Noroeste	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00	301,15	-3,177	298,150	-0,293	293,15	0,047
01:00	301,15	-3,177		-0,293		0,047
02:00	301,15	-3,177		-0,293		0,047
03:00	301,15	-3,177		-0,293		0,047
04:00	300,15	-2,541		-0,293		0,047
05:00	300,15	-2,541		-0,293		0,047
06:00	300,15	-2,541		-0,293		0,047
07:00	301,15	-3,177		-0,293		0,047
08:00	301,15	-3,177		-0,293		0,047
09:00	303,15	-4,447		-0,293		0,047
10:00	305,15	-5,718		-0,293		0,047
11:00	305,15	-5,718		-0,293		0,047
12:00	306,15	-6,354		-0,293		0,047
13:00	305,15	-5,718		-0,293		0,047
14:00	305,15	-5,718		-0,293		0,047
15:00	305,15	-5,718		-0,293		0,047
16:00	304,15	-5,083		-0,293		0,047
17:00	304,15	-5,083		-0,293		0,047
18:00	304,15	-5,083		-0,293		0,047
19:00	303,15	-4,447		-0,293		0,047
20:00	302,15	-3,812		-0,293		0,047
21:00	301,15	-3,177		-0,293		0,047
22:00	302,15	-3,812		-0,293		0,047
23:00	301,15	-3,177		-0,293		0,047

Tabla 55. Exergía por superficies quirófano 1.

	Pared Noroeste		Pared Noreste		Puerta Sureste		Pared Sureste	
	Tintp (K)	296,2	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,2
	Textp (K)	300,2	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,2
	Qtran (W)	52,62	Qtran (W)	77,241	Qtran (W)	2,30	Qtran (W)	69,76

	Pared Noroeste		Pared Noreste		Puerta Sureste		Pared Sureste	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
01:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
02:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
03:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
04:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
05:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
06:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
07:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
08:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
09:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
10:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
11:00	298,150	-0,355	293,150	0,782	298,150	-0,016	298,150	-0,471
12:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
13:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
14:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
15:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
16:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
17:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
18:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
19:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
20:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
21:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
22:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471
23:00		-0,355		0,782		-0,016		-0,471

Tabla 55. Exergía por superficies quirófano 1 (Continuación).

2.8.1.1.2 Exergía por columnas.

Columna expuesta al sol suroeste # 7			Columna # 6			Columna # 5		
Tintp (K)	296,15			Tintp (K)	296,15		Tintp (K)	296,15
Textp (K)	310,15			Textp (K)	300,15		Textp (K)	300,15
Qtran (W)	35,389			Qtran (W)	8,273		Qtran (W)	16,545

Columna con contacto solar Suroeste # 7			Columna # 6			Columna # 5	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	
00:00	301,15	-0,597	300,150	-0,112	298,150	-0,112	
01:00	301,15	-0,597		-0,140		-0,112	
02:00	301,15	-0,597		-0,140		-0,112	
03:00	301,15	-0,597		-0,140		-0,112	
04:00	300,15	-0,478		-0,112		-0,112	
05:00	300,15	-0,478		-0,112		-0,112	
06:00	300,15	-0,478		-0,112		-0,112	
07:00	301,15	-0,597		-0,140		-0,112	
08:00	301,15	-0,597		-0,140		-0,112	
09:00	303,15	-0,836		-0,196		-0,112	
10:00	305,15	-1,075		-0,251		-0,112	
11:00	305,15	-1,075		-0,251		-0,112	
12:00	306,15	-1,195		-0,279		-0,112	
13:00	305,15	-1,075		-0,251		-0,112	
14:00	305,15	-1,075		-0,251		-0,112	
15:00	305,15	-1,075		-0,251		-0,112	
16:00	304,15	-0,956		-0,223		-0,112	
17:00	304,15	-0,956		-0,223		-0,112	
18:00	304,15	-0,956		-0,223		-0,112	
19:00	303,15	-0,836		-0,196		-0,112	
20:00	302,15	-0,717		-0,168		-0,112	
21:00	301,15	-0,597		-0,140		-0,112	
22:00	301,15	-0,597		-0,140		-0,112	
23:00	301,15	-0,597		-0,140		-0,112	

Tabla 55. Exergía por superficies quirófano 1 (Continuación).

	Columna # 4		Columna # 3		Columna # 2		Columna # 1	
	Tintp (K)	296,2	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,2
	Textp (K)	300,2	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,2
	Qtran (W)	16,55	Qtran (W)	8,2727	Qtran (W)	8,2727	Qtran (W)	16,55

	Columna # 4		Columna # 3		Columna # 2		Columna # 1	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00	298,150	-0,112	293,150	0,084	293,150	0,084	298,150	-0,112
01:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
02:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
03:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
04:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
05:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
06:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
07:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
08:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
09:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
10:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
11:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
12:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
13:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
14:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
15:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
16:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
17:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
18:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
19:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
20:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
21:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
22:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112
23:00		-0,112		0,084		0,084		-0,112

Tabla 55. Exergía por superficies quirófano 1 (Continuación).

2.8.1.1.3 Exergía por techo y piso quirófano 1.

Techos		Pisos	
Tintp(K)	296,15	Tintp(K)	296,15
Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15
Qtran (W)	97,347	Qtran (W)	61,548

Hora	Techos		Pisos	
	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00	298,15	-0,657	301,15	-1,039
01:00		-0,657	301,15	-1,039
02:00		-0,657	301,15	-1,039
03:00		-0,657	301,15	-1,039
04:00		-0,657	300,15	-0,831
05:00		-0,657	300,15	-0,831
06:00		-0,657	300,15	-0,831
07:00		-0,657	301,15	-1,039
08:00		-0,657	301,15	-1,039
09:00		-0,657	303,15	-1,455
10:00		-0,657	305,15	-1,870
11:00		-0,657	305,15	-1,870
12:00		-0,657	306,15	-2,078
13:00		-0,657	305,15	-1,870
14:00		-0,657	305,15	-1,870
15:00		-0,657	305,15	-1,870
16:00		-0,657	304,15	-1,663
17:00		-0,657	304,15	-1,663
18:00		-0,657	304,15	-1,663
19:00		-0,657	303,15	-1,455
20:00		-0,657	302,15	-1,247
21:00		-0,657	301,15	-1,039
22:00		-0,657	302,15	-1,247
23:00		-0,657	301,15	-1,039

Tabla 56. Exergía por techo y piso quirófano 1.

2.8.1.1.4 Exergía total por transmisión térmica

Hora	$\Sigma X_{\text{trpared}}$	$\Sigma X_{\text{trcolumnna}}$	$\Sigma X_{\text{trantechoypisos}}$	ΣX_{tran}
00:00	-3,483	-0,877	-0,877	-6,057
01:00	-3,483	-0,905	-0,863	-6,084
02:00	-3,483	-0,905	-0,821	-6,084
03:00	-3,483	-0,905	-0,780	-6,084
04:00	-3,483	-0,757	-0,591	-5,094
05:00	-3,483	-0,757	-0,549	-5,094
06:00	-3,483	-0,757	-0,507	-5,094
07:00	-3,483	-0,905	-0,613	-6,084
08:00	-3,483	-0,905	-0,571	-6,084
09:00	-3,483	-1,200	-0,825	-8,066
10:00	-3,483	-1,494	-1,078	-10,047
11:00	-3,483	-1,494	-1,036	-10,047
12:00	-3,483	-1,642	-1,142	-11,038
13:00	-3,483	-1,494	-0,953	-10,047
14:00	-3,483	-1,494	-0,911	-10,047
15:00	-3,483	-1,494	-0,869	-10,047
16:00	-3,483	-1,347	-0,680	-9,056
17:00	-3,483	-1,347	-0,639	-9,056
18:00	-3,483	-1,347	-0,597	-9,056
19:00	-3,483	-1,200	-0,408	-8,066
20:00	-3,483	-1,052	-0,219	-7,075
21:00	-3,483	-0,905	-0,030	-6,084
22:00	-3,483	-0,905	0,012	-6,928
23:00	-3,483	-0,905	0,054	-6,084

Tabla 57. Exergía por transmisión térmica quirófano 1.

2.8.1.2 Quirófano 2

2.8.1.2.1 Exergía por paredes y puertas.

Pared con contacto solar Suroeste			Puerta Noroeste		Pared Noroeste		Pared Noreste	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00	293,15	0,782	298	-0,031	298,150	-0,394	293,15	0,765
01:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
02:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
03:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
04:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
05:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
06:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
07:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
08:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
09:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
10:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
11:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
12:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
13:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
14:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
15:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
16:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
17:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
18:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
19:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
20:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
21:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
22:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765
23:00		0,782		-0,031		-0,394		0,765

Tabla 58. Exergía por superficies quirófano 2.

		Puerta Sureste		Pared Sureste	
		Tintp(K)	296,15	Tintp(K)	296,15
		Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15
		Qtran(W)	2,30	Qtran (W)	75,55
		Puerta Sureste		Pared Sureste	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	
00:00	298,150	-0,016	298,150	-0,510	
01:00		-0,016		-0,510	
02:00		-0,016		-0,510	
03:00		-0,016		-0,510	
04:00		-0,016		-0,510	
05:00		-0,016		-0,510	
06:00		-0,016		-0,510	
07:00		-0,016		-0,510	
08:00		-0,016		-0,510	
09:00		-0,016		-0,510	
10:00		-0,016		-0,510	
11:00		-0,016		-0,510	
12:00		-0,016		-0,510	
13:00		-0,016		-0,510	
14:00		-0,016		-0,510	
15:00		-0,016		-0,510	
16:00		-0,016		-0,510	
17:00		-0,016		-0,510	
18:00		-0,016		-0,510	
19:00		-0,016		-0,510	
20:00		-0,016		-0,510	
21:00		-0,016		-0,510	
22:00		-0,016		-0,510	
23:00		-0,016		-0,510	

Tabla 58. Exergía por superficies quirófano 2 (Continuación).

2.8.1.2.2 Exergía por columnas.

Columna # 1		Columna Suroeste # 2		Columna # 3		Columna # 4	
Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,15
Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15
Qtran (W)	16,545	Qtran (W)	8,27	Qtran (W)	8,27	Qtran (W)	16,545

Columna # 1			Columna Suroeste # 2		Columna # 3		Columna # 4	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
01:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
02:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
03:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
04:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
05:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
06:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
07:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
08:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
09:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
10:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
11:00	293,15	0,168	293,150	0,084	293,150	0,084	298,150	-0,112
12:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
13:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
14:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
15:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
16:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
17:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
18:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
19:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
20:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
21:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
22:00		0,168		0,084		0,084		-0,112
23:00		0,168		0,084		0,084		-0,112

Tabla 58. Exergía por superficies quirófano 2 (Continuación).

	Columna # 5		Columna # 2		Columna # 1	
	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,15
	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15
	Qtran (W)	16,545	Qtran (W)	8,27	Qtran (W)	8,27

	Columna # 5		Columna # 2		Columna # 1	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00	298,150	-0,112	293,150	0,084	293,150	0,084
01:00		-0,112		0,084		0,084
02:00		-0,112		0,084		0,084
03:00		-0,112		0,084		0,084
04:00		-0,112		0,084		0,084
05:00		-0,112		0,084		0,084
06:00		-0,112		0,084		0,084
07:00		-0,112		0,084		0,084
08:00		-0,112		0,084		0,084
09:00		-0,112		0,084		0,084
10:00		-0,112		0,084		0,084
11:00		-0,112		0,084		0,084
12:00		-0,112		0,084		0,084
13:00		-0,112		0,084		0,084
14:00		-0,112		0,084		0,084
15:00		-0,112		0,084		0,084
16:00		-0,112		0,084		0,084
17:00		-0,112		0,084		0,084
18:00		-0,112		0,084		0,084
19:00		-0,112		0,084		0,084
20:00		-0,112		0,084		0,084
21:00		-0,112		0,084		0,084
22:00		-0,112		0,084		0,084
23:00		-0,112		0,084		0,084

Tabla 58. Exergía por superficies quirófano 2 (Continuación).

2.8.1.2.3 Exergía por techo y pisos quirófano 2.

Techos		Pisos	
Tintp(K)	296,15	Tintp(K)	296,15
Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15
Qtran (W)	97,347	Qtran (W)	65,652

Hora	Techos		Pisos	
	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00	298,15	-0,657	301,150	-1,108
01:00		-0,657	301,150	-1,108
02:00		-0,657	301,150	-1,108
03:00		-0,657	301,150	-1,108
04:00		-0,657	300,150	-1,108
05:00		-0,657	300,150	-1,108
06:00		-0,657	300,150	-1,108
07:00		-0,657	301,150	-1,108
08:00		-0,657	301,150	-1,108
09:00		-0,657	303,150	-1,108
10:00		-0,657	305,150	-1,108
11:00		-0,657	305,150	-1,108
12:00		-0,657	306,150	-1,108
13:00		-0,657	305,150	-1,108
14:00		-0,657	305,150	-1,108
15:00		-0,657	305,150	-1,108
16:00		-0,657	304,150	-1,108
17:00		-0,657	304,150	-1,108
18:00		-0,657	304,150	-1,108
19:00		-0,657	303,150	-1,108
20:00		-0,657	302,150	-1,108
21:00		-0,657	301,150	-1,108
22:00		-0,657	301,150	-1,108
23:00		-0,657	301,150	-1,108

Tabla 59. Exergía por techo y piso quirófano 2.

2.8.1.2.4 Exergía por transmisión térmica.

Hora	$\Sigma X_{\text{trpared}}$	$\Sigma X_{\text{trcolumna}}$	$\Sigma X_{\text{trantechoypisos}}$	ΣX_{tran}
00:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
01:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
02:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
03:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
04:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
05:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
06:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
07:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
08:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
09:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
10:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
11:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
12:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
13:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
14:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
15:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
16:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
17:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
18:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
19:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
20:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
21:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
22:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890
23:00	0,596	0,279	-1,766	-0,890

Tabla 60. Exergía por transmisión térmica quirófano 2.

2.8.1.3 Quirófano 3

2.8.1.3.1 Exergía por paredes y puertas.

Pared suroeste			Puerta Noroeste		Pared Noroeste		Pared Noreste	
Tintp (K)	296,15		Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296	Tintp (K)	296
Textp (K)	300,15		Textp (K)	300,15	Textp (K)	300	Textp (K)	300
Qtran (W)	83,52		Qtran (W)	4,60	Qtran (W)	72,90	Qtran (W)	75,55

	Pared con contacto solar Suroeste		Puerta Noroeste		Pared Noroeste		Pared Noreste	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
01:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
02:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
03:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
04:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
05:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
06:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
07:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
08:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
09:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
10:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
11:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
12:00	293,15	0,846	298	-0,031	298,15	-0,492	293,15	0,765
13:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
14:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
15:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
16:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
17:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
18:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
19:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
20:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
21:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
22:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765
23:00		0,846		-0,031		-0,492		0,765

Tabla 61. Exergía por superficies quirófano 3.

	Puerta Sureste		Pared Sureste		Pared Este	
	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,15	Tintp (K)	296,2
	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,15	Textp (K)	300,2
	Qtran (W)	2,30	Qtran (W)	46,10	Qtran (W)	34,76

	Puerta Sureste		Pared Sureste		Pared Este	
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00	298,150	-0,016	298,150	-0,311	298,15	-0,235
01:00		-0,016		-0,311		-0,235
02:00		-0,016		-0,311		-0,235
03:00		-0,016		-0,311		-0,235
04:00		-0,016		-0,311		-0,235
05:00		-0,016		-0,311		-0,235
06:00		-0,016		-0,311		-0,235
07:00		-0,016		-0,311		-0,235
08:00		-0,016		-0,311		-0,235
09:00		-0,016		-0,311		-0,235
10:00		-0,016		-0,311		-0,235
11:00		-0,016		-0,311		-0,235
12:00		-0,016		-0,311		-0,235
13:00		-0,016		-0,311		-0,235
14:00		-0,016		-0,311		-0,235
15:00		-0,016		-0,311		-0,235
16:00		-0,016		-0,311		-0,235
17:00		-0,016		-0,311		-0,235
18:00		-0,016		-0,311		-0,235
19:00		-0,016		-0,311		-0,235
20:00		-0,016		-0,311		-0,235
21:00		-0,016		-0,311		-0,235
22:00		-0,016		-0,311		-0,235
23:00		-0,016		-0,311		-0,235

Tabla 61. Exergía por superficies quirófano 3 (Continuación).

2.8.1.3.2 Exergía por columnas.

Columna # 1			Columna Suroeste # 2		Columna # 3		Columna # 4		
Tintp (K)	296,15		Tintp (K)	296,15		Tintp (K)	296	Tintp (K)	296
Textp (K)	300,15		Textp (K)	300,15		Textp (K)	300	Textp (K)	300
Qtran (W)	8,273		Qtran (W)	12,55		Qtran (W)	8,27	Qtran (W)	8,273
Columna # 1			Columna Suroeste # 2		Columna # 3		Columna # 4		
Hora	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)	
00:00	298,15	-0,056	298,150	-0,085	293,150	0,084	293,150	0,084	
01:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
02:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
03:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
04:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
05:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
06:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
07:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
08:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
09:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
10:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
11:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
12:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
13:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
14:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
15:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
16:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
17:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
18:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
19:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
20:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
21:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
22:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	
23:00		-0,056		-0,085		0,084		0,084	

Tabla 61. Exergía por superficies quirófano 3 (Continuación).

2.8.1.3.3 Exergía por techo y piso quirófano 3.

Techos	
Tintp(K)	296,15
Textp (K)	300,15
Qtran (W)	108,409

Pisos	
Tintp(K)	296,15
Textp (K)	300,15
Qtran (W)	61,548

Hora	Techos		Pisos	
	Text (K)	Xtran (W)	Text (K)	Xtran (W)
00:00	298,15	-0,732	301,150	-1,039
01:00		-0,732	301,150	-1,039
02:00		-0,732	301,150	-1,039
03:00		-0,732	301,150	-1,039
04:00		-0,732	300,150	-1,039
05:00		-0,732	300,150	-1,039
06:00		-0,732	300,150	-1,039
07:00		-0,732	301,150	-1,039
08:00		-0,732	301,150	-1,039
09:00		-0,732	303,150	-1,039
10:00		-0,732	305,150	-1,039
11:00		-0,732	305,150	-1,039
12:00		-0,732	306,150	-1,039
13:00		-0,732	305,150	-1,039
14:00		-0,732	305,150	-1,039
15:00		-0,732	305,150	-1,039
16:00		-0,732	304,150	-1,039
17:00		-0,732	304,150	-1,039
18:00		-0,732	304,150	-1,039
19:00		-0,732	303,150	-1,039
20:00		-0,732	302,150	-1,039
21:00		-0,732	301,150	-1,039
22:00		-0,732	301,150	-1,039
23:00		-0,732	301,150	-1,039

Tabla 62. Exergía por techo y piso quirófano 3.

2.8.1.3.4 Exergía por transmisión térmica quirófano.

Hora	Σ Xtranpared	Σ Xtrancolumna	Σ Xtrantechoypisos	Σ Xtran
00:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
01:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
02:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
03:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
04:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
05:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
06:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
07:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
08:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
09:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
10:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
11:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
12:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
13:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
14:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
15:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
16:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
17:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
18:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
19:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
20:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
21:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
22:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983
23:00	0,761	0,027	-1,771	-0,983

Tabla 63. Exergía por transmisión térmica quirófano 3.

2.8.2 Exergía por ganancia de carga térmica

Con las cargas térmicas generadas por calor interno, ya calculada. Se tomara para el cálculo de exergía, se deben calcular la exergía de manera independiente para las personas, equipos e iluminación.

La exergía será de la siguiente fórmula:

$$X_{gain} = \sum_{i=1}^n (Q_{gain, i} \cdot \left(1 - \frac{T_{ext}}{T_{fuente}}\right))$$

Dónde:

X_{gain}= Exergía por personas, equipos e iluminación en Watts

Q_{gain} = Calor generado por personas, equipos e iluminación en Watts

T_{ext} = Temperatura exterior en Kelvin

T_{Fuente} = Temperatura de la fuente de los equipos, temperatura superficial de la piel y lámparas en Kelvin.

2.8.2.1 Calor y temperatura por equipos de quirófanos 1, 2 y 3.

Tipo de equipo	Q (W) Total	Tequi (K)
Anesthesia system	177	300,15
Blanket Warmer	504	310,15
Blood Pressure meter	33	298,15
Blood warmer	204	303,15
ECG/RESP	54	300,15
Electro surgery	147	301,15
Endoscope	605	305,15
Harmonical scalpel	60	299,15
Hysteroscopic pump	35	299,15
Laser sonics	256	303,15
Pulse oximeter	21	300,15
Ultrasound system	1063	308,15
Incubator	1335	308,15
Function generator	29	300,15
Monitor	55	303,15
Monitor	55	303,15
Small Refrigerator	690	305,15

Tabla 64. Calor y temperatura por equipos quirófano 1, 2 y 3.

2.8.2.2 Quirófano 1.

2.8.2.2.1 Exergía por equipos.

Hora	Text (K)	Anesthesia system	Blanket Warmer	Blood Pressure meter	Blood warmer	ECG/RESP	Electro surgery
00:00	301,15	-0,590	14,625	-0,332	1,346	-0,180	0
01:00	301,15	-0,590	14,625	-0,332	1,346	-0,180	0
02:00	301,15	-0,590	14,625	-0,332	1,346	-0,180	0
03:00	301,15	-0,590	14,625	-0,332	1,346	-0,180	0
04:00	300,15	0,000	16,250	-0,221	2,019	0,000	0,488
05:00	300,15	0,000	16,250	-0,221	2,019	0,000	0,488
06:00	300,15	0,000	16,250	-0,221	2,019	0,000	0,488
07:00	301,15	-0,590	14,625	-0,332	1,346	-0,180	0,000
08:00	301,15	-0,590	14,625	-0,332	1,346	-0,180	0,000
09:00	303,15	-1,769	11,375	-0,553	0,000	-0,540	-0,976
10:00	305,15	-2,949	8,125	-0,775	-1,346	-0,900	-1,953
11:00	305,15	-2,949	8,125	-0,775	-1,346	-0,900	-1,953
12:00	306,15	-3,538	6,500	-0,885	-2,019	-1,079	-2,441
13:00	305,15	-2,949	8,125	-0,775	-1,346	-0,900	-1,953
14:00	305,15	-2,949	8,125	-0,775	-1,346	-0,900	-1,953
15:00	305,15	-2,949	8,125	-0,775	-1,346	-0,900	-1,953
16:00	304,15	-2,359	9,750	-0,664	-0,673	-0,720	-1,464
17:00	304,15	-2,359	9,750	-0,664	-0,673	-0,720	-1,464
18:00	304,15	-2,359	9,750	-0,664	-0,673	-0,720	-1,464
19:00	303,15	-1,769	11,375	-0,553	0,000	-0,540	-0,976
20:00	302,15	-1,179	13,000	-0,443	0,673	-0,360	-0,488
21:00	301,15	-0,590	14,625	-0,332	1,346	-0,180	0,000
22:00	302,15	-1,179	13,000	-0,443	0,673	-0,360	-0,488
23:00	301,15	-0,590	14,625	-0,332	1,346	-0,180	0,000

Tabla 65. Exergía por equipos quirófano 1.

Hora	Text (K)	Endoscope	Harmonical scalpel	Hysteroscopic pump	Laser sonics	Pulse oximeter	Ultrasound system
00:00	301,15	7,931	-0,401	-0,234	1,689	-0,070	24,147
01:00	301,15	7,931	-0,401	-0,234	1,689	-0,070	24,147
02:00	301,15	7,931	-0,401	-0,234	1,689	-0,070	24,147
03:00	301,15	7,931	-0,401	-0,234	1,689	-0,070	24,147
04:00	300,15	9,913	-0,201	-0,117	2,533	0,000	27,597
05:00	300,15	9,913	-0,201	-0,117	2,533	0,000	27,597
06:00	300,15	9,913	-0,201	-0,117	2,533	0,000	27,597
07:00	301,15	7,931	-0,401	-0,234	1,689	-0,070	24,147
08:00	301,15	7,931	-0,401	-0,234	1,689	-0,070	24,147
09:00	303,15	3,965	-0,802	-0,468	0,000	-0,210	17,248
10:00	305,15	0,000	-1,203	-0,702	-1,689	-0,350	10,349
11:00	305,15	0,000	-1,203	-0,702	-1,689	-0,350	10,349
12:00	306,15	-1,983	-1,404	-0,819	-2,533	-0,420	6,899
13:00	305,15	0,000	-1,203	-0,702	-1,689	-0,350	10,349
14:00	305,15	0,000	-1,203	-0,702	-1,689	-0,350	10,349
15:00	305,15	0,000	-1,203	-0,702	-1,689	-0,350	10,349
16:00	304,15	1,983	-1,003	-0,585	-0,844	-0,280	13,798
17:00	304,15	1,983	-1,003	-0,585	-0,844	-0,280	13,798
18:00	304,15	1,983	-1,003	-0,585	-0,844	-0,280	13,798
19:00	303,15	3,965	-0,802	-0,468	0,000	-0,210	17,248
20:00	302,15	5,948	-0,602	-0,351	0,844	-0,140	20,698
21:00	301,15	7,931	-0,401	-0,234	1,689	-0,070	24,147
22:00	302,15	5,948	-0,602	-0,351	0,844	-0,140	20,698
23:00	301,15	7,931	-0,401	-0,234	1,689	-0,070	24,147

Tabla 65. Exergía por equipos quirófano 1 (Continuación).

Hora	Text (K)	Incubator	Function generator	Monitor	Monitor	Small Refrigerator	Σ Xgainequip
00:00	301,15	30,33	-0,10	0,36	0,36	9,04	87,93
01:00	301,15	30,33	-0,10	0,36	0,36	9,04	87,93
02:00	301,15	30,33	-0,10	0,36	0,36	9,04	87,93
03:00	301,15	30,33	-0,10	0,36	0,36	9,04	87,93
04:00	300,15	34,66	0,00	0,54	0,54	11,31	105,31
05:00	300,15	34,66	0,00	0,54	0,54	11,31	105,31
06:00	300,15	34,66	0,00	0,54	0,54	11,31	105,31
07:00	301,15	30,33	-0,10	0,36	0,36	9,04	87,93
08:00	301,15	30,33	-0,10	0,36	0,36	9,04	87,93
09:00	303,15	21,66	-0,29	0,00	0,00	4,52	53,16
10:00	305,15	13,00	-0,48	-0,36	-0,36	0,00	18,40
11:00	305,15	13,00	-0,48	-0,36	-0,36	0,00	18,40
12:00	306,15	8,66	-0,58	-0,54	-0,54	-2,26	1,01
13:00	305,15	13,00	-0,48	-0,36	-0,36	0,00	18,40
14:00	305,15	13,00	-0,48	-0,36	-0,36	0,00	18,40
15:00	305,15	13,00	-0,48	-0,36	-0,36	0,00	18,40
16:00	304,15	17,33	-0,39	-0,18	-0,18	2,26	35,78
17:00	304,15	17,33	-0,39	-0,18	-0,18	2,26	35,78
18:00	304,15	17,33	-0,39	-0,18	-0,18	2,26	35,78
19:00	303,15	21,66	-0,29	0,00	0,00	4,52	53,16
20:00	302,15	25,99	-0,19	0,18	0,18	6,78	70,55
21:00	301,15	30,33	-0,10	0,36	0,36	9,04	87,93
22:00	302,15	25,99	-0,19	0,18	0,18	6,78	70,55
23:00	301,15	30,33	-0,10	0,36	0,36	9,04	87,93

Tabla 65. Exergía por equipos quirófano 1 (Continuación).

2.8.2.2.2 Exergía por personas

Temperatura superficial de la piel 301,15 K

Hora	Text (K)	Qpersonas (W)	Xgainp
00:00	301,15	1288,760	23,11
01:00	301,15	1288,760	23,11
02:00	301,15	1288,760	23,11
03:00	301,15	1288,760	23,11
04:00	300,15	1288,760	27,32
05:00	300,15	1288,760	27,32
06:00	300,15	1288,760	27,32
07:00	301,15	1288,760	23,11
08:00	301,15	1288,760	23,11
09:00	303,15	1288,760	14,71
10:00	305,15	1288,760	6,30
11:00	305,15	1288,760	6,30
12:00	306,15	1288,760	2,10
13:00	305,15	1288,760	6,30
14:00	305,15	1288,760	6,30
15:00	305,15	1288,760	6,30
16:00	304,15	1288,760	10,51
17:00	304,15	1288,760	10,51
18:00	304,15	1288,760	10,51
19:00	303,15	1288,760	14,71
20:00	302,15	1288,760	18,91
21:00	301,15	1288,760	23,11
22:00	302,15	1288,760	18,91
23:00	301,15	1288,760	23,11

Tabla 66. Exergía por personas quirófano 1.

2.8.2.2.3 Exergía por iluminación

Hora	Text (K)	Q(W)	Tluz(K)	Xgainluz
00:00	301,15	1080,190	303,15	7,126
01:00	301,15	1080,190		7,126
02:00	301,15	1080,190		7,126
03:00	301,15	1080,190		7,126
04:00	300,15	1080,190		10,690
05:00	300,15	1080,190		10,690
06:00	300,15	1080,190		10,690
07:00	301,15	1080,190		7,126
08:00	301,15	1080,190		7,126
09:00	303,15	1080,190		0,000
10:00	305,15	1080,190		-7,126
11:00	305,15	1080,190		-7,126
12:00	306,15	1080,190		-10,690
13:00	305,15	1080,190		-7,126
14:00	305,15	1080,190		-7,126
15:00	305,15	1080,190		-7,126
16:00	304,15	1080,190		-3,563
17:00	304,15	1080,190		-3,563
18:00	304,15	1080,190		-3,563
19:00	303,15	1080,190		0,000
20:00	302,15	1080,190		3,563
21:00	301,15	1080,190		7,126
22:00	302,15	1080,190		3,563
23:00	301,15	1080,190		7,126

Tabla 67. Exergía por iluminación quirófano 1

2.8.2.2.4 Exergía total ganancia interna de temperatura

Hora	Xgainp	\sum Xgainequip	Xgainluz	\sum XTotalgain
00:00	23,115	87,931	7,126	118,172
01:00	23,115	87,931	7,126	118,172
02:00	23,115	87,931	7,126	118,172
03:00	23,115	87,931	7,126	118,172
04:00	27,318	105,315	10,690	143,322
05:00	27,318	105,315	10,690	143,322
06:00	27,318	105,315	10,690	143,322
07:00	23,115	87,931	7,126	118,172
08:00	23,115	87,931	7,126	118,172
09:00	14,709	53,164	0,000	67,873
10:00	6,304	18,397	-7,126	17,574
11:00	6,304	18,397	-7,126	17,574
12:00	2,101	1,013	-10,690	-7,575
13:00	6,304	18,397	-7,126	17,574
14:00	6,304	18,397	-7,126	17,574
15:00	6,304	18,397	-7,126	17,574
16:00	10,507	35,780	-3,563	42,724
17:00	10,507	35,780	-3,563	42,724
18:00	10,507	35,780	-3,563	42,724
19:00	14,709	53,164	0,000	67,873
20:00	18,912	70,547	3,563	93,023
21:00	23,115	87,931	7,126	118,172
22:00	18,912	70,547	3,563	93,023
23:00	23,115	87,931	7,126	118,172

Tabla 68. Exergía total ganancia interna de temperatura quirófano 1.

2.8.2.3 Quirófano 2.

2.8.2.3.1 Exergía por equipos.

Hora	Text (K)	Anesthesiasystem	BlanketWarmer.	BloodPressure meter	Bloodwarmer.	ECG/RESP	Electrosurgery
00:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
01:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
02:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
03:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
04:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
05:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
06:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
07:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
08:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
09:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
10:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
11:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
12:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
13:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
14:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
15:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
16:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
17:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
18:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
19:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
20:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
21:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
22:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464
23:00	298,15	1,179	19,500	0,000	3,365	0,360	1,464

Tabla 69. Exergía por equipos quirófano 2.

Hora	Text (K)	Endoscope	Harmonical scalpel	Hysteroscopic pump	Laser sonics	Pulse oximeter
00:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
01:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
02:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
03:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
04:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
05:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
06:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
07:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
08:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
09:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
10:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
11:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
12:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
13:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
14:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
15:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
16:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
17:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
18:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
19:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
20:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
21:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
22:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140
23:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140

Tabla 69. Exergía por equipos quirófano 2 (Continuación).

Hora	Text (K)	Ultrasound system	Incubator	Function generator	Monitor	Monitor	Small Refrigerator	$\sum X_{gainequip}$
00:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
01:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
02:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
03:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
04:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
05:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
06:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
07:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
08:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
09:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
10:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
11:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
12:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
13:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
14:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
15:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
16:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
17:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
18:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
19:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
20:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
21:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
22:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
23:00	298,15	34,496	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082

Tabla 69. Exergía por equipos quirófano 2 (Continuación).

2.8.2.3.2 Exergía por personas.

Temperatura superficial de la piel 306,65 K

Hora	Text (K)	Qpersonas (W)	Xgainp
00:00	298,15	1288,760	35,72
01:00		1288,760	35,72
02:00		1288,760	35,72
03:00		1288,760	35,72
04:00		1288,760	35,72
05:00		1288,760	35,72
06:00		1288,760	35,72
07:00		1288,760	35,72
08:00		1288,760	35,72
09:00		1288,760	35,72
10:00		1288,760	35,72
11:00		1288,760	35,72
12:00		1288,760	35,72
13:00		1288,760	35,72
14:00		1288,760	35,72
15:00		1288,760	35,72
16:00		1288,760	35,72
17:00		1288,760	35,72
18:00		1288,760	35,72
19:00		1288,760	35,72
20:00		1288,760	35,72
21:00		1288,760	35,72
22:00		1288,760	35,72
23:00		1288,760	35,72

Tabla 70. Exergía por personas quirófano 2.

2.8.2.3.3 Exergía por iluminación.

Hora	Text (K)	Q(W)	Tluz(K)	Xgainluz
00:00	298,15	1080,190	303,15	17,816
01:00		1080,190		17,816
02:00		1080,190		17,816
03:00		1080,190		17,816
04:00		1080,190		17,816
05:00		1080,190		17,816
06:00		1080,190		17,816
07:00		1080,190		17,816
08:00		1080,190		17,816
09:00		1080,190		17,816
10:00		1080,190		17,816
11:00		1080,190		17,816
12:00		1080,190		17,816
13:00		1080,190		17,816
14:00		1080,190		17,816
15:00		1080,190		17,816
16:00		1080,190		17,816
17:00		1080,190		17,816
18:00		1080,190		17,816
19:00		1080,190		17,816
20:00		1080,190		17,816
21:00		1080,190		17,816
22:00		1080,190		17,816
23:00		1080,190		17,816

Tabla 71. Exergía por iluminación quirófano 2

2.8.2.3.4 Exergía total ganancia interna de temperatura.

Hora	$\Sigma X_{\text{gainequip}}$	X_{gainp}	X_{gainluz}	ΣX_{gain}
00:00	140,082	35,723	17,816	193,621
01:00	140,082	35,723	17,816	193,621
02:00	140,082	35,723	17,816	193,621
03:00	140,082	35,723	17,816	193,621
04:00	140,082	35,723	17,816	193,621
05:00	140,082	35,723	17,816	193,621
06:00	140,082	35,723	17,816	193,621
07:00	140,082	35,723	17,816	193,621
08:00	140,082	35,723	17,816	193,621
09:00	140,082	35,723	17,816	193,621
10:00	140,082	35,723	17,816	193,621
11:00	140,082	35,723	17,816	193,621
12:00	140,082	35,723	17,816	193,621
13:00	140,082	35,723	17,816	193,621
14:00	140,082	35,723	17,816	193,621
15:00	140,082	35,723	17,816	193,621
16:00	140,082	35,723	17,816	193,621
17:00	140,082	35,723	17,816	193,621
18:00	140,082	35,723	17,816	193,621
19:00	140,082	35,723	17,816	193,621
20:00	140,082	35,723	17,816	193,621
21:00	140,082	35,723	17,816	193,621
22:00	140,082	35,723	17,816	193,621
23:00	140,082	35,723	17,816	193,621

Tabla 72. Exergía total por ganancia interna de temperatura quirófano 2.

2.8.2.4 Quirófano 3

2.8.2.4.1 Exergía por equipos.

Hora	Text (K)	Anesthesia system	Blanket Warmer	Blood Pressure meter	Blood warmer	ECG/RESP	Electro surgery
00:00	298,15	1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
01:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
02:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
03:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
04:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
05:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
06:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
07:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
08:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
09:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
10:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
11:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
12:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
13:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
14:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
15:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
16:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
17:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
18:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
19:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
20:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
21:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
22:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46
23:00		1,179	19,500	0,00	3,365	0,360	1,46

Tabla 73. Exergía por equipos quirófano 3

Hora	Text (K)	Endoscope	Harmonical scalpel	Hysteroscopic pump	Laser sonics	Pulse oximeter	Ultrasound system
00:00	298,15	13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
01:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
02:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
03:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
04:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
05:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
06:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
07:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
08:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
09:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
10:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
11:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
12:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
13:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
14:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
15:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
16:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
17:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
18:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
19:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
20:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
21:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
22:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496
23:00		13,878	0,201	0,117	4,222	0,140	34,496

Tabla 73. Exergía por equipos quirófano 3 (Continuación).

Hora	Text (K)	Incubator	Function generator	Monitor	Monitor	Small Refrigerator	$\sum X_{gainequip}$
00:00	301,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
01:00	301,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
02:00	301,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
03:00	301,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
04:00	300,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
05:00	300,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
06:00	300,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
07:00	301,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
08:00	301,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
09:00	303,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
10:00	305,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
11:00	305,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
12:00	306,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
13:00	305,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
14:00	305,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
15:00	305,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
16:00	304,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
17:00	304,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
18:00	304,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
19:00	303,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
20:00	302,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
21:00	301,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
22:00	302,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082
23:00	301,15	43,323	0,193	0,907	0,907	15,828	140,082

Tabla 73. Exergía por equipos quirófano 3 (Continuación).

2.8.2.4.2 Exergía por personas

Hora	Text (K)	Qpersonas (W)	Xgainp
00:00	298,15	1288,760	35,72
01:00		1288,760	35,72
02:00		1288,760	35,72
03:00		1288,760	35,72
04:00		1288,760	35,72
05:00		1288,760	35,72
06:00		1288,760	35,72
07:00		1288,760	35,72
08:00		1288,760	35,72
09:00		1288,760	35,72
10:00		1288,760	35,72
11:00		1288,760	35,72
12:00		1288,760	35,72
13:00		1288,760	35,72
14:00		1288,760	35,72
15:00		1288,760	35,72
16:00		1288,760	35,72
17:00		1288,760	35,72
18:00		1288,760	35,72
19:00		1288,760	35,72
20:00		1288,760	35,72
21:00		1288,760	35,72
22:00		1288,760	35,72
23:00		1288,760	35,72

Tabla 74. Exergía por personas quirófano 2.

2.8.2.4.3 Exergía por iluminación

Hora	Text (K)	Q(W)	Tluz(K)	Xgainluz
00:00	301,15	846,973	303,15	5,588
01:00	301,15	846,973		5,588
02:00	301,15	846,973		5,588
03:00	301,15	846,973		5,588
04:00	300,15	846,973		8,382
05:00	300,15	846,973		8,382
06:00	300,15	846,973		8,382
07:00	301,15	846,973		5,588
08:00	301,15	846,973		5,588
09:00	303,15	846,973		0,000
10:00	305,15	846,973		-5,588
11:00	305,15	846,973		-5,588
12:00	306,15	846,973		-8,382
13:00	305,15	846,973		-5,588
14:00	305,15	846,973		-5,588
15:00	305,15	846,973		-5,588
16:00	304,15	846,973		-2,794
17:00	304,15	846,973		-2,794
18:00	304,15	846,973		-2,794
19:00	303,15	846,973		0,000
20:00	302,15	846,973		2,794
21:00	301,15	846,973		5,588
22:00	302,15	846,973		2,794
23:00	301,15	846,973		5,588

Tabla 75. Exergía por iluminación quirófano 3

2.8.2.4.4 Exergía total ganancia interna de temperatura

Hora	Σ Xgainequip	Xgainp	Xgainluz	Σ Xgain
00:00	140,082	35,72	140,082	181,393
01:00	140,082	35,72	140,063	181,393
02:00	140,082	35,72	140,043	181,393
03:00	140,082	35,72	140,024	181,393
04:00	140,082	35,72	140,005	184,187
05:00	140,082	35,72	139,986	184,187
06:00	140,082	35,72	139,966	184,187
07:00	140,082	35,72	139,947	181,393
08:00	140,082	35,72	139,928	181,393
09:00	140,082	35,72	139,909	175,805
10:00	140,082	35,72	139,889	170,217
11:00	140,082	35,72	139,870	170,217
12:00	140,082	35,72	139,851	167,423
13:00	140,082	35,72	139,832	170,217
14:00	140,082	35,72	139,812	170,217
15:00	140,082	35,72	139,793	170,217
16:00	140,082	35,72	139,774	173,011
17:00	140,082	35,72	139,755	173,011
18:00	140,082	35,72	139,735	173,011
19:00	140,082	35,72	139,716	175,805
20:00	140,082	35,72	139,697	178,599
21:00	140,082	35,72	139,677	181,393
22:00	140,082	35,72	139,658	178,599
23:00	140,082	35,72	139,639	181,393

Tabla 76. Exergía total por ganancia interna de temperatura quirófano 3.

2.8.3 Exergía por ventilación

Es la Exergía producida por la cargas de ventilación y se expresa de la siguiente ecuación.

$$X_{vent} = Q_{vent} \left(1 - \frac{T_{ext}}{T_{extv} - T_{intv}} \ln \left(\frac{T_{extv}}{T_{intv}} \right) \right)$$

Dónde:

X_{vent}= Exergía producida por ventilación en Watts.

Q_{vent} = Carga por ventilación en Watts.

T_{ext} = Temperatura exterior en Kelvin

T_{extv} = Temperatura exterior del abanico en Kelvin

T_{intv} = Temperatura interior del abanico Kelvin

2.8.3.1 Quirófano 1

Temperatura del ventilador			
Tintv(K)	294,15		
Textv (K)	310,15		
Hora	Text (K)	Q (W)	X _{vent}
00:00	301,15	7101,582	21,8
01:00	301,15	7101,582	21,8
02:00	301,15	7101,582	21,8
03:00	301,15	7101,582	21,8
04:00	300,15	6962,396	44,5
05:00	300,15	6962,396	44,5
06:00	300,15	6962,396	44,5
07:00	301,15	7101,582	21,8
08:00	301,15	7101,582	21,8
09:00	303,15	7379,954	-26,2
10:00	305,15	7658,326	-77,8
11:00	305,15	7658,326	-77,8
12:00	306,15	7797,512	-105,1
13:00	305,15	7658,326	-77,8
14:00	305,15	7658,326	-77,8
15:00	305,15	7658,326	-77,8
16:00	304,15	7519,140	-51,5
17:00	304,15	7519,140	-51,5
18:00	304,15	7519,140	-51,5
19:00	303,15	7379,954	-26,2
20:00	302,15	7240,768	-1,7
21:00	301,15	7101,582	21,8
22:00	302,15	7240,768	-1,7
23:00	301,15	7101,582	21,8

Tabla 77. Exergía por ventilación quirófano 1.

2.8.3.2 Quirófano 2

Temperatura del ventilador			
Tintv(K)	294,15		
Textv (K)	310,15		
Hora	Text (K)	Q (W)	X _{vent}
00:00	298,15	7101,58	92,4
01:00		7101,58	92,4
02:00		7101,58	92,4
03:00		7101,58	92,4
04:00		6962,40	90,6
05:00		6962,40	90,6
06:00		6962,40	90,6
07:00		7101,58	92,4
08:00		7101,58	92,4
09:00		7379,95	96,0
10:00		7658,33	99,6
11:00		7658,33	99,6
12:00		7797,51	101,4
13:00		7658,33	99,6
14:00		7658,33	99,6
15:00		7658,33	99,6
16:00		7519,14	97,8
17:00		7519,14	97,8
18:00		7519,14	97,8
19:00		7379,95	96,0
20:00		7240,77	94,2
21:00		7101,58	92,4
22:00		7240,77	94,2
23:00		7101,58	92,4

Tabla 78. Exergía por ventilación quirófano 2.

2.8.3.3 Quirófano 3

Temperatura del ventilador			
Tintv(K)	294,15		
Textv (K)	310,15		
Hora	Text (K)	Q (W)	X _{vent}
00:00	293,15	7101,58	209,9
01:00		7101,58	209,9
02:00		7101,58	209,9
03:00		7101,58	209,9
04:00		6962,40	205,8
05:00		6962,40	205,8
06:00		6962,40	205,8
07:00		7101,58	209,9
08:00		7101,58	209,9
09:00		7379,95	218,1
10:00		7658,33	226,4
11:00		7658,33	226,4
12:00		7797,51	230,5
13:00		7658,33	226,4
14:00		7658,33	226,4
15:00		7658,33	226,4
16:00		7519,14	222,3
17:00		7519,14	222,3
18:00		7519,14	222,3
19:00		7379,95	218,1
20:00		7240,77	214,0
21:00		7101,58	209,9
22:00		7240,77	214,0
23:00		7101,58	209,9

Tabla 79. Exergía por ventilación quirófano 3.

2.8.4 Exergía por radiación solar

Estas son las pérdidas de Exergía debido a las interacciones de la radiación solar con la atmosfera y se expresa de la siguiente forma:

$$X_{sol} = Q_{sol} \left(1 - \frac{T_{ext}}{T_{sol}}\right)$$

Dónde:

X_{sol} = Exergía por el sol en Watts

Q_{sol} = Calor generado por el sol en Watts

T_{ext} = Temperatura exterior en K

T_{sol} = Temperatura superficial del sol en K

2.8.4.1. Exergía por ganancia solar quirófano 1,2 y3.

Hora	Text (K)	Tsol(K)	Q sol (W)	Xsol
00:00	301,15	6000	185,064	175,775
01:00	301,15		170,513	161,954
02:00	301,15		155,961	148,133
03:00	301,15		141,410	134,312
04:00	300,15		133,574	126,892
05:00	300,15		119,023	113,069
06:00	300,15		109,322	103,853
07:00	301,15		92,905	88,242
08:00	301,15		83,204	79,028
09:00	303,15		64,922	61,641
10:00	305,15		46,639	44,267
11:00	305,15		46,639	44,267
12:00	306,15		39,923	37,886
13:00	305,15		56,340	53,475
14:00	305,15		66,041	62,682
15:00	305,15		85,443	81,097
16:00	304,15		116,411	110,510
17:00	304,15		145,514	138,138
18:00	304,15		169,766	161,161
19:00	303,15		195,884	185,987
20:00	302,15		212,301	201,610
21:00	301,15		219,017	208,024
22:00	302,15		207,451	197,004
23:00	301,15	199,615	189,596	

Tabla 80. Exergía por ganancia solar quirófano 1, 2 y 3.

2.8.5 EXERGIA POR CARGA DE ENFRIAMIENTO

Es la exergía producida por la carga de enfriamiento total y se expresa de la siguiente fórmula:

$$X_{col} = Q_{col} \left(1 - \frac{T_{ext}}{T_{int}}\right)$$

Dónde:

X_{col} = Exergía por carga de enfriamiento en Watts

Q_{col} = Carga de enfriamiento en Watts

T_{ext} = Temperatura exterior en Kelvin

T_{int} = Temperatura interior en Kelvin

2.8.5.1 Quirófano 1

Hora	Text (K)	Tint (K)	Q (W) Col	Xcol
00:00	301,15	293,15	15251,09	-416,199
01:00	301,15		15233,80	-415,727
02:00	301,15		15216,51	-415,255
03:00	301,15		15199,22	-414,783
04:00	300,15		15035,34	-359,022
05:00	300,15		15018,05	-358,609
06:00	300,15		15006,52	-358,334
07:00	301,15		15141,59	-413,211
08:00	301,15		15130,06	-412,896
09:00	303,15		15417,48	-525,925
10:00	305,15		15704,90	-642,875
11:00	305,15		15704,90	-642,875
12:00	306,15		15836,11	-702,267
13:00	305,15		15716,43	-643,347
14:00	305,15		15727,96	-643,819
15:00	305,15		15751,01	-644,763
16:00	304,15		15633,24	-586,613
17:00	304,15		15667,82	-587,911
18:00	304,15		15696,63	-588,992
19:00	303,15		15573,09	-531,233
20:00	302,15		15438,03	-473,963
21:00	301,15		15291,44	-417,300
22:00	301,15		15432,27	-421,143
23:00	301,15	15268,38	-416,671	

Tabla 81. Exergía por ganancia de carga de enfriamiento quirófano 1.

2.8.5.2 Quirófano 2

Hora	Text (K)	Tint (K)	Q (W) Col	Xcol
00:00	298,15	293,15	14943,89	-254,88
01:00			14943,89	-254,88
02:00			14943,89	-254,88
03:00			14943,89	-254,88
04:00			14788,29	-252,23
05:00			14788,29	-252,23
06:00			14788,29	-252,23
07:00			14943,89	-254,88
08:00			14943,89	-254,88
09:00			15255,09	-260,19
10:00			15566,29	-265,50
11:00			15566,29	-265,50
12:00			15705,47	-267,87
13:00			15566,29	-265,50
14:00			15566,29	-265,50
15:00			15566,29	-265,50
16:00			15410,69	-262,85
17:00			15410,69	-262,85
18:00			15410,69	-262,85
19:00			15255,09	-260,19
20:00			15099,49	-257,54
21:00			14943,89	-254,88
22:00			15099,49	-257,54
23:00			14943,89	-254,88

Tabla 82. Exergía por ganancia de carga de enfriamiento quirófano 2.

2.8.5.3 Quirófano 3

Hora	Text (K)	Tint (K)	Q (W) Col	Xcol
00:00	298,15	293,15	14849,82	-253,28
01:00			14849,82	-253,28
02:00			14849,82	-253,28
03:00			14849,82	-253,28
04:00			14695,25	-250,64
05:00			14695,25	-250,64
06:00			14695,25	-250,64
07:00			14849,82	-253,28
08:00			14849,82	-253,28
09:00			15158,97	-258,55
10:00			15468,11	-263,83
11:00			15468,11	-263,83
12:00			15607,30	-266,20
13:00			15468,11	-263,83
14:00			15468,11	-263,83
15:00			15468,11	-263,83
16:00			15313,54	-261,19
17:00			15313,54	-261,19
18:00			15313,54	-261,19
19:00			15158,97	-258,55
20:00			15004,39	-255,92
21:00			14849,82	-253,28
22:00			15004,39	-255,92
23:00			14849,82	-253,28

Tabla 83. Exergía por ganancia de carga de enfriamiento quirófano 3.

2.8.6 EXERGÍA DESTRUIDA

Todos estos valores se utilizaran para hacer un balance de Exergía.

$$X_{tran} + X_{gain} + X_{vent} - X_{col} + X_{sol} - X_{dest} = \Delta X_{dest}$$

Como el sistema es estable el balance, entonces $\Delta X = 0$. Dando paso para poder calcular la Exergía destruida.

2.8.6.1 Quirófano 1

Hora	$X_{tran}(W)$	$X_{gain}(W)$	$X_{vent}(W)$	$X_{sol}(W)$	$X_{col}(W)$	$X_{dest}(W)$
00:00	-6,06	118,17	21,85	175,775	-416,20	726
01:00	-6,08	118,17	21,85	161,954	-415,73	712
02:00	-6,08	118,17	21,85	148,133	-415,26	697
03:00	-6,08	118,17	21,85	134,312	-414,78	683
04:00	-5,09	143,32	44,47	126,892	-359,02	669
05:00	-5,09	143,32	44,47	113,069	-358,61	654
06:00	-5,09	143,32	44,47	103,853	-358,33	645
07:00	-6,08	118,17	21,85	88,242	-413,21	635
08:00	-6,08	118,17	21,85	79,028	-412,90	626
09:00	-8,07	67,87	-26,16	61,641	-525,92	621
10:00	-10,05	17,57	-77,85	44,267	-642,88	617
11:00	-10,05	17,57	-77,85	44,267	-642,88	617
12:00	-11,04	-7,58	-105,07	37,886	-702,27	616
13:00	-10,05	17,57	-77,85	53,475	-643,35	627
14:00	-10,05	17,57	-77,85	62,682	-643,82	636
15:00	-10,05	17,57	-77,85	81,097	-644,76	656
16:00	-9,06	42,72	-51,54	110,510	-586,61	679
17:00	-9,06	42,72	-51,54	138,138	-587,91	708
18:00	-9,06	42,72	-51,54	161,161	-588,99	732
19:00	-8,07	67,87	-26,16	185,987	-531,23	751
20:00	-7,08	93,02	-1,69	201,610	-473,96	760
21:00	-6,08	118,17	21,85	208,024	-417,30	759
22:00	-6,93	93,02	-1,69	197,004	-421,14	703
23:00	-6,08	118,17	21,85	189,596	-416,67	740

Tabla 84. Exergía destruida en quirófano 1.

2.8.6.2 Quirófano 2

Hora	Xtran(W)	Xgain(W)	Xvent (W)	Xcol (W)	Xdest (W)
00:00	-0,89	193,62	92,38	-254,88	540
01:00	-0,89	193,62	92,38	-254,88	540
02:00	-0,89	193,62	92,38	-254,88	540
03:00	-0,89	193,62	92,38	-254,88	540
04:00	-0,89	193,62	90,57	-252,23	536
05:00	-0,89	193,62	90,57	-252,23	536
06:00	-0,89	193,62	90,57	-252,23	536
07:00	-0,89	193,62	92,38	-254,88	540
08:00	-0,89	193,62	92,38	-254,88	540
09:00	-0,89	193,62	96,00	-260,19	549
10:00	-0,89	193,62	99,62	-265,50	558
11:00	-0,89	193,62	99,62	-265,50	558
12:00	-0,89	193,62	101,43	-267,87	562
13:00	-0,89	193,62	99,62	-265,50	558
14:00	-0,89	193,62	99,62	-265,50	558
15:00	-0,89	193,62	99,62	-265,50	558
16:00	-0,89	193,62	97,81	-262,85	553
17:00	-0,89	193,62	97,81	-262,85	553
18:00	-0,89	193,62	97,81	-262,85	553
19:00	-0,89	193,62	96,00	-260,19	549
20:00	-0,89	193,62	94,19	-257,54	544
21:00	-0,89	193,62	92,38	-254,88	540
22:00	-0,89	193,62	94,19	-257,54	544
23:00	-0,89	193,62	92,38	-254,88	540

Tabla 85. Exergía destruida en quirófano 2.

2.8.6.3 Quirófano 3

Hora	Xtran(W)	Xgain(W)	Xvent (W)	Xcol (W)	Xdest (W)
00:00	-0,98	181,39	209,92	-253,28	644
01:00	-0,98	181,39	209,92	-253,28	644
02:00	-0,98	181,39	209,92	-253,28	644
03:00	-0,98	181,39	209,92	-253,28	644
04:00	-0,98	184,19	205,81	-250,64	640
05:00	-0,98	184,19	205,81	-250,64	640
06:00	-0,98	184,19	205,81	-250,64	640
07:00	-0,98	181,39	209,92	-253,28	644
08:00	-0,98	181,39	209,92	-253,28	644
09:00	-0,98	175,80	218,15	-258,55	652
10:00	-0,98	170,22	226,38	-263,83	659
11:00	-0,98	170,22	226,38	-263,83	659
12:00	-0,98	167,42	230,49	-266,20	663
13:00	-0,98	170,22	226,38	-263,83	659
14:00	-0,98	170,22	226,38	-263,83	659
15:00	-0,98	170,22	226,38	-263,83	659
16:00	-0,98	173,01	222,26	-261,19	655
17:00	-0,98	173,01	222,26	-261,19	655
18:00	-0,98	173,01	222,26	-261,19	655
19:00	-0,98	175,80	218,15	-258,55	652
20:00	-0,98	178,60	214,04	-255,92	648
21:00	-0,98	181,39	209,92	-253,28	644
22:00	-0,98	178,60	214,04	-255,92	648
23:00	-0,98	181,39	209,92	-253,28	644

Tabla 86. Exergía destruida en quirófano 3.

2.9 CAPACIDAD TOTAL

2.9.1 Capacidad total quirófano 1

Hora	Xdest (W)	Xdest (Btu/h)	Qtotal (Btu/h)	Capacidad total (Btu/h)
00:00	726	2478,45	52069,29	54547,74
01:00	712	2429,56	52010,25	54439,81
02:00	697	2380,76	51951,22	54331,98
03:00	683	2331,96	51892,19	54224,16
04:00	669	2282,73	51332,67	53615,40
05:00	654	2234,12	51273,64	53507,76
06:00	645	2201,72	51234,28	53436,01
07:00	635	2169,31	51695,42	53864,72
08:00	626	2136,77	51656,06	53792,84
09:00	621	2120,92	52637,36	54758,28
10:00	617	2105,92	53618,66	55724,58
11:00	617	2105,92	53618,66	55724,58
12:00	616	2104,70	54066,62	56171,31
13:00	627	2138,96	53658,02	55796,98
14:00	636	2172,01	53697,37	55869,38
15:00	656	2238,11	53776,08	56014,18
16:00	679	2319,05	53373,98	55693,03
17:00	708	2417,81	53492,04	55909,85
18:00	732	2500,10	53590,43	56090,53
19:00	751	2563,58	53168,65	55732,23
20:00	760	2594,16	52707,51	55301,67
21:00	759	2592,22	52207,03	54799,25
22:00	703	2398,60	52687,84	55086,44
23:00	740	2527,16	52128,32	54655,47

Tabla 87. Exergía destruida en quirófano 1.

2.9.2 Capacidad total quirófano 2

Hora	Xdest (W)	Xdest (Btu/h)	Qtotal (Btu/h)	Capacidad total (Btu/h)
00:00	540	1843,603741	51020,46	52864,07
01:00	540	1843,603741	51020,46	52864,07
02:00	540	1843,603741	51020,46	52864,07
03:00	540	1843,603741	51020,46	52864,07
04:00	536	1828,361625	50489,23	52317,59
05:00	536	1828,361625	50489,23	52317,59
06:00	536	1828,361625	50489,23	52317,59
07:00	540	1843,603741	51020,46	52864,07
08:00	540	1843,603741	51020,46	52864,07
09:00	549	1874,087974	52082,93	53957,02
10:00	558	1904,572206	53145,41	55049,98
11:00	558	1904,572206	53145,41	55049,98
12:00	562	1918,858568	53620,61	55539,46
13:00	558	1904,572206	53145,41	55049,98
14:00	558	1904,572206	53145,41	55049,98
15:00	558	1904,572206	53145,41	55049,98
16:00	553	1889,33009	52614,17	54503,50
17:00	553	1889,33009	52614,17	54503,50
18:00	553	1889,33009	52614,17	54503,50
19:00	549	1874,087974	52082,93	53957,02
20:00	544	1858,845857	51551,70	53410,54
21:00	540	1843,603741	51020,46	52864,07
22:00	544	1858,845857	51551,70	53410,54
23:00	540	1843,603741	51020,46	52864,07

Tabla 88. Exergía destruida en quirófano 2.

2.9.3 Capacidad total quirófano 3

Hora	Xdest (W)	Xdest (Btu/h)	Qtotal (Btu/h)	Capacidad total (Btu/h)
00:00	644	2197,373152	50699,29	52896,67
01:00	644	2197,373152	50699,29	52896,67
02:00	644	2197,373152	50699,29	52896,67
03:00	644	2197,373152	50699,29	52896,67
04:00	640	2183,864065	50171,56	52355,42
05:00	640	2183,864065	50171,56	52355,42
06:00	640	2183,864065	50171,56	52355,42
07:00	644	2197,373152	50699,29	52896,67
08:00	644	2197,373152	50699,29	52896,67
09:00	652	2224,391328	51754,76	53979,15
10:00	659	2251,409503	52810,23	55061,64
11:00	659	2251,409503	52810,23	55061,64
12:00	663	2264,022571	53285,43	55549,45
13:00	659	2251,409503	52810,23	55061,64
14:00	659	2251,409503	52810,23	55061,64
15:00	659	2251,409503	52810,23	55061,64
16:00	655	2237,900415	52282,49	54520,39
17:00	655	2237,900415	52282,49	54520,39
18:00	655	2237,900415	52282,49	54520,39
19:00	652	2224,391328	51754,76	53979,15
20:00	648	2210,88224	51227,03	53437,91
21:00	644	2197,373152	50699,29	52896,67
22:00	648	2210,88224	51227,03	53437,91
23:00	644	2197,373152	50699,29	52896,67

Tabla 89. Exergía destruida en quirófano 3.

3. SELECCIÓN DE EQUIPO

Para la selección de equipo necesitaremos algunos datos como la carga térmica, un factor de diseño, las normas locales e internacionales en salas blancas para mantener un ambiente de asepsia, con estas normas determinaremos la ventilación mecánica, los filtros que se deben usar, etc.

La carga térmica máxima en los quirófanos se presenta a las 12:00, con un valor en todos los quirófanos en promedio de 4,5 Toneladas de refrigeración y una exergía destruida de 0,2 TR para un total de 4,7 TR de capacidad total de los equipos, por comercialización seleccionamos un equipo de 60.000 Btu/H, por tanto los factores de diseño se calculara a continuación:

3.1 FACTOR DE DISEÑO

3.1.1 Quirófano 1

$$\eta = \frac{60000}{56171,31} = 1,068160952628664 \approx 1,07$$

Por tanto el factor de diseño es del 7%

3.1.2 Quirófano 2

$$\eta = \frac{60000}{55539,46} = 1,080312988278964 \approx 1,08$$

Por tanto el factor de diseño es del 8%

3.1.3 Quirófano 3

$$\eta = \frac{60000}{55549,45} = 1,080118705045685 \approx 1,08$$

Por tanto el factor de diseño es del 8%

3.2 VENTILACION MECANICA

La ventilación mecánica en este tipo de sistemas es muy importante ya que se necesitan número de cambios de aire por hora, por lo tanto también un caudal de aire mínimo.

En las siguientes figuras se mostrara el número de cambios por hora y el caudal mínimo de aire impulsado:

Table 1

Recommended indoor conditions for operating rooms

Temperature ^a (°C)	Relative humidity (%)	Ventilation	Source/references
20–23	30–60	Positive pressurization. Minimum 15 ACH, of which at least 3 ACH should be outdoor air. Filter all recirculated and fresh air through min 90% efficient filters. In rooms not engineered for horizontal laminar airflow, introduce air at the ceiling and exhaust air near the floor	American Institute of Architects [29]
17–27	45–55	Positive pressurization. Minimum 25 ACH with minimum 5 ACH of outdoor air	ASHRAE [30]
20–24.	30–60	Positive pressurization (at least 2.5 Pa). Primary Supply Diffusers, non-aspirating. Minimum 20 ACH with minimum 4 ACH of outdoor air	ASHRAE [31]
22–26 ^b	50–60	Positive pressurization. The air changes should be 60 m ³ /m ² /h, if the room height is 3 m, or else 20 air changes per hour	German Institute for Standardization [32]
18–24	50–60	Positive pressurization with 15% excess air. Air flow rates 70–85 m ³ /h. Airflow can be reduced down to 30% of the full load conditions during off-use hours	Technical Chamber of Greece [33,34] Hellenic Health Ministry [35]

^a Use of lower or higher temperature is acceptable when patients' comfort and/or medical conditions require those conditions, e.g. 17 °C for specialized procedures such as cardiac surgery.

^b Reference supply airflow rate 0.67 m³/s.

(Constantinos A. Balaras *, 2006)

Tipo de quirófano	Caudal mínimo de aire impulsado	Movimientos/hora (MH)
Clase A	2400 m ³ /hora 1200 m ³ /hora (aire exterior)	Mínimo 30
Clase B		Mínimo 20
Clase C	1200 m ³ /hora (aire exterior)	Mínimo 15

Tabla 7. Caudal de ventilación, movimientos hora del aire, temperaturas, presión y filtros indicados para quirófanos.

(Farrás & Martínez)

Mínimo son 30 cambios de aire por hora por lo que usamos 35 para mayor seguridad y usamos la fórmula siguiente para calcular el caudal de aire necesario:

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \text{Volumen del local} \times \text{Numero de cambios de aire por hora}$$

Entonces para cada quirófano tenemos:

3.2.1 Ventilación mecánica quirófano 1

$$Q = 66,78 \text{ m}^3 \times 35 \text{ cambios/h}$$

$$Q = 2337,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2.2 Ventilación mecánica quirófano 2

$$Q = 71,232 \text{ m}^3 \times 35 \text{ cambios/h}$$

$$Q = 2493,12 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2.3 Ventilación mecánica quirófano 3

$$Q = 67,984 \text{ m}^3 \times 35 \text{ cambios/h}$$

$$Q = 2379,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.3. FILTROS

El equipo debe contar con filtros dependiendo del tipo de quirófano, los quirófanos son clase A, por tanto en la tabla podemos observar los filtros necesarios:

Tipo de quirófano	Caudal mínimo de aire impulsado	Movimientos/hora (MH)	Temperatura Humedad	Presión	Filtros
Clase A	2400 m ³ /hora 1200 m ³ /hora (aire exterior)	Mínimo 30	18°C-26°C 45- 55 % de humedad	+ 20 Pa a + 25Pa	F5/F9/H14
Clase B		Mínimo 20	22°C-26°C 45- 55 % de humedad		F5/F9/H13
Clase C	Mínimo 15	1200 m ³ /hora (aire exterior)			

Tabla 7. Caudal de ventilación, movimientos hora del aire, temperaturas, presión y filtros indicados para quirófanos.

(Farrás & Martínez)

Entonces se necesitan los siguientes 3 niveles de filtración:

NIVEL DE FILTRACION	CLASE DE FILTRO	NORMA UNE
1°	F5 (40% - 60%)	EN 779
3°	F9 (95%)	EN 779
4°	H14 (99,995%)	EN 1822

CONCLUSIONES

1. La carga térmica oscilo en las 4,5 TR, sin tener en cuenta la exergía destruida o degradada, la cual oscilo en unos 2300 BTU/h equivalente a 0,2 TR, lo que nos hace seleccionar un equipo de 5TR para cada quirófano que además tendrán incluido un factor de seguridad de 7% a 8%.

Es de mucha importancia aclarar que todos los datos tomados como mediciones y tipos de materiales, son reales, por lo que los cálculos presentados en esta tesis se pueden considerar correctos.

2. El análisis exergético nos determinó la cantidad de energía que no puede ser convertida en trabajo debido a procesos irreversibles (exergía destruida), y con esto se calculó la capacidad total real del equipo a instalar para disminuir gastos de energía para la clínica debido al consumo de los equipos de acondicionamiento de aire, cumpliendo así todas las normas locales e internacionales que se exigen en quirófanos.
3. La selección de equipo se realizó según los cálculos de carga térmica, el análisis exergético, la ventilación mecánica y teniendo en cuenta las diferentes normas que se exigen localmente e internacionalmente en los quirófanos clase A.

Los equipos seleccionados para los tres quirófanos de la Clínica General del Caribe deben tener las siguientes características:

- 60.000 Btu/h.
- 1500 cfm.
- 3 filtros (60%, 95%, 99,995%).

4. Con el sistema de acondicionamiento de aire Mini Split que estaba instalado anteriormente en los quirófanos de la Clínica General del Caribe se presentaba un porcentaje muy alto de enfermedades e infecciones postquirúrgica (15%-20%), con el nuevo sistema se disminuyeron totalmente los índices de enfermedades e infección por la contaminación de aire en este tipo de salas (0%).

5. Se llegó a la conclusión que este tipo de sistemas necesita de un mantenimiento preventivo y predictivo altamente exigente, dado la aplicación de riesgo en vidas humanas, lo que implica un chequeo permanente en la saturación de filtros (Prefiltros, filtros y filtros de alta eficiencia), medición de presiones permanentemente, recuentos de partículas y lavado de serpentines, caja de housing y bandeja de condensados, entre otros.

RECOMENDACIONES

- Se recomendó a la clínica la implementación de un sistema que permita controlar algunos parámetros de funcionamiento, a través de un controlador (full gauge IP 9000) y tarjeta principal (main board) que enlace las unidades condensadoras(UC-1 y UC-2) con la Manejadora(UMAC), Ajustando los consumos de energía con la variabilidad de carga térmica a través de la curva o perfil de carga.
- Se recomienda que el personal encargado de la operación y mantenimiento debe ser altamente entrenado para evitar que el contamine o sea contaminado.

BIBLIOGRAFÍA

- ASHRAE. (1997). Cap. 28, ASHRAE Handbook. In *ASHRAE Handbook* (p. 12). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. (2003). ASHRAE STANDARD, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. (2005). Cap. 30, ASHRAE Handbook. In *ASHRAE Handbook* (p. 6). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. (2009). ASHRAE Handbook Cap. 18. En *ASHRAE Handbook* (pág. 27). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. (2009). Cap. 18, ASHRAE Handbook. In *ASHRAE Handbook*. (p. 11). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Constantinos A. Balaras *, E. D. (2006, Septiembre 6). HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms. Atenas, Grecia.
- Farrás, M. G., & Martinez, A. M. (n.d.). *Ventilación general en hospitales*. Notas técnicas de prevención.
- Weather Underground, Inc. (n.d.). *Weather Wunderground*. Retrieved Marzo 31, 2012, from Weather Wunderground:
http://www.wunderground.com/history/airport/SKCG/2011/7/21/DailyHistory.html?req_city=NA&req_state=NA&req_statename=NA
- P. Sakulpipatsin, Exergy efficient building design, Ph.D. Thesis, Faculty of Architecture, Delft University of Technology, The Netherlands, 2008.

ANEXOS

ANTES



DESPUES

