

**ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO POR CENTROS DE COSTO DE
LA CLÍNICA CHICAMOCHA S.A**

LEIDY VANESSA MURALLAS CARRILLO

BRANDON RODRÍGUEZ ROCHA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERÍA EN ENERGÍA

BUCARAMANGA SANTANDER COLOMBIA

2019

**ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO POR CENTROS DE COSTO DE
LA CLÍNICA CHICAMOCHA S.A**

LEIDY VANESSA MURALLAS CARRILLO

BRANDON RODRÍGUEZ ROCHA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO(A) EN ENERGÍA**

Director: M. Sc MARIO JONATAN ACERO CABALLERO

Codirector: Ph.D LEONARDO ESTEBAN PACHECO SANDOVAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERÍA EN ENERGÍA

BUCARAMANGA SANTANDER COLOMBIA

2019

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este proyecto es fundamental en mi proyecto de vida. Primero que todo agradezco a Dios por permitirme realizar este trabajo y por ayudarme a culminar esta etapa, la cual es de gran orgullo para mí y para mis padres, quienes han sido de vital importancia en mis propósitos de vida. A mi compañera de trabajo de tesis, le agradezco por permitirme realizar este trabajo en compañía de ella, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible lograr este proyecto. Finalmente, agradezco a nuestro director de tesis por ayudarnos en cada etapa de este proceso y al técnico de laboratorio de planta piloto por brindarnos su ayuda con el manejo de equipos.

Brandon Rodríguez

Como primera instancia agradezco a Dios y a la virgen por llenarme de sabiduría y perseverancia en cada momento de desesperación, y darme la fuerza y la voluntad de seguir adelante en este camino. A mi familia por apoyarme incondicionalmente en cada paso que doy e impulsarme a ser cada día una mejor persona. A mis amigos, en especial a María León, Eduard Ibáñez, Johan Maldonado y Karen Martínez, por las experiencias y la compañía brindada, su motivación, y su presencia en los momentos más cruciales.

De igual manera, agradezco a mi compañero de trabajo Brandon Rodríguez por su esfuerzo, responsabilidad y ardua dedicación en lo que respecta al desarrollo del proyecto. A los profesores de la carrera por todo el conocimiento infundado. A nuestro director Mario Acero Caballero y co-director Leonardo Estaban Pacheco, por su guía y soporte cognitivo. Finalmente, doy gracias a Marvin torres, encargado de planta piloto, por hacer posible el préstamo de los equipos de medición necesarios, y a la Clínica Chicamocha S.A por permitirnos recopilar información sobre sus instalaciones para el desarrollo del presente proyecto de grado.

Leidy Murallas

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
1. JUSTIFICACIÓN	5
2. OBJETIVOS	6
2.1. OBJETIVO GENERAL	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
3. ALCANCE DEL PROYECTO	7
4. ANTECEDENTES	10
4.1. NIVEL LOCAL	10
4.1.1. CLÍNICA CHICAMOCHA S.A SEDE ROSITA.....	10
4.2. NIVEL NACIONAL.....	10
4.2.1. HOSPITAL SANTA CLARA E.S.E. BOGOTÁ D.C. – COLOMBIA.....	10
4.2.2. CLÍNICA NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO, CALI, COLOMBIA	10
4.3. NIVEL INTERNACIONAL	11
4.3.1. HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS, GUATEMALA	11
4.3.2. HOSPITAL PROVINCIAL UNIVERSITARIO “CAMILO CIENFUEGOS GORRIARÁN” DE SANCTI SPIRITUS, CUBA	11
4.3.3. HOSPITAL GENERAL DE LAS FUERZAS ARMADAS, ECUADOR.....	11
4.3.4. HOSPITAL SANT JOAN DE REUS, ESPAÑA.....	12
5. MARCO REFERENCIAL	13
5.1. MARCO TEÓRICO.....	13
5.1.1. Clínicas	13
5.1.2. Eficiencia energética en Hospitales	16
5.2. MARCO NORMATIVO	18
5.3. MARCO ORGANIZACIONAL [1]	19
5.3.1. Misión	20
5.3.2. Visión	20
5.3.3. Políticas	20
5.3.4. Estructura Organizacional	21
6. METODOLOGÍA	22
7. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO	24
7.1. CONSIDERACIONES	24

8. MEDICIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....	26
8.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	26
8.2. SEGURIDAD EN LA MEDICIÓN.....	28
8.3. PROCESO DE MEDICIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EQUIPOS	29
8.3. PROTOCOLOS DE MEDICIÓN.....	33
9. TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	34
10. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	35
10.1. CARACERIZACIÓN ENERGÉTICA DE CADA SEDE	35
10.2. DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA POR CENTROS DE COSTO	39
11. LINEA BASE E INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO	70
12. PLANTEAMIENTO DE INDICADORES EN LOS CENTROS DE COSTOS DE ALTO CONSUMO	73
13. PROPUESTA DE LA ECUACIÓN ESTIMATIVA DEL CONSUMO ENERGÉTICO MENSUAL POR CENTROS DE COSTO	74
14. PROPUESTAS DE MEJORAS	79
14.1. MEJORAS EN EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	79
14.2. EVALUCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO POR CARGAS TÉRMICAS	79
15. CONCLUSIONES.....	82
16. RECOMENDACIONES	84
17. REFERENCIAS.....	85
18. ANEXOS	89
ANEXO 1. ORGANIGRAMA CLÍNICA CHICAMOCHA S.A.	89
ANEXO 2. ACTA DE INVENTARIOS	90
ANEXO 3. PROCESO DETALLADO DE LA CIRCULACIÓN DE UN TRANSITORIO	91
ANEXO 4. SEGURIDAD EN LA MEDICIÓN Y CATEGORÍAS DE MEDICIÓN.....	93
ANEXO 5. PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN [20]	94
ANEXO 6. CALCULO DE LAS INCERTIDUMBRES.....	101
ANEXO 7. MEJORAS DEL SISTEMA DE AIRES ACONDICIONADOS.....	103
ANEXO 8. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AA POR CARGAS TÉRMICAS	109
ANEXO 9. TIPOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAREDES.....	113
ANEXO 10. DISTRIBUCIÓN.....	119
ANEXO 11. FACTOR DE COBERTURA.....	120

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Centros de costo Clínica Chicamocha.....	7
Tabla 2: Servicios hospitalarios de una clínica.....	14
Tabla 3: Guías de eficiencia energética y ahorro en hospitales.	17
Tabla 4: Marco Legal Hospitalario Colombiano.....	18
Tabla 5. Características de la pinza Fluke 345.....	26
Tabla 6. Características del medidor de energía Power Meter	27
Tabla 7: Parámetros de las categorías de medición	29
Tabla 8: Equipos de baja capacidad nominal	30
Tabla 9: Equipos de alta capacidad nominal	30
Tabla 10: Valor monetario de cada centro de costo con base al consumo energético censado, asociando a la factura del mes de febrero.	52
Tabla 11: Costo por perdidas y cargas flotantes de energía eléctrica.....	52
Tabla 12: Valor monetario de cada centro de costo con base al consumo energético censado, asociado a la factura del mes de Marzo.....	67
Tabla 13: Costo por perdidas y cargas flotantes de energía eléctrica.....	69
Tabla 14. Indicadores de desempeño en los Centros de Costo que cuentan con equipos biomédicos especializados.....	73
Tabla 15: Redistribución porcentual para los centros de costo de la sede González Valencia	76
Tabla 16: Redistribución porcentual para los centros de costo de la sede La Rosita	77
Tabla 17: Cálculo del índice de eficiencia energética para sistemas HVAC	80
Tabla 18: Cálculo de mejora en los índices de desempeño.....	80
Tabla 19: Ahorros implementando mejoras en el sistema de HVAC	81
Tabla 20: Recomendaciones para la medición.....	94
Tabla 21: Interface del medidor de energía UNI-T 230B	100
Tabla 22: Tipos de construcción de paredes para calcular el valor de U	113
Tabla 23: Tipos de construcción de techos para calcular el valor de U	114
Tabla 24: Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento DTCE en paredes	115
Tabla 25: DTCE para el grupo de paredes interiores y exteriores	116
Tabla 26: Factor LM para la Corrección para latitud al mes	116
Tabla 27: Valores de LM clínica Chicamocha S.A.....	117
Tabla 28: Factor de corrección debido al color de la superficie.....	117
Tabla 29: Factor de corrección para ventilación	117
Tabla 30: Calculo del Coeficiente de sombreado CS	118
Tabla 31: Tasas de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado.....	118

Tabla 32: Distribución t student.	119
Tabla 33: Factor de cobertura	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sede la Rosita.....	8
Figura 2: Sede González Valencia	8
Figura 3: Categorías de consumo eléctrico en un hospital.....	15
Figura 4: Categorías de consumo térmico en un hospital.	15
Figura 5: Metodología para el análisis del consumo energético.....	22
Figura 6: Metodología para la medición del consumo energético	23
Figura 7: Formación de un arco eléctrico por un transitorio en la red	28
Figura 8: Diagrama de Pareto de la sede GV por categorías de análisis	36
Figura 9: Diagrama de Pareto de la sede Rosita por categorías de análisis	36
Figura 10: Diagrama de Pareto por centros de costos de la sede GV	37
Figura 11: Diagrama de Pareto por centros de costos de la sede Rosita.....	38
Figura 12: Demanda energética Admisiones	40
Figura 13: Demanda energética Atención al usuario (SIAU)	40
Figura 14: Demanda energética Facturación	40
Figura 15: Demanda energética Fisioterapia	41
Figura 16: Demanda energética Nutrición	41
Figura 17: Demanda energética Alimentación	42
Figura 18: Demanda energética Auditoria	43
Figura 19: Demanda energética Contabilidad	43
Figura 20: Demanda energética Dirección médica	43
Figura 21: Demanda energética Gestión de apoyo asistencial	44
Figura 22: Demanda energética Sistemas	44
Figura 23: Demanda energética Suministros	44
Figura 24: Demanda energética Mantenimiento	45
Figura 25: Demanda energética Sala transitoria.....	45
Figura 26: Demanda energética Servicios Generales	46
Figura 27: Demanda energética Cirugía	47
Figura 28: Demanda energética Esterilización.....	47
Figura 29: Demanda energética Farmacia	48
Figura 30: Demanda energética Hospitalización.....	49
Figura 31: Demanda energética Imagenología	49
Figura 32: Demanda energética UCI	50
Figura 33: Demanda energética Urgencias	50
Figura 34: Demanda energética de los Consumos Comunes	51
Figura 35: Demanda energética de los Consultorios privados	51
Figura 36: Demanda energética de los Admisiones.....	53
Figura 37: Demanda energética de Nutrición.....	54
Figura 38: Demanda energética de SIAU	54

Figura 39: Demanda energética de Cartera	55
Figura 40: Demanda energética de Contabilidad	55
Figura 41: Demanda energética de Facturación	55
Figura 42: Demanda energética de gestión de apoyo asistencial	55
Figura 43: Demanda energética de Mantenimiento	56
Figura 44: Demanda energética de Sistemas	56
Figura 45: Demanda energética de Auditoria Médica	56
Figura 46: Demanda energética de Control interno	57
Figura 47: Demanda energética de Convenios	57
Figura 48: Demanda energética de Dirección médica	57
Figura 49: Demanda energética de gestión administrativa	57
Figura 50: Demanda energética de Gestión Financiera	58
Figura 51: Demanda energética de Gestión gerencial	58
Figura 52: Demanda energética de Planeación y desarrollo	58
Figura 53: Demanda energética de Fisioterapia	58
Figura 54: Demanda energética de Psicología Hospitalaria	59
Figura 55: Demanda energética de Esterilización	59
Figura 56: Demanda energética de Farmacia	60
Figura 57: Demanda energética de PYP	60
Figura 58: Demanda energética de Servicios generales	61
Figura 59: Demanda energética de Sala transitoria	61
Figura 60: Demanda energética de Cirugía	62
Figura 61: Demanda energética de gastroenterología	62
Figura 62: Demanda energética de Ginecobstetricia	63
Figura 63: Demanda energética de Hospitalización % de energía por servicio	64
Figura 65: Demanda energética de Hospitalización % por categorías	64
Figura 65: Demanda energética de Imagenología por servicio	65
Figura 66: Demanda energética de Imagenología por categoría	65
Figura 67: Demanda energética de UCI	66
Figura 68: Demanda energética de Urgencias	66
Figura 69: Distribución porcentual del consumo energético de los consumos comunes de la torre A	67
Figura 70: Distribución porcentual del consumo energético de los consumos comunes de la torre B	67
Figura 71: Comparación del consumo energético VS la ocupación de camas hospitalarias sede La Rosita	71
Figura 72: Comparación del consumo energético vs la ocupación de camas hospitalarias sede GV	71
Figura 73: Comportamiento del indicador de desempeño de las dos sedes	72

RESUMEN

El presente proyecto permite realizar la estimación del consumo energético por centros de costo de las sedes hospitalarias (La Rosita y González Valencia) de la Clínica Chicamocha S.A., con el fin de establecer el desempeño energético de cada área y las mejoras posibles que conlleven a una disminución en el consumo energético.

La metodología planteada se estructuró en dos fases: en la primera fase se realizó el **análisis del consumo energético**, a través del cual se recopiló la información necesaria para establecer el balance energético actual de la clínica. Posteriormente, se identificaron los centros de costo de cada sede con su respectiva extensión, siendo en total 33 centros de costo para La Rosita y 24 para la sede González Valencia, y se llevó a cabo el inventariado de los equipos correspondientes a cada área. La segunda fase se basó en la **medición del consumo energético**. Para este proceso se identificaron las conexiones de los equipos, con el fin de determinar los protocolos y los instrumentos a usar bajo las normativas referentes a los sistemas eléctricos. Finalmente, se midieron los parámetros eléctricos de los equipos, in situ, tanto en funcionamiento como en standby. Seguidamente, se plantearon los indicadores de desempeño en las dos sedes, y se elaboraron las curvas de Pareto y las matrices de consumo energético, identificando los usos significativos de la energía.

Como resultado se obtuvo que la categoría de análisis “aires acondicionados” es la más representativa para ambas sedes hospitalarias, y en función de los centros de costos, imagenología es el centro que más consumo representa para la sede González Valencia y Urgencias para la sede Rosita. A partir de estos resultados se plantearon las propuestas de mejora y las respectivas recomendaciones.

Palabras Claves: Hospitales, Centro de costo, Categorías de análisis, Sistemas de gestión energética (SGE).

ABSTRACT

This project allows estimation of energy consumption by cost centers of the hospital headquarters (La Rosita and González Valencia) of the Clínica Chicamocha S.A., in order to establish the energy performance of each area and possible improvements that lead to a decrease in energy consumption.

The methodology process proposed was structured in two phases: in the first phase the analysis of **energy consumption** was carried out, through which the necessary information was collected to establish the clinic's current energy balance. Subsequently, the cost centers of each headquarters were identified with their respective extension, being a total of 33 cost centers for La Rosita and 24 for the headquarters González Valencia and took inventory of the equipment corresponding to each area. The second phase was based on the **measurement of energy consumption**. For this process, equipment connections were identified in order to determine the protocols and instruments to be used under the regulations relating to electrical systems. Finally, it's measures electrical parameters of equipment, on-site, both in standby operation. The performance indicators were then raised at the two headquarters, and Pareto's curves and energy consumption matrices were developed, identifying the significant uses of energy.

As a result, it was obtained that the category of analysis "air conditioners" is the most representative for both hospital headquarters, and depending on the cost centers, imaging is the center that represents the most consumption for the headquarters González Valencia and Eris for Rosita headquarters. Based on these results, the proposals for improvement and the respective recommendations were raised.

Keywords: Hospitals, Cost Center, Analysis Categories, Energy Management Systems (SGE).

INTRODUCCIÓN

Las clínicas son establecimientos privados que prestan el servicio de asistencia médica y atención progresiva a las personas que padecen enfermedades o discapacidades motoras en su sistema funcional, en base a la gravedad y complejidad de la urgencia de las mismas. Estos centros de prestación de servicios, ofrecen el personal especializado en diferentes ramas de la medicina; teniendo al alcance los dispositivos de tecnología avanzada en el diagnóstico, monitoreo y control de diferentes patologías, las 24 horas del día y durante los 365 días del año sin interrupciones en su sistema operativo.

Estas organizaciones son importantes dado que su principal responsabilidad recae en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas. No obstante, el funcionamiento de estos centros clínicos, requieren de un suministro estable de energía eléctrica, energía térmica, agua, personal administrativo y operativo, lo que representa un alto costo de Operación y Mantenimiento (O&M) en los sistemas de calidad de aire, equipos biomédicos, climatización, etc. Por tal razón, para alcanzar los altos estándares de calidad en la prestación del servicio y el confort clínico, es de vital importancia contar con una estructura operacional que permita la optimización de los recursos energéticos en el sistema asistencial médico; brindando un servicio eficiente y de calidad.

Actualmente, las organizaciones han venido impulsando la creación de estrategias dirigidas al ahorro energético, es por eso que los sistemas integrados de gestión establecidos como normas internacionales; presentadas por la **International Organization for Standardization “ISO”** por sus siglas en inglés, han creado una forma de lograr competitividad en las Pymes (Pequeñas y medianas empresas), siendo un factor clave, obtener el mejor desempeño energético posible.

En junio de 2011, la **ISO** publicó la normativa 50001, cuyo objetivo es optimizar el uso de la energía a partir de la disminución del consumo en cada uno de los procesos de producción o servicios de las empresas, logrando una mejora continua con base al ciclo de mejora **Deming (Planear-Hacer-Verificar-Actuar)**. Este sistema parte del reconocimiento de los servicios energéticos y los usos de la energía con el fin de establecer indicadores de referencia, identificar usos significativos de la energía y proponer alternativas de ahorro que permitan alcanzar metas en eficiencia energética, sin alterar la calidad en la prestación del servicio.

Por tal razón, esta normativa se tuvo en cuenta para el planteamiento de la metodología desarrollada en este proyecto, dado que la Clínica Chicamocha S.A. ha manifestado el interés en mejorar el desempeño energético de sus servicios

hospitalarios a partir de la gestión eficiente de la energía en cada uno de los centros de costo. En el primer capítulo del presente trabajo, se presenta la estimación del consumo energético por centros de costo de las sedes hospitalarias: González Valencia y Rosita de la Clínica Chicamocha S.A. Posteriormente, se encuentra la caracterización energética de los centros de costo por medio de matrices de consumo, asimismo se identifican los usos significativos de la energía por medio de la curva del Pareto para cada sede, estableciendo la relación entre el consumo facturado por centro de costo y el costo asociado a la prestación del servicio. Finalmente, en el tercer capítulo se plantean alternativas enfocadas a la reducción del consumo energético del sistema de climatización de la torre A sede Rosita. Estas mejoras solo se plantean para esta torre debido a la extensión de la clínica, la falta de información y el tiempo de ejecución del proyecto.

1. JUSTIFICACIÓN

Con el paso del tiempo las clínicas y/o los hospitales se ven en la necesidad de innovar su instrumentación médica especializada y ampliar su infraestructura, a causa del aumento de pacientes ingresados por servicio al día; lo que conlleva un crecimiento del consumo energético de la instalación y los costos en la prestación del servicio. Por tal motivo, estos centros de atención buscan la implementación de sistemas de gestión energética en aras de optimizar sus servicios a través de estrategias de ahorro energético, manteniendo un balance entre la utilidad presupuestaria de cada departamento y el consumo energético asociado, sin desmejorar la calidad en la atención del paciente.

A partir del año 2018, la Clínica Chicamocha S. A se ha planteado la introducción de sistemas de gestión en eficiencia energética, como parte de su compromiso ambiental y en pro de certificarse a futuro. Como referencia, se tiene el diagnóstico energético para la torre A de la sede Rosita realizado por estudiantes egresados, el cual se tomará como guía para el desarrollo del presente trabajo.

En virtud de lo expuesto anteriormente, el interés de la clínica en la creación de un sistema más sostenible y su ampliación a todas las sedes en el área metropolitana de Bucaramanga, busca efectuar un proceso de caracterización de consumos por áreas de trabajo o **centros de costo**, a fin de establecer, el desempeño energético de cada área y las mejoras posibles que permitan una disminución en el consumo energético y la correcta disposición de la energía. Acorde a esto, se realiza el análisis energético para las sedes hospitalarias (**La Rosita** y **González Valencia**), dado que poseen la mayor parte de los servicios de atención al paciente, representando potenciales de ahorro significativos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar el costo de energía asociado a cada centro de costo de la Clínica Chicamocha S.A, para establecer la relación entre el consumo facturado y los costos asociados a la prestación del servicio.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar áreas y equipos de cada centro de costo.
- Establecer las metodologías y técnicas para la medición de los consumos de energía por centro de costo.
- Determinar los usos significativos de la energía (U.S E's) y estimar el consumo energético de los equipos, mediante mediciones in situ de cada centro de costo.
- Establecer indicadores en los centros de costo de alto consumo de energía y en cada una de las sedes, para la construcción de la línea base y la línea meta energética.

3. ALCANCE DEL PROYECTO

En esta sección se expone la información y las limitantes tenidas en cuenta en el análisis y la estimación del consumo energético de cada centro de costo, el planteamiento de nuevos indicadores energéticos en los servicios de alto consumo, y el proceso de medición realizado:

La Clínica Chicamocha S.A. cuenta actualmente con 2 **sedes hospitalarias**: Sede la Rosita (Torre A y Torre B) y Sede González Valencia (GV), el **Centro de Especialistas Chicamocha**, un **centro médico** ubicado en el barrio Conucos y las **sedes ambulatorias**: Conucos, Bolarquí y Antiguo Campestre, en la cuales se presta el servicio en gestión de apoyo a consulta externa. En la tabla 1 se presentan los centros de costos identificados durante el recorrido inicial de la Clínica, exceptuando el Centro de Especialistas.

Tabla 1: Centros de costo Clínica Chicamocha

CENTROS DE COSTOS					
Grupo de categorización apoyo					
1	Gestión de apoyo consulta externa	2	Admisiones	3	Alimentación
4	Atención al usuario	5	Cartera	6	Contabilidad
7	Esterilización	8	Facturación	9	Farmacia
10	Gestión de apoyo asistencial	11	Mantenimiento	12	Sistemas
13	Servicios generales	14	Suministros		
Grupo de categorización gerencial					
15	Relaciones humanas	16	Auditoría médica	17	Convenios y mercadeo
18	Dirección médica	19	Gestión administrativa	20	Gestión financiera
21	Gestión gerencial	22	Planeación y desarrollo		
Grupo de categorización operativo					
23	Gastroenterología	24	Cirugía	25	Nutrición
26	Ginecobstetricia	27	Fisioterapia	28	UCI
29	Hospitalización	30	Imagenología	31	Urgencias
OTROS					
32	Sala transitoria	33	Psicología	34	PYP
35	Consultorios Privados				

Fuente. Elaboración propia

El estudio del consumo energético de la clínica Chicamocha S.A, se centrará en las sedes hospitalarias, debido a que presentan la mayor cantidad de centros de costos: 33 centros para la Sede Rosita y 24 para la Sede GV. A continuación, se presenta la distribución de los centros de costos por sede:

Figura 1: Sede la Rosita



Fuente. Clínica Chicamocha. [1]

Ubicación: Calle 40 N° 27a-22, Bucaramanga, Santander, Colombia.

Centros de costo: admisiones, atención al usuario, auditoría médica, cartera, cirugía, contabilidad, (convenios y mercadeo), consumos comunes torre A, consumos comunes torre B, control interno, dirección médica, esterilización, facturación, farmacia, fisioterapia, gastroenterología, gestión administrativa, gestión de apoyo asistencial, gestión financiera, gestión gerencial, ginecobstetricia, hospitalización, imagenología, mantenimiento, nutrición, (planeación y desarrollo), psicología, PYP, sala transitoria, servicios generales, sistemas, UCI y urgencias.

Figura 2: Sede González Valencia



Fuente. Clínica Chicamocha [1]

Ubicación: Avenida González Valencia N° 55B-10, Bucaramanga, Santander.

Centros de costo: admisiones, alimentación, atención al usuario, auditoría médica, cirugía, contabilidad, consumos comunes, consultorios privados, dirección médica

(coordinación de enfermería), esterilización, facturación, farmacia, fisioterapia, gestión de apoyo asistencial, hospitalización, Imagenología, mantenimiento, nutrición, sala transitoria, servicios generales, sistemas, suministros, UCI y urgencias.

El suministro de energía eléctrica está a cargo de la generadora EMGESA S.A E.S.P. perteneciente al grupo ENEL, y los registros del consumo energético se diferencian por separado para cada torre en el caso de la Sede Rosita.

En lo que respecta al consumo de energía térmica, no se hará revisión energética de líneas de vapor, puesto que la clínica tiene externalizados el servicio de lavandería, el calentamiento del agua para las áreas hospitalarias y la cocina (calentador que funciona con gas natural, el cual es suministrado por VANTI S.A E.S. P).

El agua potable es abastecida por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. En la sede Rosita se cuenta con 6 bombas hidráulicas para la provisión de agua a los servicios, y la sede González Valencia cuenta con un sistema de distribución por tanque de gravedad.

El indicador establecido por el grupo de sistemas integrales de gestión para verificar las mejoras energéticas es $\left(\frac{kWh/cama}{mes}\right)$, el cual se encuentra dentro del Sistema de Gestión ambiental “**SGA**”, referenciados para el servicio del consumo de energía eléctrica mensual.

Se dispone de un tiempo de medición de 3 meses y dos semanas, desde inicios de febrero hasta inicios de mayo del 2019.

4. ANTECEDENTES

4.1. NIVEL LOCAL

4.1.1. Clínica Chicamocha S.A Sede Rosita

Se realizó un diagnóstico energético a la torre A de la clínica Chicamocha S.A. sede Rosita, el cual incluyó análisis de las prácticas relacionadas con el consumo de energía, construcción de la línea base, establecimiento de los protocolos de medición y la evaluación de los sistemas de aire acondicionado. Este trabajo, permitió establecer la base para estructurar un Sistema de Gestión de la Energía en la organización a partir del conocimiento de los usos significativos de la energía de la clínica por piso y categoría, y los hábitos de consumo de energía del personal. [2]

4.2. NIVEL NACIONAL

4.2.1. Hospital Santa clara E.S.E. Bogotá D.C. – Colombia

El hospital se planteó como propósito el estudio de un sistema de mejoramiento en gestión energética, con el fin de hacer un uso eficiente y racional de la energía en todas sus instalaciones. A través del diagnóstico, el hospital logró establecer los principales potenciales de ahorro, siendo la iluminación el punto crítico en el consumo energético, identificar los impactos ambientales generados por el uso de la energía, y alcanzar la implementación de un plan de seguimiento y control de buenas prácticas. [3]

4.2.2. Clínica Nuestra Señora del Rosario, Cali, Colombia

Este trabajo se basó en la revisión de los principales sistemas de consumo de energía de la clínica. Se realizó en función de la norma NTC-ISO 50001, con el fin de dar las pautas necesarias para el proceso de certificación de la clínica como hospital verde. [4]

4.3. NIVEL INTERNACIONAL

A nivel mundial, algunos hospitales también se han sumado a la reestructuración de su matriz energética, dando paso a la construcción de una estructura operacional y económica más eficiente. En algunos casos, también se ha buscado mejorar energéticamente desde el proceso de diseño y construcción del centro hospitalario.

A continuación, se presentan los casos encontrados en la literatura:

4.3.1. Hospital General San Juan de Dios, Guatemala

Se llevó a cabo un estudio y análisis de ahorro energético en el Hospital, identificando oportunidades de mejora que conllevan ahorros energéticos, evaluando mejoras en el uso de la energía, en la adecuación y la renovación de algunos equipos específicos que se encuentran con alto grado de antigüedad. El trabajo sirvió para el desarrollo de una guía enfocada a la disminución de costos operativos en distintas áreas del hospital y el consentimiento del personal operativo con la buena disposición de los recursos con los que se disponen. [5]

4.3.2. Hospital Provincial Universitario “Camilo Cienfuegos Gorriarán” de Sancti Spiritus, Cuba

El trabajo se realizó con el propósito de caracterizar las demandas energéticas del hospital, mediante el análisis de sus estructuras de consumos correspondientes al año 2015. Para ello, se identificaron las áreas y los equipos que más consumo energético representan; a partir de este análisis, se identificó el costo total por consumo eléctrico y térmico, y su porcentaje de participación en el consumo total del hospital. [6]

4.3.3. Hospital general de las Fuerzas Armadas, Ecuador

Se plantearon alternativas para el incremento de la eficiencia energética en la utilización de la energía y mejoras en la calidad del servicio dentro de sus instalaciones. El estudio consistió en la realización del levantamiento de cargas y el planteamiento de indicadores de desempeño energético del hospital, dando paso a las recomendaciones de mejoras en el sistema energético y evaluando el potencial de ahorro que estas mejoras significan. [7]

4.3.4. Hospital Sant Joan de Reus, España.

Es un edificio diseñado para dar una respuesta contemporánea al programa hospitalario, prestando especial atención al confort del paciente y del personal que lo ha de utilizar. De tal manera, se logra dar respuesta a las necesidades de eco eficiencia, alcanzado una disminución en los consumos energéticos de un 35% y 15% respectivamente, diferenciándolo al consumo medio de un hospital de similares dimensiones y prestaciones; todo ello sin incorporar grandes instalaciones activas de ahorro energético como: geotermia y campos solares. [8]

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO TEÓRICO

5.1.1. Clínicas

Las clínicas son instituciones prestadoras de servicios médicos de orden privado, que se agrupan en una gran variedad de servicios hospitalarios y administrativos que gestionan el derecho a la salud. Con el fin de garantizar el buen funcionamiento de estos centros de salud, gran cantidad de personal capacitado interviene para brindar el tratamiento y el registro adecuado a los pacientes, como lo son: el personal médico, sanitario, administrativo y de seguridad. [2] [9]

Partiendo de la magnitud de la oferta de los servicios médicos y la complejidad médica, ante el aumento de pacientes, y con el propósito de utilizar eficientemente los servicios, se creó una clasificación de los hospitales en tres niveles, como lo plantean J. A. ACOSTA [9] y M. G ECHEVERRI [10]:

- Hospitales de primer nivel: centros de salud de menor tamaño en el que se llevan a cabo actividades de promoción y prevención (PYP), y planes de atención básica, principalmente atención ambulatoria hospitalaria, medicina general, urgencias y hospitalización de patologías de bajo riesgo.
- Hospitales de segundo nivel: En estas instituciones se presta atención a los pacientes que son remitidos de los centros de primer nivel luego de un proceso valorativo, de manera oportuna y eficiente. Se caracteriza por contar con los servicios especiales básicos de medicina interna, cirugía, pediatría, ginecobstetricia y terapias de apoyo de rehabilitación funcional.
- Hospitales de tercer nivel: atiende pacientes que requieren de cuidado especial y el uso de tecnología de punta. Se clasifica en sub y supra especialidades, tales como, cardiología, dermatología, microcirugía, resonancia magnética, radiología, laboratorio clínico, endocrinología, entre otros.

a. Distribución física

Los hospitales se subdividen físicamente en áreas o servicios de asistencia médica, lo cual es de vital conocimiento a la hora de establecer los factores que influyen directamente sobre parámetros como: la climatización y el consumo de la energía en la instalación. [2]

Según Acosta Jesús [9] las unidades hospitalarias se clasifican en áreas médicas, administrativas y de apoyo, entre los que se fijan las áreas críticas con relación al cuidado de los pacientes y demás agentes externos como: personal propio de la clínica y visitantes.

– Área médica

Corresponde al área de supervisión y trato constante de los pacientes por parte del personal de enfermería del hospital, tales como: hospitalización, UCI, urgencias, zonas de recuperación, etc. Generalmente son centros de costos caracterizados por presentar consumo energético representativo en cuanto al uso de equipos biomédicos, equipos generales y climatización de las áreas, sobre todo en este último.

- Área administrativa

Hace referencia a la administración de las funciones del hospital. Forman parte de los servicios energéticos los cuales pueden ser: gestión gerencial, gestión financiera, planeación y desarrollo, contabilidad, (convenios y mercadeo) y gestión del talento humano.

- Área de apoyo

Es el área encargada de brindar soporte al hospital en lo que respecta a la atención de los usuarios, ingreso y registro de pacientes, procesos de limpieza de la instalación y del mantenimiento de los equipos que conforman los servicios.

Así mismo, Acosta Jesús [9] plantea una categorización de los servicios hospitalarios, dadas las unidades como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Servicios hospitalarios de una clínica

Clasificación de los servicios en las unidades o centros	
Administrativos	Dirección administrativa, presidencia y oficinas.
Ambulatorios	Consulta externa y urgencias
Intermedios	Laboratorios, banco de sangre, imagenología, rehabilitación y farmacia
Hospitalización	Por especialidades, aislados, estación de enfermería
Quirúrgicos y Obstétricos	Quirúrgicos, obstetricia, cuidados intensivos, recuperación, central de esterilización, anestesiología, neonatología

Generales	Cocina y nutrición, lavandería, talleres, mantenimiento, morgue, transporte, vigilancia
Complementarios	Auditorios, sala de juntas, cafetería, salas de espera

Fuente. Adaptado de [9].

a. Distribución energética

Así como la distribución física, los hospitales manejan una distribución o clasificación energética de sus equipos, asociados a cada una de las áreas de trabajo, como se muestra en las figuras 3 y 4. Dadas las actividades que se desarrollan en estas instituciones, estas deben cumplir con parámetros de confort apto para el desarrollo de los procesos hospitalarios. Roncancio y Calderón [2] plantean tres agrupaciones: Confort térmico, lumínico y acústico. El confort térmico lo definen como las condiciones ambientales de temperatura, velocidad de aire y la humedad que se genera por el desarrollo de actividades en algunas zonas, creando una sensación de alivio al paciente y al personal que se encuentra laborando. La iluminación debe ser la más adecuada posible para que contribuya de forma positiva en el proceso de recuperación del paciente, facilitando simultáneamente la realización de las tareas del personal de servicios generales y algunos de los procedimientos hospitalarios. Por último, se presenta el confort acústico. De acuerdo a lo revisado en Acosta Jesús [9] los centros hospitalarios no deben sobrepasar los 25-35 dB, evitando que se filtre ruido del interior de los servicios a los pasillos de la instalación.

Figura 3: Categorías de consumo eléctrico en un hospital

Categorías de consumo eléctrico	<i>Servicios generales:</i> Iluminación, compresores y bombas de vacío, aire acondicionado (AA), bombas de agua, ventilación, equipos de cocina, cafetería, ascensores, etc.
	<i>Servicios médicos:</i> hospitalización, unidades de críticas y de urgencias, cirugía, imagenología, pediatría, laboratorios clínicos, entre otros.

Fuente: Adaptado de [11]

Figura 4: Categorías de consumo térmico en un hospital.

Categorías de consumo térmico	<i>Servicios generales:</i> Calderas, cocina, lavandería.
	<i>Servicios médicos:</i> Esterilización, Agua Caliente.

Fuente: Adaptado de [11]

b. Centros de costos hospitalarios

Las organizaciones enfocadas a la salud se enfrentan permanentemente al aumento de sus costos, a causa del incremento en el flujo de pacientes a lo largo de las ocupaciones de los servicios hospitalarios diariamente. Este factor influye en la adquisición o el arriendo de edificios, equipos, mano de obra, y suministros médicos por parte de las instituciones, a fin de convertirlos en servicios para el cuidado de los pacientes logrando abastecer la demanda de atención [12]. En la actualidad, las organizaciones preocupadas con temas como la sostenibilidad y el medio ambiente, realizan el control y prorrateo de sus costos, buscando oportunidades de mejora enfocadas al desarrollo y la implementación de un sistema interno de gestión, control y distribución de gastos en los servicios energéticos, los cuales permiten tener un conocimiento más profundo del consumo y las formas de repartir la responsabilidad socio ambiental, trayendo consecuentemente, mejor control y economía para la institución [13].

Una de las soluciones que más se presentan a nivel económico en las empresas, es la creación de **centros de costos**, la cual constituye una unidad lógica caracterizada por representar una actividad en la cual se acumulan gastos. Su determinación, parte de la agrupación por departamentos o servicios de la estructura organizacional de la entidad, por lo que su integración permite efectuar un mayor análisis que facilita la distribución de los costos hacia otros centros [14]. Esta metodología es muy utilizada en el sector de salud, dado que los procesos pueden definirse y separarse de una forma relativamente fácil. Sin embargo, al costear los servicios médicos, no se tienen en cuenta las áreas administrativas que representan un valor importante dentro de la estructura contable en este tipo de entidades, así como el costeo de otros niveles de información relevantes como: procedimientos, pacientes, suministros, etc. [15].

Una desventaja competitiva para cualquier institución, es desconocer la estructura de sus costos. La mayoría de las instituciones hospitalarias fijan sus metas de reducción de costos en la restricción del acceso de los pacientes a los servicios médicos, y la reducción en el uso de pruebas y tratamientos costosos. Desafortunadamente, estas medidas no han sido las más óptimas, ya que al disminuir sus consumos a favor de sus costos, han desmejorado la calidad en la prestación del servicio [12].

5.1.2. Eficiencia energética en Hospitales

La eficiencia energética de un proceso se refiere a la relación entre la cantidad de energía efectivamente aprovechada y la energía consumida para el efecto buscado.

La eficiencia energética (EE) se refiere al conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, sin afectar la producción, la calidad o los niveles de confort. Las medidas de eficiencia energética se pueden clasificar en dos tipos principalmente: operacionales y recambio tecnológico, donde está última, significa el reemplazo de un equipo o implementación de un sistema optimizado [16].

Actualmente, existen guías que pueden servir como orientación para gestores que llevan un recorrido de eficiencia energética en los edificios hospitalarios, en la tabla 3, se presentan guías existentes en España y Chile:

Tabla 3: Guías de eficiencia energética y ahorro en hospitales.

Guías de ahorro en hospitales	
Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales, España	Publicada por la Consejería de Economía y Hacienda, en colaboración con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid y diversas empresas del sector energético y de servicios.
Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.	Creada por hospitales y Centros de Atención Primaria, fruto del Convenio de Colaboración firmado entre el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), y el Comité Español de Iluminación (CEI)
Manual de Gestor en eficiencia Energética en el sector hospitalario, Chile	La Agencia Chilena De Eficiencia Energética (AChEE) firmó como misión principal, el fortalecimiento del capital humano en temas relacionados con eficiencia energética (EE), de tal forma que los sectores de consumo implementen medidas que les permitan utilizar eficientemente sus recursos energéticos, mejorando así su productividad y competitividad.

Fuente. Adaptado de [8] [16] [17].

a. Normativa para hospitales

Existen diferentes sistemas de evaluación y certificación ambiental, tanto nacionales como internacionales, que se apoyan en la gestión de la energía para sus acreditaciones, ejemplo de ellos son las normativas ISO 50001, BREEAM®, LEED® y Energy Star. Todos van dedicados principalmente a la determinación de las estrategias de mejora aplicadas en edificaciones, partiendo de una valoración objetiva acerca de la sostenibilidad del edificio [2].

Dado que para el desarrollo de este documento se tomará como referencia la norma ISO 50001, en esta sección solo se hablará de la misma.

En junio de 2011, la International Standard Organization (ISO) publicó la normativa 50001, cuyo objetivo radica en la optimización del uso de la energía y la mitigación de los impactos ambientales causados por el proceso productivo de la empresa. Esta se conforma de un proceso de revisión energética en la que se definen las áreas de usos significativos de la energía y se identifican oportunidades de mejora de los potenciales de ahorro. Una línea base energética que representa una comparación cuantitativa entre el indicador y el consumo de energía en un periodo de tiempo. Indicadores de desempeño energético que permiten monitorear los procesos productivos y el establecimiento de planes de acción y mejora continua. [18]

5.2. MARCO NORMATIVO

Dada la importancia y la necesidad de ubicar el proyecto dentro de las políticas existentes, en la tabla 4 se exponen una serie de leyes y decretos que forman parte del marco legal hospitalario en Colombia.

Tabla 4: Marco Legal Hospitalario Colombiano.

Legislación	Objetivo	Fecha
Decreto 2811	Preservación de los recursos naturales renovables y protección al medio ambiente	1974
Ley 99	Estableció el Sistema Nacional Ambiental (SINA), creó el Ministerio del Medio Ambiente y estructuró las instituciones que se encargarían de vigilar el uso adecuado de los recursos naturales.	1993
Ley 143	Reestructuró todo el sistema nacional de interconexión eléctrica	1994
Ley 400 y Normas sismo resistentes (N.S.R)	Las edificaciones hospitalarias deben ser las que permanezcan con mayor resistencia ante cualquier desastre natural, para poder atender a los afectados.	1997 - 1998
Ley 697	Declaración del uso racional de la energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional.	Octubre de 2001
Decreto 3683	Reglamentó la ley y creó la comisión intersectorial de URE (CIURE). Asesora y apoya al ministerio de minas	19 de diciembre de 2003

Legislación	Objetivo	Fecha
	y energías en la coordinación de actividades sobre el URE.	
NTC 2050	Normativa para el uso correcto de la electricidad.	25 de noviembre de 1998
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)	Medidas que garantizan, minimizan y eliminan riesgos de origen eléctrico.	30 de agosto de 2013
Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)	Presenta los requisitos y los parámetros que se deben cumplir en los sistemas de iluminación y alumbrado público.	28 de diciembre de 2012
Ley 100	Se exige de manera clara y explícita que toda entidad prestadora de servicios de salud tanto pública como privada debe contar con adecuados sistemas contables y de costos.	1993

Fuente. Adaptado de [2] [9] [10] [12]

5.3. MARCO ORGANIZACIONAL [1]

La Clínica Chicamocha fue fundada en el año 1983 por un grupo de doctores que manifestaron la necesidad de dar a la comunidad santandereana servicios de salud integrales. La clínica se situó inicialmente en la calle 34 N° 32-80, pero su éxito y la gran satisfacción creada por el proyecto, impulsó el desarrollo y la evolución de una clínica que contara con más servicios hospitalarios, razón por la cual, en el año 1991 a fin de brindar un mejor servicio, se trasladaron a la cra 28 N° 40-30. Primero, inició siendo lo que actualmente se conoce como la torre A de la sede Rosita y posteriormente se construyó la torre B (infraestructura de 11 pisos) a fin de anexar servicios como imagenología, ampliar los servicios de hospitalización y cirugía, e introducir tecnología de punta en las áreas críticas. En sus inicios, la clínica se había consolidado como una sociedad limitada, pero al ampliarse el número de socios, se creó la necesidad de cambiar la sociedad a una de carácter anónimo (S.A), según la escritura pública N° 3283, registrada en la Cámara de Comercio de Bucaramanga.

De igual forma, tras el incremento significativo en el ingreso de pacientes en los servicios hospitalarios y especializados, en diciembre del año 2014 la clínica

Chicamocha adquiere las instalaciones de la Clínica Metropolitana de Bucaramanga ubicada en la Avenida González Valencia N°55B-10, conformándose una torre de 8 pisos e introduciendo el servicio de resonancia magnética dentro de su portafolio de atención en salud.

La institución se caracteriza por manejar valores y principios organizacionales como la humanización, la tolerancia, el trabajo en equipo, la honestidad y el respeto, garantizando un buen servicio de atención en salud; también, por el logro de numerosos premios y reconocimientos en el área hospitalaria, entre los que se destacan el de hospital verde fase III del año 2011 y el de organizaciones comprometidas con el ambiente OCAMS del año 2017, ambos, otorgados por la CDMB (Corporación autónoma Regional para la Defensa de la meseta de Bucaramanga).

En la actualidad, la clínica se encuentra bajo la gerencia del Dr. Oswaldo Mateus, la administración del Dr. Horacio Maldonado y la dirección médica del Dr. Francisco Silva.

5.3.1. Misión

La Clínica Chicamocha S.A es una Institución privada, que presta servicios de salud humanizados, con un equipo misional y de apoyo altamente calificado, con vocación educativa, formadora de talento humano, enmarcada en la seguridad, costo-eficiencia y la responsabilidad social.

5.3.2. Visión

Para el año 2021, la Clínica Chicamocha S.A. será una Institución líder nacional en atención integral de servicios de salud, reconocida por su excelencia, innovación y generación de conocimiento.

5.3.3. Políticas

- Política de Calidad [19]

La clínica Chicamocha S.A como institución prestadora de Servicios de Salud, se compromete a mejorar continuamente con el objetivo de brindar satisfacción a las personas, mediante la prestación de servicios de calidad.

- Política Ambiental [19]

Trabajando en un marco de desarrollo sostenible, se encuentra comprometida a desarrollar una estrategia ambiental preventiva y de mejoramiento continuo a través de la implementación de tecnologías más limpias y la promoción de una cultura respetuosa con el medio ambiente y el cumplimiento de la legislación ambiental.

- Política energética [2]

La Clínica Chicamocha S.A asume el compromiso de mejorar la eficiencia en el consumo de energía en sus instalaciones y el desarrollo de sus actividades con el objetivo de preservar los recursos naturales y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

5.3.4. Estructura Organizacional

En el **ANEXO 1** se presenta la distribución administrativa de la Clínica Chicamocha S.A.

6. METODOLOGÍA

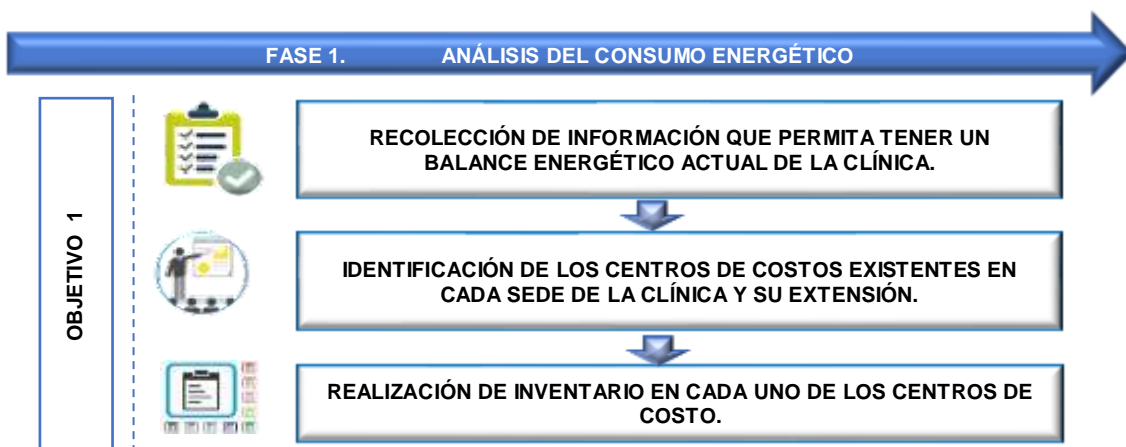
El esquema del proyecto está compuesto por dos fases estructurales, la primera fase consiste en el **análisis del consumo energético** de todas las áreas de prestación del servicio, y la segunda fase consiste en la **medición del consumo energético** de todos los equipos que se encuentran dentro de las instalaciones de la clínica.

En la primera fase, se realizan las siguientes actividades:

- Planteamiento de las consideraciones que se tienen durante todo el proceso de la revisión energética.
- Recopilación de información de consumos históricos de energía por parte de la clínica (consumo mes) y el comercializador (consumo hora-hora).
- Registro de los horarios laborales de cada área (médica, técnica y administrativa).
- Identificación de los centros de costo con las respectivas operaciones y condiciones físicas de los equipos.
- Identificación de los centros de costo que comparten el consumo de energía de algunos equipos y los equipos de consumo público que no están asociados a la prestación del servicio (ascensores, bombas, cámaras, etc.).
- Elaboración del inventario de equipos con su respectivo formato (**VER ANEXO 2**).

En la figura 5 se puede observar el proceso de forma general:

Figura 5: Metodología para el análisis del consumo energético



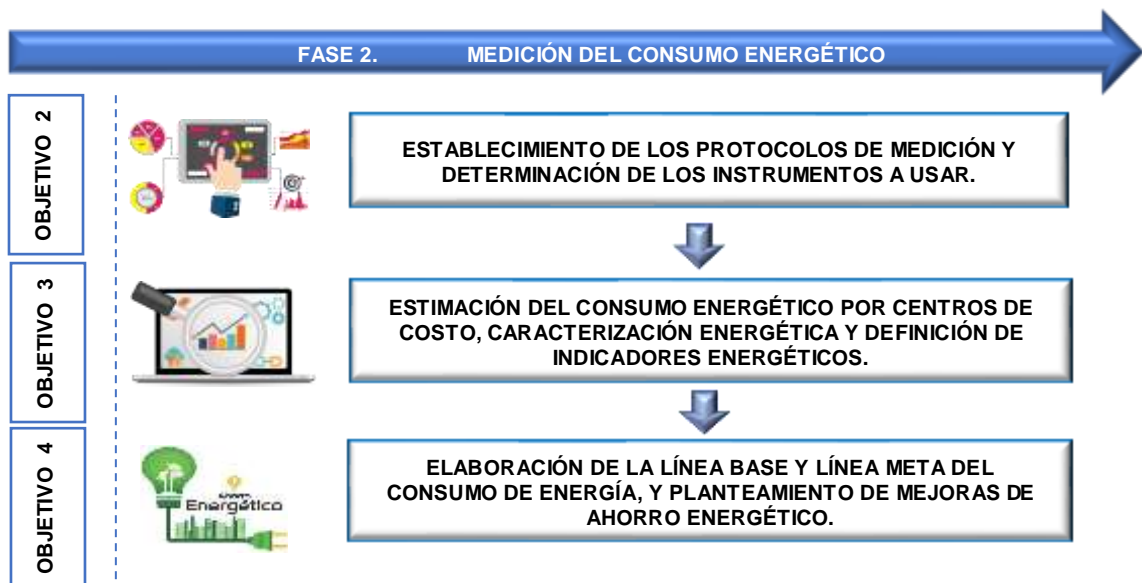
Fuente. Elaboración propia.

En la segunda fase, se realizan las siguientes actividades:

- Identificación de las conexiones (monofásico, bifásico o trifásico) de los equipos, con el fin de establecer las herramientas para la medición del consumo energético.
- Censo de cargas para recopilar la información que se encuentra en la placa de los equipos, como potencia nominal (W), corriente (A), voltaje(V), factor de potencia unitario y otros parámetros adicionales.
- Registro de la potencia promedio medida durante el tiempo de operación y en stand by.
- Caracterización del consumo energético medido, por medio de la curva de Pareto y matrices de consumo, identificando los USE's de las sedes hospitalarias y los centros de costo, respectivamente.
- Planteamiento de indicadores en los centros de costos de alto consumo.
- Construcción de la línea base del consumo de energía, para comparar cuantitativamente el indicador manejado por la clínica con la energía mensual.

En la figura 6 se resume lo mencionado con anterioridad:

Figura 6: Metodología para la medición del consumo energético



Fuente. Elaboración propia

7. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Durante el recorrido preliminar a la primera fase de la metodología, la cual consiste en la recolección de información, se presentaron diferentes barreras y circunstancias que interfieren **dependientemente** en el análisis del consumo energético. Es por esta razón, que se establece una serie de consideraciones técnicas, que fundamentan los criterios de evaluación, al momento de realizar la medición del consumo energético de los equipos.

7.1. CONSIDERACIONES

- El período base establecido para el registro de los consumos históricos, fue tomados desde marzo 2017 – marzo 2019 (2 años).
- El porcentaje promedio de ocupación total de la clínica se tomó para el período base 2017 - 2019; este registro se monitorea mensualmente para calcular el indicador.
- Debido a que algunos equipos tienen la misma referencia de fabricante y los mismos parámetros eléctricos, el valor del consumo energético medido, se establece como parámetro fijo en los otros centros de costo donde se encuentren estos equipos. De igual forma se duplicarán las mediciones de una sede a otra. En este caso, se iniciarán las mediciones en la sede González Valencia dada su organización y estas se tomarán igual para los equipos semejantes que haya en la sede Rosita.
- Para el cálculo del consumo energético mensual de los equipos, se tomaron en cuenta las horas de uso de los equipos en cada centro de costo y los días laborados semanalmente.
- Las categorías de análisis que se establecieron dentro de la clínica fueron: equipos de aire acondicionado, equipos biomédicos, equipos generales, iluminación, equipos de refrigeración y equipos que hacen parte del centro de costo “consumos comunes”.
- Dentro de la categoría “equipos generales” se conjuntan: hornos, cafeteras, licuadoras, ventiladores, extractores de aire, impresoras, impresoras etiquetadoras, teléfonos, computadores, escáner, micrófonos, televisores y decodificadores, entre otros.

- Para la categoría de “refrigeración” se conjuntan las neveras y los calentadores de medicamentos, y para la categoría “Consumos comunes” se encuentran los ascensores, las bombas de agua, las cámaras, los monta cargas, compresor de aire medicinal y las bombas de vacío.
- Los equipos biomédicos se clasificaron en dos categorías: generales (bombas de infusión, bombas de nutrición, monitor de signos vitales, desfibrilador, entre otros) y especializados (autoclaves, generador de vapor, TAC, resonador, RX, fluoroscopia, microscopio quirúrgico, arco en C, entre otros).
- Se identificaron luminarias led de 6, 12 y 60 W, ahorradores de 42 W, y lámparas fluorescentes de 64 W.
- En lo que se refiere a las zonas de preparación de alimentos (cocinas), solo se hizo medición del consumo energético en la sede González Valencia, ya que en la sede Rosita el sistema integrado de alimentación (SIAN), cuenta con un medidor de consumo independiente al de la clínica. Así mismo, sucede con el instituto del corazón ubicado en el piso 8 de la torre B de la sede Rosita.
- El **Instituto del corazón y SIAN**, se incluyeron en la caracterización del consumo por centros de costos de la sede Rosita, ya que los consumos de estos servicios externos vienen incluidos en el consumo facturado mensual. No obstante, el departamento de planeación y desarrollo a partir de las lecturas de los **medidores independientes**, descuentan esta medición del total de energía de la factura.
- Los centros de costo “Relaciones Humanas” y “Gestión de apoyo a consulta externa”, no se van a evaluar porque **NO** se encuentran dentro de las sedes hospitalarias a estudiar.
- Se agregaron tres centros de costo que no estaban dentro de la categorización de la Rosita y la González Valencia. Dada la repartición de los servicios, estos centros son: Programa de promoción y prevención de la salud (PYP), Psicología hospitalaria (acompañamiento psicológico hospitalario) para la sede Rosita, consultorios privados para la sede González Valencia, y Sala de transición para ambas. Los centros de costo identificados se plantearon en el alcance del proyecto.

8. MEDICIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

8.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para llevar a cabo las mediciones respectivas del consumo de energía se usaron los equipos presentados en la tabla 5 y 6:




Tabla 5. Características de la pinza Fluke 345

PINZA AMPERIMÉTRICA DE CALIDAD DE ENERGÍA	
   	<p>Descripción del equipo</p> <p>Fluke 345 resulta ideal para realizar mediciones en cargas de conmutación, tales como accionadores de frecuencia variable, iluminación electrónica y sistemas de suministro interrumpido de energía. Asimismo, el sistema de medición por efecto Hall permite realizar mediciones de corriente continua sin necesidad de interrumpir el circuito, y la memoria interna permite un registro a largo plazo para el análisis de tendencias o problemas intermitentes.</p> <p>Características técnicas</p> <p>Corriente AC/CC: Medición de corriente alterna y de corriente continua hasta con solo conectar la pinza, hasta 1400 A rms en AC y 2000 A en CC sin interrumpir el circuito.</p> <p>Valor nominal más alto de seguridad: 600 V CAT IV, clasificado para uso en la entrada del servicio.</p> <p>Exactitud en entornos ruidosos: Incluso con las formas de onda distorsionadas presentes en cargas electrónicas con filtros pasa bajo.</p> <p>Visualización de gráficos y generación de informes: Con el software Power Log se puede ver los datos registrados y los parámetros a lo largo del tiempo que dura la medición de tensión, corriente, corriente de arranque, distorsión armónica, potencia monofásica, bifásica y trifásica balanceada, energía activa, reactiva y aparente, factor de potencia, osciloscopio y graficador de los parámetros anteriormente mencionados.</p> <p>Seguridad eléctrica: Seguridad según IEC 61010-1 600 V CAT IV, aislamiento doble o reforzado, grado de contaminación 2, protección IP40: EN60529</p>
<p>Cumple con los requisitos de la Unión Europea y de la Asociación Europea de Libre Comercio (EFTA).</p> <p>Cumple los estándares de la Asociación Canadiense de Normalización (Canadian Standards Association).</p> <p>Cumple con la categorización de seguridad según IEC 61010 (instalación)</p>	

PINZA AMPERIMÉTRICA DE CALIDAD DE ENERGÍA		
Rango de Exactitud		
Medición de corriente (A): 0-2000A → CC Y 0-1400 rms AC I > 10 A → ± 1.5 % de la lectura I < 10 A → ± 0,2 A	Medición de tensión (V): 0-825 V rms CC y AC V > 1 V → ± 1 % de la lectura V < 1 V → ± 0,02 V	Medición consumo energía (kWh): 0-40.000 kWh kWh > 2kWh → ± 3° de la lectura kWh < 2kWh → ± 0,08 kWh
Medición de potencia W1Ø y W3Ø (W): 0-165 kW CC y 0-1200kW AC W1Ø → 2,5% de la lectura W3Ø → 2,5% de la lectura	Medición de potencia W1Ø y W3Ø (VA): 0-165kW CC y 0-1200kW AC. VA > 2kVA → ±2,5 % de la lectura. VA < 2kVA → ±0,08 kVA	
Medición de potencia W1Ø y W3Ø (VAR): 0-1250 kVAR. VAR > 4kVAR → ±2,5 % de la lectura. VAR < 4kVAR → ±0,25 kVAR.	Factor de potencia: 0,3 (72,5°) capacitiva y 0,3-1 (0°-72,5°) inductiva. FP → ± 3° de la lectura	
	Tiempo de registro máximo: 179 días – 15 horas- 15 min	

Fuente: Adaptado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345. [20]

Tabla 6. Características del medidor de energía Power Meter

Power Meter UNI-T 230b																	
  Cumple con los requisitos de la Unión Europea y de la	 <p>Antes de conectar el dispositivo, asegúrese de que no se excederá el voltaje máximo de medición (150V CATII) y la corriente máx. (15A)</p> <table border="1"> <tr> <td>Exactitud de la lectura</td> <td>98.6%</td> </tr> <tr> <td>Voltaje de operación</td> <td>110-150V</td> </tr> <tr> <td>Corriente de operación</td> <td>0-15^a</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>45-65Hz</td> </tr> <tr> <td>Factor de potencia</td> <td>0-1</td> </tr> <tr> <td>Consumo de energía</td> <td>0-9999 kWh</td> </tr> <tr> <td>Costo de la energía</td> <td>0- 9999 \$</td> </tr> <tr> <td>Tiempo máx. de registro</td> <td>0 min – 9999 días</td> </tr> </table>	Exactitud de la lectura	98.6%	Voltaje de operación	110-150V	Corriente de operación	0-15 ^a	Frecuencia	45-65Hz	Factor de potencia	0-1	Consumo de energía	0-9999 kWh	Costo de la energía	0- 9999 \$	Tiempo máx. de registro	0 min – 9999 días
Exactitud de la lectura	98.6%																
Voltaje de operación	110-150V																
Corriente de operación	0-15 ^a																
Frecuencia	45-65Hz																
Factor de potencia	0-1																
Consumo de energía	0-9999 kWh																
Costo de la energía	0- 9999 \$																
Tiempo máx. de registro	0 min – 9999 días																

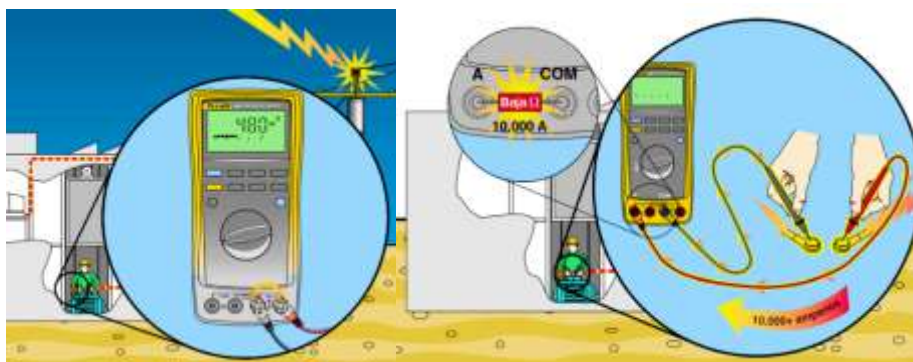
Power Meter UNI-T 230b	
Asociación Europea de Libre Comercio (EFTA) y cumple con la categorización de seguridad según IEC 61010 (instalación)	Potencia máxima del equipo a medir 1800W
	Isc 16.5A

Fuente: Adaptado del manual de uso Power Meter UNI-T 230B US. [21]

8.2. SEGURIDAD EN LA MEDICIÓN

En el proceso de medición del consumo energético de los equipos, se debe tener en cuenta los protocolos y las normativas vigentes, las cuales permiten hacer el procedimiento con los más altos estándares de seguridad y con el menor riesgo posible ante una sobrecarga eléctrica efectuada por transitorios o una mala conexión como se muestra en la figura 7.

Figura 7: Formación de un arco eléctrico por un transitorio en la red



Fuente: Fluke seguridad en la medición [22]

En el **ANEXO 3** se puede ver el proceso detallado de un transitorio durante la medición del consumo energético de un equipo. En este caso, la normativa que proporciona los parámetros claves de forma detallada, es el **estándar IEC 61010-1**, el cual establece los riesgos que se deben tener cuando se hace contacto con los ramales y conexiones eléctricas de los equipos. Esta norma tiene los riesgos clasificados por categorías de medición, los cuales van desde CAT I hasta CAT IV,

siendo esta última la de mayor riesgo. En el **ANEXO 4** se expone la localización y descripción de cada categoría.

Los principales parámetros que se tienen en cuenta para establecer la categoría del equipo que se requiere para hacer la medición, se evidencian en la tabla 7. Los parámetros a tener en cuenta para establecer la categoría del equipo de medición son: la tensión de operación del equipo, la tensión pico de los pulsos transitorios y la impedancia de la fuente (línea de alimentación de energía).

Tabla 7: Parámetros de las categorías de medición

Categoría de medición	Tensión de operación (CD o CA-rms a tierra)	Pico del pulso transitorio (20 repeticiones)	Fuente de comprobación ($\Omega = V/A$)
CAT I	600 V	2500 V	Fuente de 30 Ohm
CAT I	1000 V	4000 V	Fuente de 30 Ohm
CAT II	600 V	4000 V	Fuente de 12 Ohm
CAT II	1000 V	6000 V	Fuente de 12 Ohm
CAT III	600 V	6000 V	Fuente de 2 Ohm
CAT III	1000 V	8000 V	Fuente de 2 Ohm
CAT IV	600 V	8000 V	Fuente de 2 Ohm

Fuente: PCE categorías de medición [23]

Los equipos usados en el proceso de medición son de categoría cuatro (CAT IV) para la pinza amperimétrica y de categoría 2 (CATII) para el medidor de energía Power Meter.

8.3. PROCESO DE MEDICIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EQUIPOS

La medición del consumo energético se realiza dependiendo de la conexión de los equipos: monofásica, bifásica o trifásica. Con respecto a la conexión, se establece el equipo de medición correspondiente. Los equipos que se identificaron se pueden dividir en dos grupos, los de baja capacidad nominal (1-150 V); los cuales se pueden medir con el Power Meter, y los de alta capacidad nominal (220-600 V) que pueden ser medidos con la Pinza Fluke 345.

En la tabla 8 y 9 se enuncian los equipos dentro de la categoría de baja capacidad nominal y alta capacidad nominal, respectivamente.

Tabla 8: Equipos de baja capacidad nominal

Equipos de baja capacidad nominal		
Equipos de ofimática	Equipos biomédicos generales	Equipos de refrigeración
		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Equipos de alta capacidad nominal

Equipos de alta capacidad nominal
<p align="center">Equipos como Bombas,compresores y motores</p> 
<p align="center">Equipos de imagenología (Rayos X, TAC, Resonancia)</p> 
<p align="center">Equipo de esterilización (Autoclave vapor y peróxido H₂)</p> 



Fuente: Elaboración propia.

Después de identificar las conexiones y clasificar los equipos por su capacidad nominal, se estableció la metodología de medición para cada una de las categorías de análisis. El proceso se inició con la medición del consumo energético de los equipos generales, iluminación y refrigeración en la sede González Valencia, seguido de los equipos biomédicos y los consultorios privados, en simultáneo con los aires acondicionados y los consumos comunes. La duración de la medición para esta sede fue de dos meses y 15 días.

Posteriormente, se duplicaron los consumos de energía de los equipos con similares características técnicas para la sede Rosita, y se elaboró el listado de los equipos restantes por medición, los cuales fueron: equipos de aires acondicionados (AA), consumos comunes, sistemas de refrigeración, equipos de imagenología, UCI neonatal, cirugía y central de esterilización. El desarrollo de la medición de esta sede tuvo una duración de un mes.

En seguida, se expone el procedimiento llevado a cabo para la estimación del consumo energético por categorías de análisis para ambas sedes y los consultorios privados de la sede González Valencia.

a) Medición del consumo de los equipos Generales, Refrigeración e Iluminación

En los equipos Generales y de Refrigeración, se midió el consumo de energía por una hora de funcionamiento. Para el caso de los equipos generales, se tuvo en cuenta el consumo de energía en stand by de los computadores, hornos microondas, impresoras, televisores y decodificadores. Para equipos como el intercomunicador el consumo se estimó por datos de placa, debido que el medidor de energía no registraba el valor. En referencia a los equipos de Refrigeración, se realizó la medición para aquellas neveras que no contaban con la etiqueta de eficiencia energética establecida por el reglamento técnico de etiquetado (RETIQ).

En cuanto a la categoría de iluminación el consumo de energía se estimó con la potencia nominal de la luminaria y las horas de uso.

b) Medición del consumo de los equipos de Biomédicos

Los equipos biomédicos se dividieron en dos grupos: generales y especializados.

- Los equipos biomédicos generales se midieron aplicando la metodología propuesta para los equipos ofimáticos.
- Los equipos biomédicos especializados se situaron en los centros de costo: Imagenología, Cirugía y Esterilización. Para realizar la medición de estos equipos, se tuvieron en cuenta parámetros como: tipología y duración del procedimiento quirúrgico (Cirugía), cantidad y duración del ciclo (Esterilización), tipo y duración del examen (Imagenología). Los equipos biomédicos especializados que hacen parte de Cirugía, se midieron con el medidor de energía "Power Meter", y aquellos que conforman Esterilización e Imagenología con la pinza amperimétrica Fluke.

c) Medición del consumo de los equipos de Aire Acondicionado (AA)

El consumo de Energía de los aires acondicionados, se estableció por totalización de cargas. Para el proceso, se conectó la pinza amperimétrica Fluke en los tableros eléctricos de distribución de las manejadoras de aire por una hora. La energía total censada se repartió teniendo en cuenta la relación entre la capacidad nominal del equipo [kW] y la potencia instalada [kW] en aires acondicionados de la sede hospitalaria correspondiente.

d) Medición del consumo de los equipos de consumo común

Los ascensores, las bombas de vacío y de agua, los compresores de aire medicinal y las cámaras, se midieron por el periodo de una hora con la pinza amperimétrica Fluke y el medidor de energía respectivamente. Con respecto al monta cargas, se calculó el promedio de viajes que se realizan semanalmente, dando como resultado 33 viajes por semana; asimismo, considerando las horas de uso y el consumo de energía por viaje se estableció la demanda mensual del equipo.

e) Medición del consumo de los Consultorios Privados de la sede González Valencia

La metodología usada para la medición de la demanda energética de los equipos generales, biomédicos, iluminación y refrigeración de este centro de costo, se trabajó similarmente a la planteada en los literales anteriores. Sin embargo, para los equipos de aire acondicionados, se tomaron las capacidades nominales de placa y con base en esa información se obtuvo el consumo promedio mensual del equipo por catálogo. Por requerimiento de la Clínica Chicamocha S.A, se realizó la medición del consumo de todas las cargas, excepto los aires acondicionados por el acceso a las manejadoras de los mismos.

8.3. PROTOCOLOS DE MEDICIÓN

Los protocolos de medición están establecidos según el parámetro eléctrico que se requiere medir. Los parámetros eléctricos medidos fueron los siguientes:

Pinza Amperimétrica: Voltaje (V), corriente (I), potencia (monofásica, bifásica y trifásica) (W) y energía (kWh).

Power Meter: Voltaje (V), corriente (I), potencia monofásica (W) y energía (kWh).

El proceso detallado de las conexiones para los circuitos y las cargas del respectivo equipo de medición se contempla en el **ANEXO 5**.

9. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Al realizar procedimientos de medición, es importante conocer la calidad cuantitativa de los resultados que se están registrando, debido a la influencia de diferentes factores técnicos, medioambientales o de calibración del equipo de medición. Por esta razón, la forma de tener un registro confiable que permita hacer comparaciones con valores nominales de referencia, es el cálculo de la incertidumbre. El concepto de la incertidumbre se ha definido según el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) [24] como “Parámetro no negativo asociado al resultado de una medición, el cual caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente podrían ser atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza”.

El cálculo de la incertidumbre se basó en la Guía para la Expresión de la incertidumbre de Medida [25] que fue desarrollada por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), los parámetros que componen la incertidumbre total son incertidumbre aleatoria e incertidumbre sistemática. El límite de tiempo destinado para la medición y la cantidad de equipos de la Clínica, imposibilitó su cálculo para el tratamiento de los datos. Sin embargo, en el **ANEXO 6** se muestra el proceso a seguir para el cálculo de estas incertidumbres.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

10.1. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE CADA SEDE

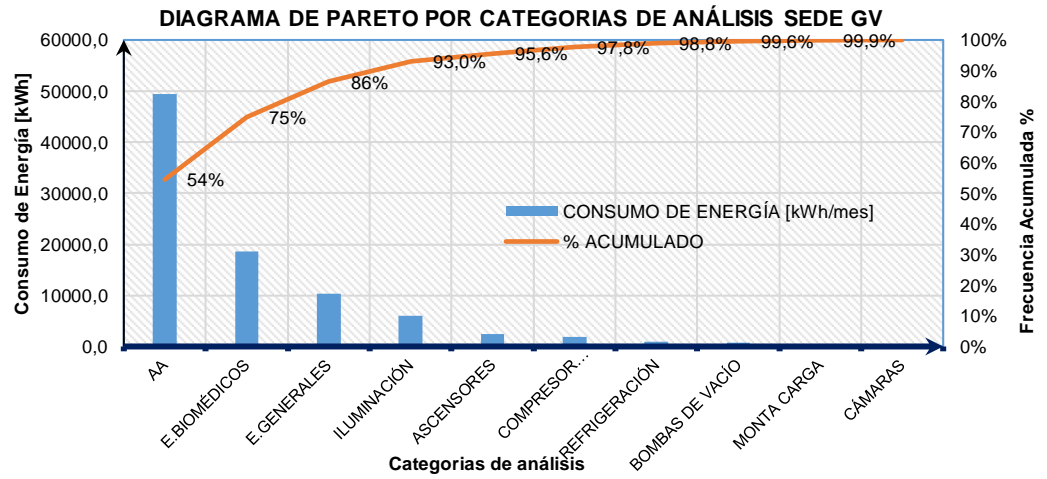
EL primer análisis corresponde a la clasificación o distribución del consumo de los centros de costos para cada una de las sedes estudiadas. Como se mencionó previamente, la sede González Valencia cuenta con 24 centros de costo y la sede Rosita con 33, entre los que se encuentran, los consumos comunes de las instalaciones (ascensores, bombas de vacío, bombas de agua, cámaras de seguridad, montacargas, entre otros).

En las figuras 8 y 10 se presenta la distribución del consumo por categorías de análisis y por centros de costo para la sede González Valencia. A partir de la primera grafica se procede a caracterizar el consumo por categorías, estimándose que el consumo significativo recae en los aires acondicionados (AA), el cual representa un 54%, equipos biomédicos y equipos generales. En la segunda figura, se puede observar que el 85.56% del consumo a nivel general, corresponde a los servicios de Imagenología (23.70%), cirugía (14.30%), urgencias (11.42%), UCI (10.09%), hospitalización (9.41%), esterilización (7.47%), consumos comunes (5.93%) y los consultorios privados (3.24%). Esto, debido que son servicios que cuentan con equipos especializados de alto consumo y requieren de climatización constante.

De manera similar, las figuras 9 y 11 representan la distribución porcentual del consumo energético por categorías de análisis y por centros de costo de la sede Rosita, respectivamente. Para esta sede, se tiene que el aire acondicionado es la categoría más significativa con el 59.8%, y los centros de costo que más consumo energético presentan son: urgencias (16.3%), UCI (15.7%), hospitalización (12.3%), Imagenología (10.1%), cirugía (9.5%), ginecobstetricia (5.7%), esterilización (4.2%), los consumos comunes de la torre B (3%), el instituto del corazón (2.91%), el cual cuenta con un contador propio que mes a mes es descontado de la factura de consumo de la torre B, sistemas (2.1%), farmacia (1.96%) y contabilidad (1.46%).

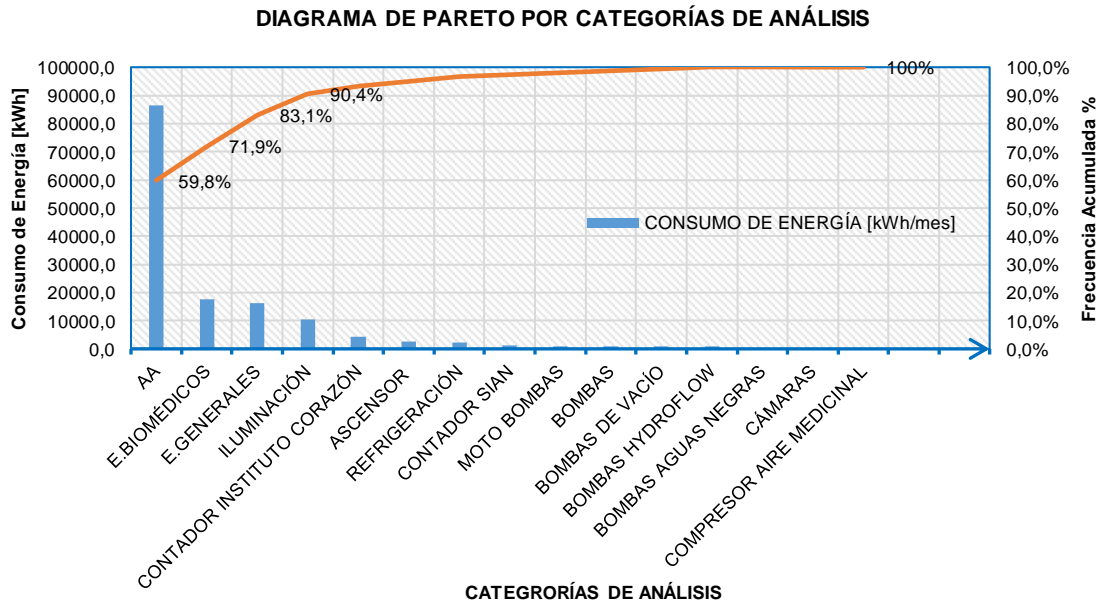
Finalmente se tiene que del análisis general del consumo energético se logró censar el 95% para la sede González Valencia y un 94% para la sede Rosita.

Figura 8: Diagrama de Pareto de la sede GV por categorías de análisis



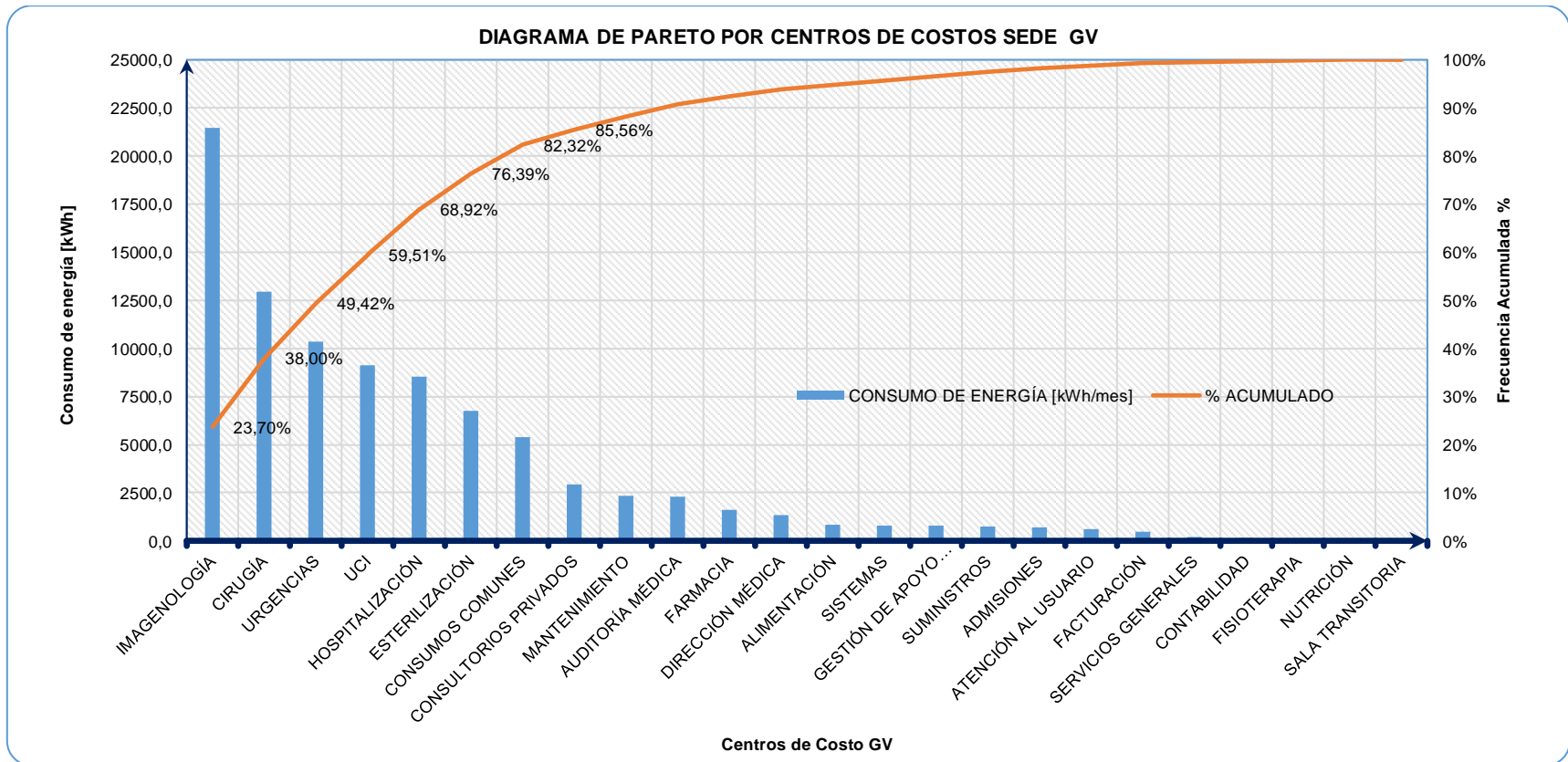
Fuente. Elaboración propia

Figura 9: Diagrama de Pareto de la sede Rosita por categorías de análisis



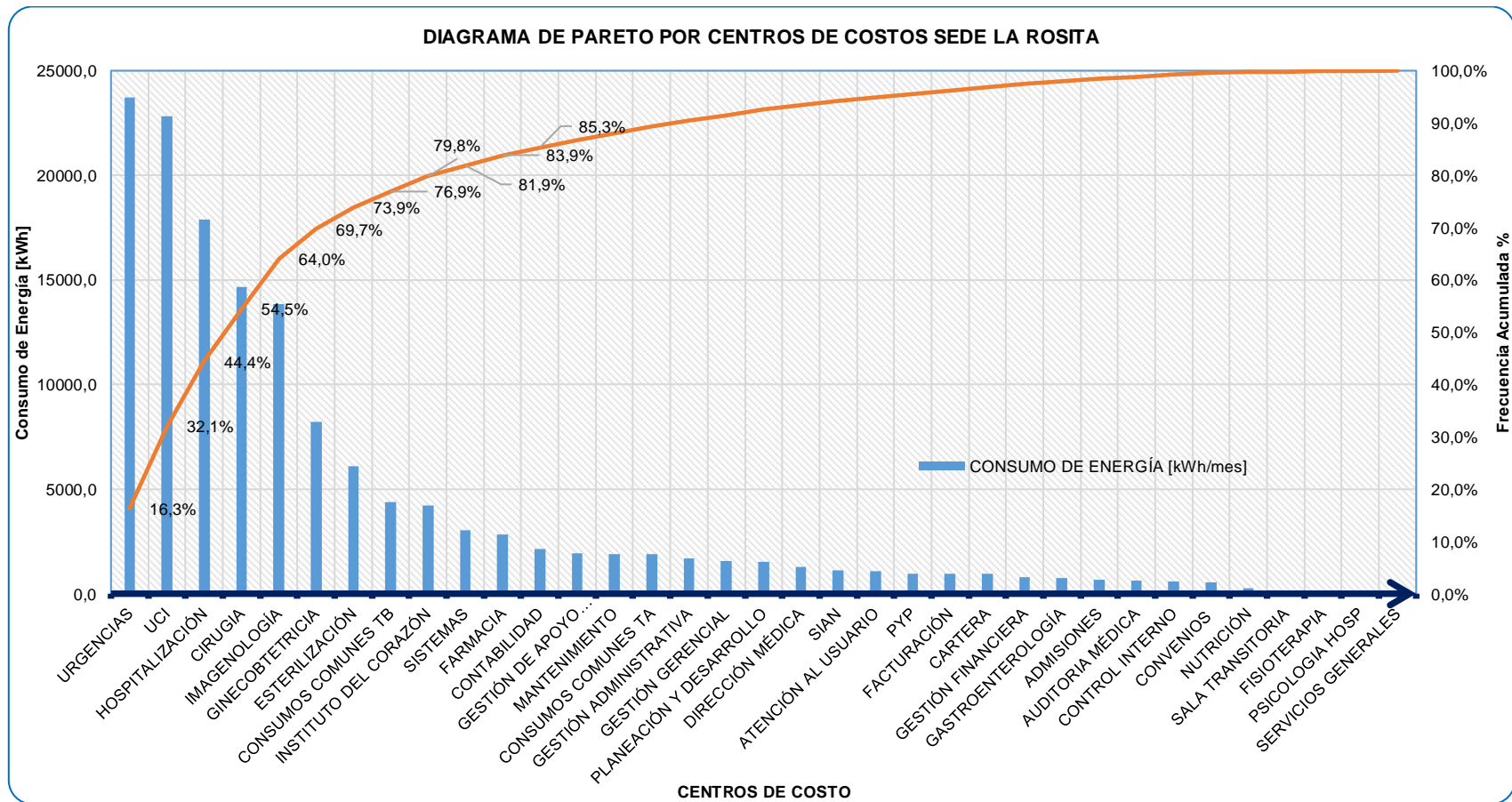
Fuente. Elaboración propia

Figura 10: Diagrama de Pareto por centros de costos de la sede GV



Fuente. Elaboración propia

Figura 11: Diagrama de Pareto por centros de costos de la sede Rosita



Fuente. Elaboración propia

10.2. DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA POR CENTROS DE COSTO

Las distribuciones porcentuales de las gráficas se realizaron por categorías de análisis para cada centro de costo y por servicios para aquellos que tenían subdivisiones. Esta metodología se aplicó para ambas sedes: González Valencia y Rosita. Conjuntamente, se realizó una distribución del costo de energía total facturado en los recibos de las sedes, por centro de costo.

Para el caso de La Rosita, se totalizaron los consumos medidos y facturados de ambas torres (A y B).

A continuación, se presentan los gráficos obtenidos de la caracterización energética:

a. SEDE GONZALEZ VALENCIA

- Admisiones, SIAU, Facturación, Fisioterapia y Nutrición

Como se puede observar en la figura 12 hasta la 16 el mayor consumo lo representan los equipos generales con 37% para admisiones, 52.5% para SIAU, 62.7% en el caso de facturación, 73.7% y 50.8% para fisioterapia y nutrición, respectivamente. Tanto para admisiones como SIAU, este consumo se debe al uso constante de los equipos de cómputo para el proceso de registro de los pacientes que ingresan a cada servicio, el uso de televisores en las salas de espera y equipos ofimáticos para entrega e ingreso de documentos, autorizaciones, exámenes, entre otros. De igual manera, se tiene para facturación, fisioterapia y nutrición.

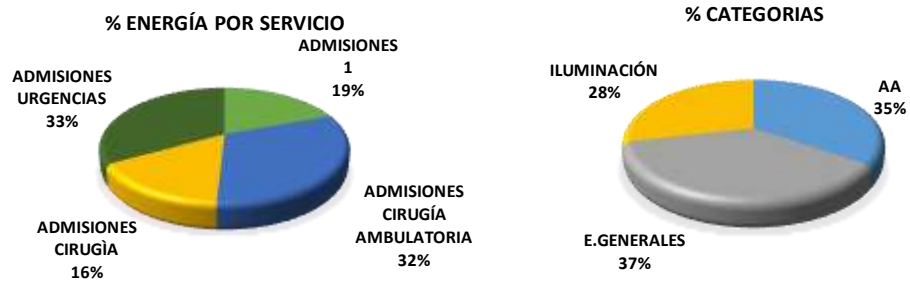
La categoría de iluminación se hace representativa para el área de SIAU (47,5%) por la subdivisión de ingreso de pacientes (67%) y nutrición (36,3%), debido que, aunque la clínica haga uso en su mayoría de bombillos led y ahorradores, estas duran encendidas todo el día laboral.

Para el caso del consumo energético de los aires en todos los centros de costo de las figuras mencionada previamente, no se hace tan significativo el consumo ya que predomina más el uso de ventiladores antes que los aires acondicionados (AA). Como se puede ver en las figuras 12 y 14, solo admisiones y facturación cuentan con estos dispositivos.

Ahora bien, tomando en cuenta el porcentaje de energía por servicio representado en la figura 12, para admisiones, admisiones urgencias se lleva el 33% del total

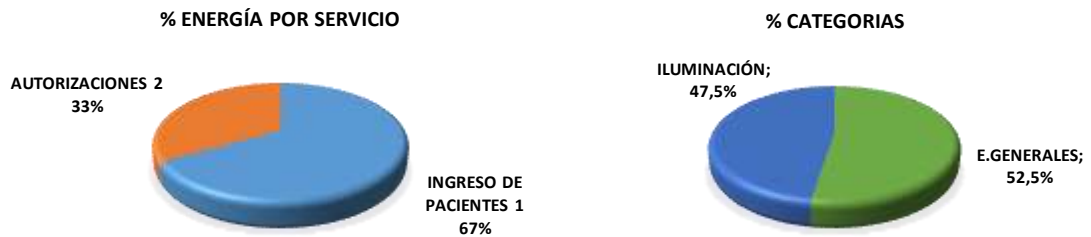
debido al alto flujo de pacientes que se presenta generalmente y que conlleva al uso de los equipos las 24 horas los 365 días del año.

Figura 12: Demanda energética Admisiones



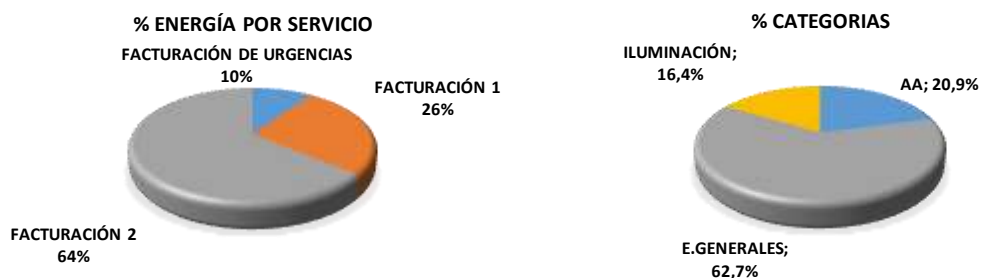
Fuente. Elaboración propia

Figura 13: Demanda energética Atención al usuario (SIAU)



Fuente. Elaboración propia

Figura 14: Demanda energética Facturación



Fuente. Elaboración propia

Figura 15: Demanda energética Fisioterapia



Fuente. Elaboración propia

Figura 16: Demanda energética Nutrición



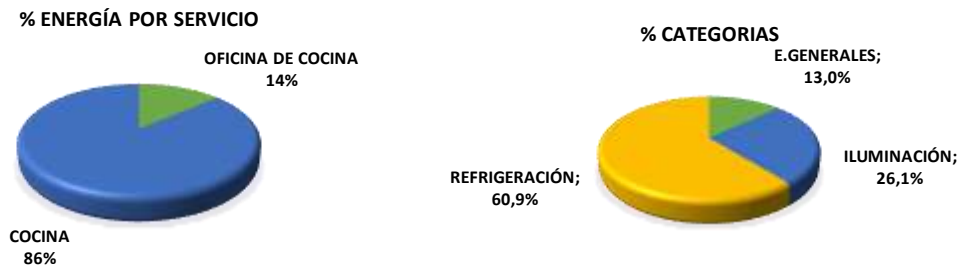
Fuente. Elaboración propia

– Alimentación

Disponer del servicio de alimentación en una clínica es importante para el cuidado nutricional de los pacientes internados. En el día se sirven cinco comidas por paciente, que son: Desayuno, media mañana, Almuerzo, media tarde y cena. El servicio debe garantizar el suministro de alimentos para la preparación diaria de estas, por lo cual, disponen de neveras grandes para la refrigeración y conservación de los alimentos, haciendo que el consumo energético de esta categoría sea el más representativo con un 60,9% del correspondiente al centro de costo, como se evidencia en la figura 17. Así mismo, el constante movimiento de los auxiliares de la cocina y el uso de los equipos para la preparación de las comidas, hacen que la cocina sea el 86% y el restante para la oficina de alimentación.

La distribución porcentual de la iluminación y equipos generales, aunque son claves no representan una significancia en comparación a la refrigeración, pues solo corresponden al 26.1% y 13%, respectivamente.

Figura 17: Demanda energética Alimentación



Fuente. Elaboración propia

- Auditoria Médica, contabilidad, dirección médica, gestión de apoyo asistencial, sistemas, suministros, mantenimiento y sala transitoria

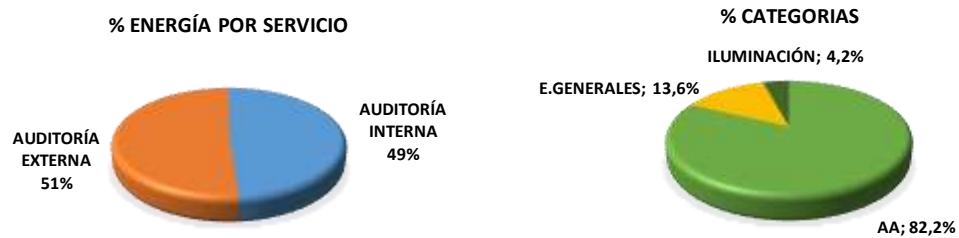
La distribución porcentual de la demanda energética de las figuras 18 hasta la 25 para los centros de costo: Auditoria Médica, contabilidad, dirección médica, gestión de apoyo asistencial, sistemas, suministros, mantenimiento y sala transitoria, permiten establecer que la categoría con más consumo de energía resulta ser los AA con un porcentaje de 82.2%, 63.1%, 99.1%, 70.6%, 93.6%, 78%, 89.3% y 86.7%, respectivamente. Generalmente, estos centros de costos mantienen encendidos los dispositivos de acondicionamiento durante todo el periodo laboral diario y en casos especiales como gestión de apoyo asistencial se trabajan las 24 horas del día de los siete días de la semana. Mantenimiento y sistemas dependiendo de los daños en equipos o la emergencia que presenten los otros servicios suelen trabajar los fines de semana al igual que apoyo asistencial.

Ahora bien, exceptuando suministros y sala transitoria, para los cuales iluminación es el siguiente consumo en línea con 15.2% y 12.4%, la segunda categoría más representativa son los equipos generales con 13.6%, 31.5%, 0.8%, 17.1%, 4.1%, 8.5%, en el orden expresado en el texto anterior.

Para el caso de gestión de apoyo asistencial se registra un consumo menor de 0.3% para los equipos biomédicos, dado que se conforma por el servicio de triage (localizado en urgencias), y los únicos dispositivos con los que cuenta este servicio son un computador y el equipo de órganos, cuyos consumos no son significativos en relación a las otras categorías. Por otro lado, en el figura 24, correspondiente a mantenimiento, se tiene que la oficina de biomédica es el 66% del porcentaje de energía del servicio, esto se debe a que los ingenieros de biomédica permanecen más tiempo en el área de trabajo haciendo uso de los equipos para cumplir con los tickets que les envían al servicio, mientras que los técnicos de aires acondicionados

pasan su mayoría del tiempo haciendo mantenimiento de los aires por los centros de costos, anexo a esto, en la oficina de biomédica se suelen realizar con cierta frecuencia capacitaciones de enfermería sobre el funcionamiento de los equipos hospitalarios.

Figura 18: Demanda energética Auditoría



Fuente. Elaboración propia

Figura 19: Demanda energética Contabilidad



Fuente. Elaboración propia

Figura 20: Demanda energética Dirección médica



Fuente. Elaboración propia

Figura 21: Demanda energética Gestión de apoyo asistencial



Fuente. Elaboración propia

Figura 22: Demanda energética Sistemas



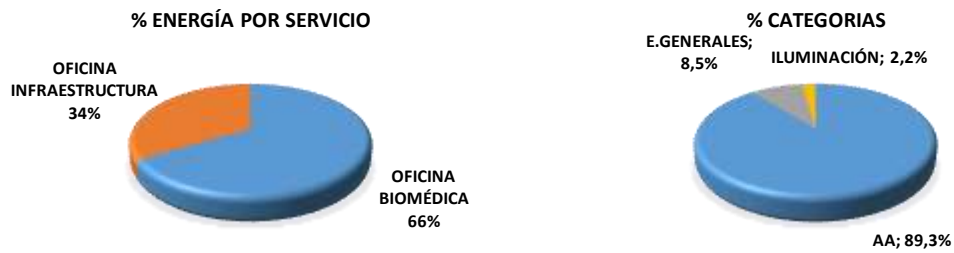
Fuente. Elaboración propia

Figura 23: Demanda energética Suministros



Fuente. Elaboración propia

Figura 24: Demanda energética Mantenimiento



Fuente. Elaboración propia

Figura 25: Demanda energética Sala transitoria

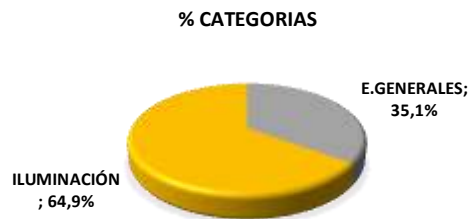


Fuente. Elaboración propia

– Servicios generales

Partiendo del hecho de que este servicio al igual que sala transitoria es uno de los centros de costos que menos consumo representa a nivel de toda la sede González Valencia, en la figura 26, se observa que el porcentaje de distribución energético para iluminación es de 64.9% y los equipos generales de 35.1%. Este lugar se caracteriza por tener su ubicación en el sótano de la clínica por lo que el acceso a la luz del día es prácticamente inexistente, lo que obliga al jefe del servicio a mantener la luz encendida durante toda su jornada laboral. Además, las luminarias con las que cuenta el lugar no son tan eficientes como las de los centros de costos más significativos en la clínica.

Figura 26: Demanda energética Servicios Generales



Fuente. Elaboración propia

– Cirugía

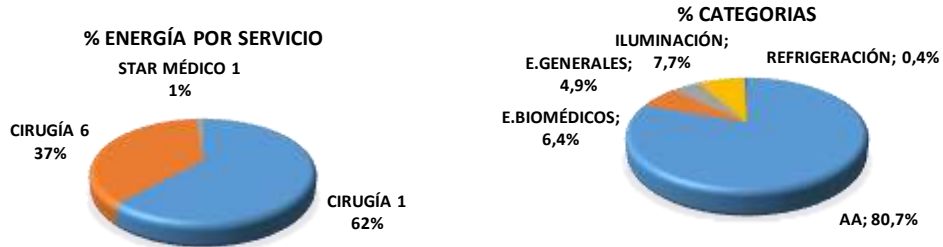
La clínica Chicamocha sede GV cuenta con dos áreas de cirugía. En el primer piso se encuentra ubicada el servicio de cirugía dedicado a operaciones programadas de alta complejidad y atender las operaciones de urgencias, motivo por el cual permanece activo las 24 horas del día los 365 días del año. Cuenta con cuatro quirófanos y equipos biomédicos especializados, además de los generales, para las distintas tipologías de cirugías que se presenten. En el sexto piso, se encuentra ubicada el área de cirugías ambulatorias que funciona 12 horas diarias, este cuenta con dos quirófanos y equipos biomédicos generales como son: monitor de signos vitales, bombas de infusión, camas hospitalarias, máquinas de anestesia, electro bisturí, entre otros.

Durante los procedimientos quirúrgicos y en general toda la zona de cirugía debe mantener una temperatura relativamente baja a fin de evitar la formación microbiana en las salas, por esto los aires acondicionados siempre deben permanecer encendidos garantizando la temperatura ideal. Conjuntamente, los quirófanos cuentan con cortinas de aires que rodean el área procedimental aparte del aire que se encarga de mantener la temperatura en todo el servicio. Por dicha razón, el aire acondicionado es el 80,7% del total de la energía del servicio a nivel de las categorías de análisis. Asimismo, debido a la magnitud de ingreso de pacientes y horas laboradas, cirugía del primer piso en comparación a cirugía del sexto piso, representa el 62% de la energía del servicio como se muestra la figura 27.

Seguidamente, se tiene los equipos biomédicos con un 6.4%. Estos equipos se clasifican en los equipos biomédicos generales y los especializados. Los primeros, a pesar de ser vitales en esta unidad y estar conectados las 24 horas del día no registran altos consumos por hora de funcionamiento. Y los equipos biomédicos especializados que si poseen un consumo significativo se mantienen en almacenamiento hasta que se hace necesario su uso.

Finalmente, se tiene un 7.7% y un 0.4% para iluminación y refrigeración, resultando ser los menos representativos en la distribución del consumo.

Figura 27: Demanda energética Cirugía



Fuente. Elaboración propia

– Esterilización

En la figura 28 se observa que el 86.2% de la distribución porcentual corresponde a los equipos biomédicos, que para esterilización hace referencia a la autoclave de vapor de 500 litros con los que se esteriliza el material quirúrgico y los instrumentos farmacéuticos de la clínica, el generador de vapor, las selladoras y la incubadora biológica. Las horas de uso de los equipos suelen estar entre las 15 y 24 horas la mayoría de veces.

Ya en menor proporción, se tienen los AA con 8.4%, equipos generales 2% e iluminación con 3.4%.

Figura 28: Demanda energética Esterilización

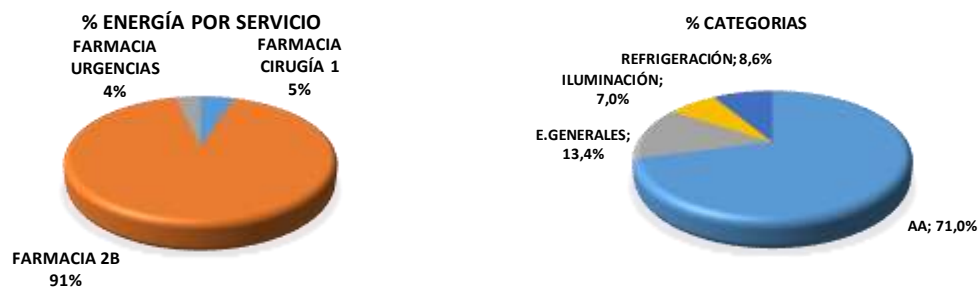


Fuente. Elaboración propia

– Farmacia

Este servicio se divide en tres partes: Farmacia de cirugía, farmacia de urgencias y farmacia principal (2B). Este centro de costo se encarga de abastecer de medicamentos a los centros hospitalarios, mayoritariamente farmacia principal, lo que se evidencia con la representación de un 91% de toda la energía consumida por el centro de costo. En ellos se debe conservar a temperaturas bajas los medicamentos, lo que hace que el aire acondicionado sea muy importante para esta área. Aquello se ve representado en la figura 29 donde el 71% se encuentra dirigido a esta categoría. Seguido se tienen los equipos generales con el 13.4%, refrigeración 8.6% e iluminación con un 7%.

Figura 29: Demanda energética Farmacia

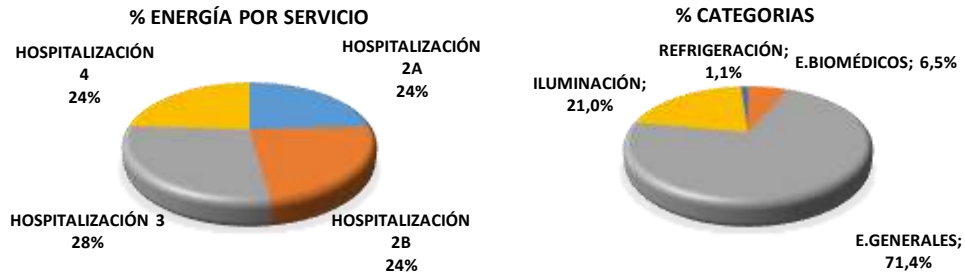


Fuente. Elaboración propia

– Hospitalización

Para el caso de este centro de costo, la clínica posee cuatro pisos de hospitalización, siendo el de mayor consumo “hospitalización del tercer piso” con un 28% como se evidencia en la figura 30. A partir de la figura, se observa que los equipos generales son el 71.4% de la distribución, puesto que, cada uno de los pisos cuenta con una estación de enfermería para la constante atención de los pacientes, la cual funciona las 24 horas del día de toda la semana, lo que ocasiona el uso recurrente de los equipos para la revisión de las historias clínicas llevando el proceso de recuperación de los pacientes internados. A su vez, todas las habitaciones cuentan con televisor con decodificador, teléfono y máximo 2 ventiladores. Por otro lado, las luminarias de los pasillos, más que de las habitaciones se prenden durante todo el día, tomando un 21% del consumo total del servicio. Y ya en menor proporción se encuentran los equipos biomédicos y refrigeración con 6.5% y 1.1%, respectivamente.

Figura 30: Demanda energética Hospitalización



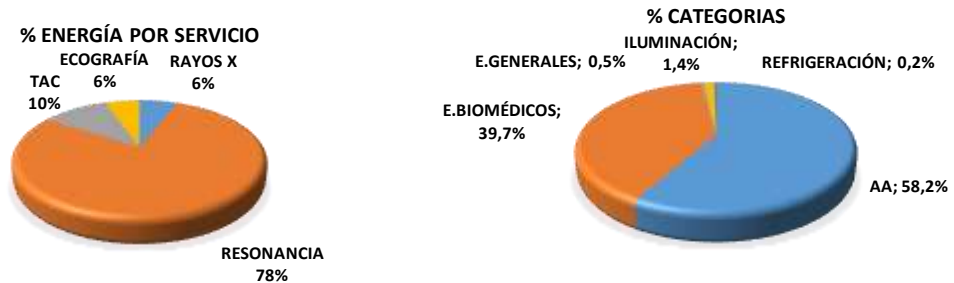
Fuente. Elaboración propia

– Imagenología

Como se puede observar la figura 31 el aire acondicionado y los equipos biomédicos son las categorías de análisis más importantes para este centro de costo con 58.2% y 39.7%, respectivamente. Principalmente, esto se debe al área de resonancia, la cual posee el 78% del consumo de la energía del servicio. El resonador consume entre 6 y 8 kWh dependiendo del examen que se realice y cuenta con un compresor de helio que con ayuda de las cabezas de enfriamiento magnéticas mantiene las capas que envuelven la bobina superconductora a temperaturas bajas. El solo compresor consume aproximadamente 10.97 kWh.

Lo expresado anteriormente explica porque los consumos de iluminación (1.4%), refrigeración (0.2%) y equipos generales (0.5%) son tan bajos a pesar de existir otros servicios que conforman Imagenología como lo son Rayos X, TAC y ecografía. Realmente el flujo de exámenes y su duración es menor al de resonancia, donde se llevan a cabo entre 450 y 500 exámenes mensualmente.

Figura 31: Demanda energética Imagenología



Fuente. Elaboración propia

– UCI y Urgencias

En cuanto a UCI y Urgencias, dadas las figuras 32 y 33 se tiene que para ambos el centro de costo el aire acondicionado es el más significativo con 66.5% y 83.5%, ya que en estos servicios se debe mantener el ambiente adecuado para la propicia recuperación de los pacientes. Sin embargo, para UCI los equipos biomédicos resultan ser más importantes con el 25.8% dado que aquí es donde se encuentran los pacientes críticos y estos equipos deben estar funcionando las 24 horas todos los días monitoreando su estado, mientras que urgencias es más valorativo en lo que respecta a las patologías del paciente y por esto influye más el uso de la iluminación (8.3%) y los equipos generales (4.8%), para revisión y registro clínico.

Figura 32: Demanda energética UCI



Fuente. Elaboración propia

Figura 33: Demanda energética Urgencias



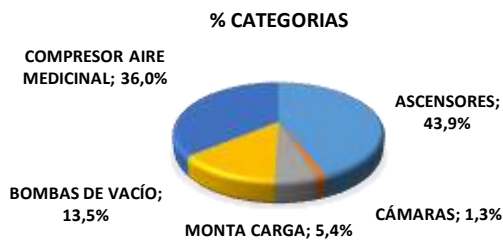
Fuente. Elaboración propia

– Consumos comunes

Para analizar la distribución porcentual de la demanda energética de los consumos comunes se presenta la figura 34. Ésta figura, muestra como el uso de los ascensores debido al permanente flujo de pacientes y visitantes a los servicios y consultorios privados de la sede González Valencia hacen de este equipo el más

significativo con el 43.9%. Luego, le sigue el compresor de aires medicinales con el 36%, el cual solo se prende durante las noches. Finalmente, se tiene las bombas de vacío con el 13.5%, monta carga con 5.4% y las cámaras de seguridad con el menor porcentaje.

Figura 34: Demanda energética de los Consumos Comunes



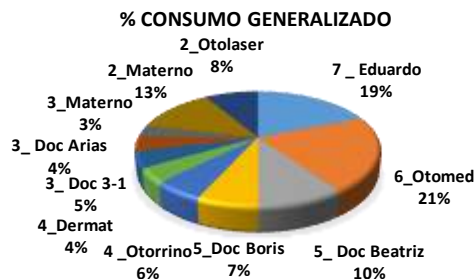
Fuente. Elaboración propia

- Consultorios privados

Además de los servicios propios a la clínica, existen siete consultorios privados. Dado el desconocimiento del consumo energético de estos consultorios, por parte de la clínica, se solicitó el permiso para realizar las mediciones respectivas en cada uno de ellos. La metodología de medición de ellos difiere de la usada para la clínica en que en cada consultorio se midió el consumo de todos los equipos que lo conformaban, no se hicieron estimaciones en cuanto a referencias de equipos.

El resultado de la demanda energética de los consultorios porcentualmente se presenta en la figura 35. A través de la figura se puede observar que el 50% corresponde al gastroenterólogo Eduardo, el consultorio Otomed y la psicóloga Beatriz en todo el consumo generalizado.

Figura 35: Demanda energética de los Consultorios privados



Fuente. Elaboración propia

Finalmente, para la sede González Valencia se presentan las tablas 10 y 11 descritas a continuación, en la que se muestra el costo que representa cada centro y el costo por pérdidas y cargas flotantes de la clínica.

Tabla 10: Valor monetario de cada centro de costo con base al consumo energético censado, asociando a la factura del mes de febrero.

SEDE GONZALEZ VALENCIA			
Centro de Costo	CONSUMO DE ENERGÍA [kWh/mes]	Costo	%
Imagenología	21463,7	\$ 8.213.325	23,70%
Cirugía	12951,6	\$ 4.956.089	14,30%
Urgencias	10345,0	\$ 3.958.646	11,42%
Uci	9138,9	\$ 3.497.099	10,09%
Hospitalización	8522,0	\$ 3.261.038	9,41%
Esterilización	6767,0	\$ 2.589.461	7,47%
Consumos comunes	5368,0	\$ 2.054.131	5,93%
Consultorios privados	2934,5	\$ 1.123.338	3,24%
Mantenimiento	2339,7	\$ 895.328	2,58%
Auditoría médica	2311,9	\$ 884.708	2,55%
Farmacia	1605,1	\$ 614.211	1,77%
Dirección médica	1341,8	\$ 513.476	1,48%
Alimentación	830,8	\$ 317.925	0,92%
Sistemas	811,9	\$ 310.711	0,90%
Gestión de apoyo asistencial	807,0	\$ 308.841	0,89%
Suministros	730,8	\$ 279.674	0,81%
Admisiones	684,7	\$ 262.022	0,76%
Atención al usuario	592,2	\$ 226.649	0,65%
Facturación	453,6	\$ 173.599	0,50%
Servicios generales	186,4	\$ 71.358	0,21%
Contabilidad	150,4	\$ 57.588	0,17%
Fisioterapia	122,5	\$ 46.897	0,14%
Nutrición	99,8	\$ 38.222	0,11%
Sala transitoria	13,5	\$ 5.186	0,01%
TOTAL	90574,19	\$ 34.659.523	100%

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 11: Costo por pérdidas y cargas flotantes de energía eléctrica

Total, a pagar en pérdidas y cargas flotantes de energía eléctrica [\$]	\$	1.823.545
--	-----------	------------------

Fuente. Elaboración Propia

b. SEDE ROSITA

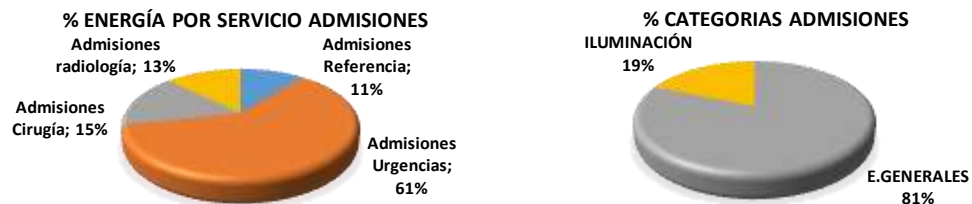
En este ítem se procede a analizar los consumos más significativos para cada centro de costo y por servicios para aquellos que tiene subdivisiones, de la misma forma en que se realizó para la sede González Valencia.

– Admisiones y nutrición

Para ambos servicios resulta ser representativo el consumo de los equipos generales con un 81% para admisiones y 58% para nutrición, como se muestra en las figuras 36 y 37, respectivamente. Para el caso de admisiones se debe al alto flujo de pacientes en la sede por tratarse de la clínica principal. Aquí, no solo se hace el registro de pacientes como en la sede González Valencia sino también se hace la programación de exámenes y cirugías de las dos sedes hospitalarias, haciendo uso frecuente de los equipos ofimáticos. Dentro de este centro de costo se encuentran 4 clasificaciones: Admisiones referencia, Admisiones radiología, Admisiones cirugía, y Admisiones Urgencias, siendo esta última la que presenta el mayor porcentaje del consumo energético del servicio con un 61%. Esto, debido a que en la sede Rosita se disponen de dos centros de urgencias, la urgencia convencional y la especializada que funcionan las 24 horas del día. Así mismo, la iluminación para este centro de costo es del 19%.

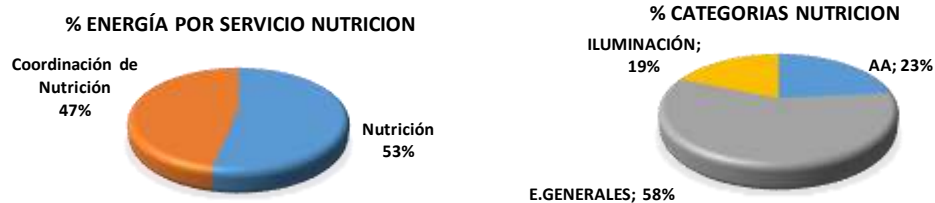
Partiendo de la figura 37 para nutrición, se tiene que el consumo energético de los aires acondicionados es del 23% y de iluminación es del 19% para una distribución porcentual en el servicio de 53% nutrición y 47% coordinación de nutrición.

Figura 36: Demanda energética de los Admisiones



Fuente. Elaboración propia

Figura 37: Demanda energética de Nutrición



Fuente. Elaboración propia

- SIAU, Cartera, Contabilidad, facturación, gestión de apoyo asistencial, mantenimiento, sistemas, auditoría médica, control interno, convenios, dirección médica, gerencia administrativa, gestión financiera, gestión gerencial, planeación y desarrollo, fisioterapia y psicología hospitalaria

A continuación, se presentan los gráficos correspondientes a los centros de costos administrativos y de apoyo de la sede rosita. Como se evidencia en el rango de figuras de la 38 a la 54 para todos los centros de costos, la mayor demanda energética la representa los aires acondicionados como sigue: SIAU 60%, Cartera 78%, Contabilidad 64%, facturación 59%, gestión de apoyo asistencial 48%, mantenimiento 90%, sistemas 95%, auditoría médica 57%, control interno 75%, convenios 81%, dirección médica 76%, gerencia administrativa 86%, gestión financiera 96%, gestión gerencial 84%, planeación y desarrollo 83.1%, fisioterapia 58% y psicología hospitalaria 59%. La mayoría del aire acondicionado para estos servicios proviene de las manejadoras del aire centralizado de la clínica y permanece encendido las 24 horas del día del año. Anexo a esto, la cantidad de equipos de cómputo y papelería es el segundo consumo en línea seguido de iluminación, exceptuando auditoría, gestión administrativa y planeación para los cuales es el concepto por iluminación.

Figura 38: Demanda energética de SIAU



Fuente. Elaboración propia

Figura 39: Demanda energética de Cartera



Fuente. Elaboración propia

Figura 40: Demanda energética de Contabilidad



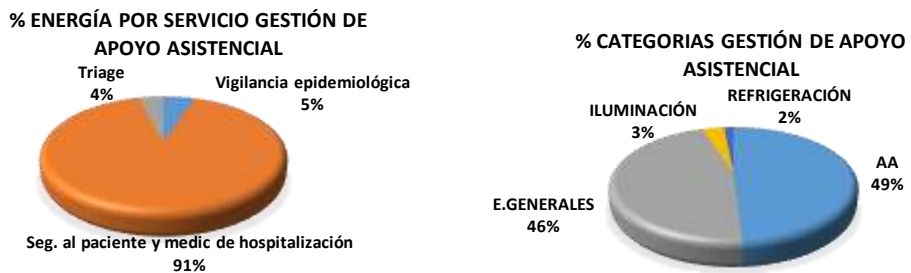
Fuente. Elaboración propia

Figura 41: Demanda energética de Facturación



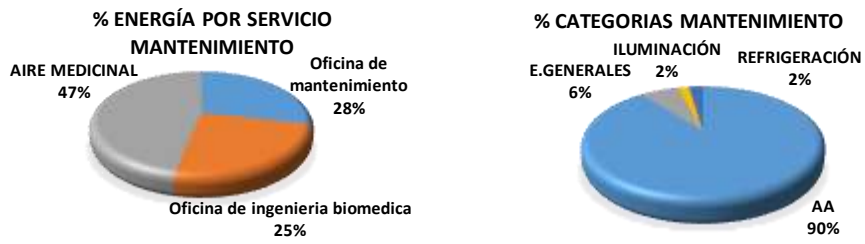
Fuente. Elaboración propia

Figura 42: Demanda energética de gestión de apoyo asistencial



Fuente. Elaboración propia

Figura 43: Demanda energética de Mantenimiento



Fuente. Elaboración propia

Figura 44: Demanda energética de Sistemas



Fuente. Elaboración propia

Figura 45: Demanda energética de Auditoria Médica



Fuente. Elaboración propia

Figura 46: Demanda energética de Control interno



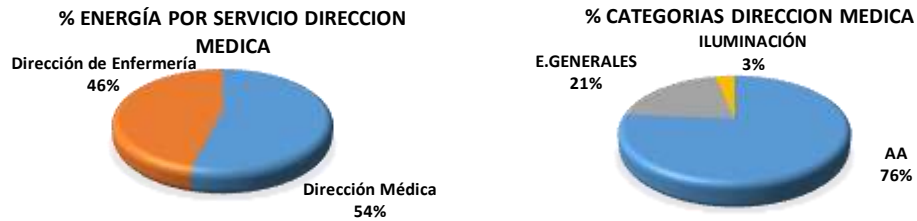
Fuente. Elaboración propia

Figura 47: Demanda energética de Convenios



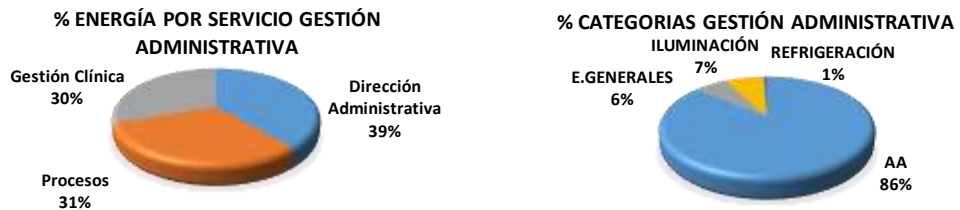
Fuente. Elaboración propia

Figura 48: Demanda energética de Dirección médica



Fuente. Elaboración propia

Figura 49: Demanda energética de gestión administrativa



Fuente. Elaboración propia

Figura 50: Demanda energética de Gestión Financiera



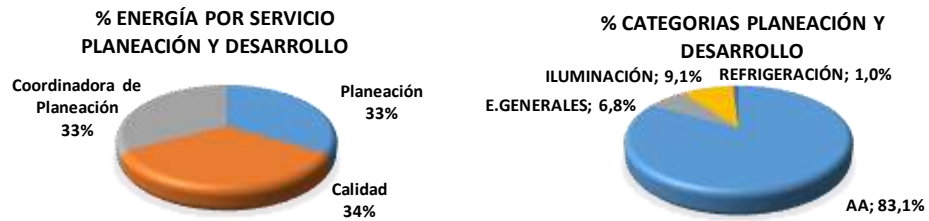
Fuente. Elaboración propia

Figura 51: Demanda energética de Gestión gerencial



Fuente. Elaboración propia

Figura 52: Demanda energética de Planeación y desarrollo



Fuente. Elaboración propia

Figura 53: Demanda energética de Fisioterapia



Fuente. Elaboración propia

Figura 54: Demanda energética de Psicología Hospitalaria



Fuente. Elaboración propia

- Esterilización

Similarmente a la sede González Valencia el centro de costo de esterilización de la Rosita presenta un alto porcentaje en la distribución porcentual del consumo energético en los equipos biomédicos, siendo este un 53% del total del servicio, como se muestra en la figura 55. La central de esterilización de la sede Rosita cuenta con dos autoclaves a vapor y una autoclave de peróxido de hidrógeno para el proceso de esterilizado, una secadora, selladoras, entre otros. El hecho de que la Rosita es la sede principal, y por lo tanto posee la mayor cantidad de centros de costos hospitalarios críticos, hace que el acondicionamiento del lugar sea más riguroso y se deban mantener temperaturas entre los 18° C y los 25°C, haciendo que los aires acondicionados representen el 42% de la distribución.

Figura 55: Demanda energética de Esterilización



Fuente. Elaboración propia

- Farmacia y PYP

Según la figura 56, para farmacia el 77% corresponde a los aires acondicionados, el 10% a refrigeración, 8% equipos generales, 4% iluminación y 1% equipos biomédicos. Para el centro de costo "Programa de Prevención y Promoción de la Salud (PYP)" resulta ser el único centro de costo de todos los estudiados para el cual es más representativo la categoría de refrigeración con el 59% de la distribución energética, dada las neveras que se tienen en el área de vacunación para la

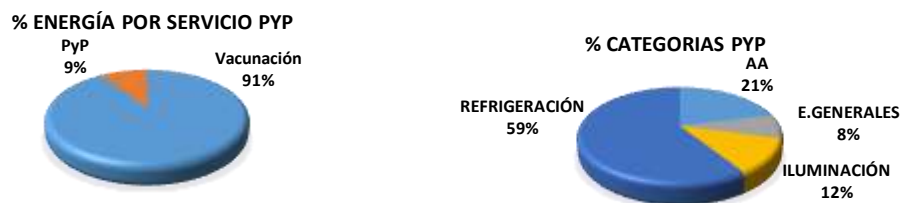
conserva de las vacunas. De igual forma, se tiene que exactamente por esta razón el área de vacunación representa el 91% ya que, el 9% hace referencia al consumo de la agenda de PYP ubicada en el área administrativa. Esto se puede evidenciar en la figura 57.

Figura 56: Demanda energética de Farmacia



Fuente. Elaboración propia

Figura 57: Demanda energética de PYP



Fuente. Elaboración propia

- Servicios generales y sala transitoria

A diferencia del centro de costo de servicios generales de la sede González Valencia, en la Rosita solo se cuenta con iluminación para la central de residuos ordinarios y peligrosos, ropería, la oficina de servicios generales y el cuarto de reciclaje. Aquí, la jefa no cuenta con equipos generales, dado que ella la mayoría del tiempo se encuentra monitoreando los servicios. Por este motivo, la iluminación representa el 100% como se ve en la figura 58.

En cuanto a sala transitoria, el aire acondicionado representa el mayor consumo con 99%, como se evidencia en la figura 59, ya que solo se usa cuando hay defunciones, y lo más importante es conservar los cuerpos a determinada temperatura hasta la llegada de la morgue.

Figura 58: Demanda energética de Servicios generales



Fuente. Elaboración propia

Figura 59: Demanda energética de Sala transitoria



Fuente. Elaboración propia

- Cirugía

La sede rosita cuenta con un solo centro de cirugía localizado en el segundo piso de la torre A. Dispone de cuatro quirófanos, cada uno con una máquina de anestesia, monitor de signos vitales, electro bisturí, mesa eléctrica, lámpara cialítica, entre otros equipos biomédicos generales, y salas de recuperación. En cuanto a equipos especializados cuenta con un microscopio quirúrgico para el área de neurocirugía, dos arcos en C y tres torres covidien. Este centro de costo abarca todo el piso de la torre, esto hace que la cantidad de aires acondicionados para mantener la temperatura óptima en el lugar y los quirófanos para evitar la propagación de agentes patógenos en la zona, sea amplia, prueba de esto es la figura 60 de distribución porcentual, donde se muestra que el 79.1% corresponde a esta categoría.

A pesar de que en este centro de costo los equipos biomédicos generales se usan las 24 horas del día en los procedimientos, no generan un consumo horario representativo y los equipos especializados solo se usan cuando la operación lo requiere. Este es el porqué del 6.1% de la distribución porcentual para esta categoría.

Finalmente, se tiene que los equipos generales, la iluminación y la refrigeración de los medicamentos y las patologías son 5.2%, 8.1% y 1.5%, respectivamente.

Figura 60: Demanda energética de Cirugía



Fuente. Elaboración propia

- Gastroenterología

Como se ha venido mencionando previamente, una de las categorías que más consumo representan son los aires acondicionados, debida al acondicionamiento de los espacios y el mantenimiento de una temperatura adecuada para los pacientes y el cuidado de los equipos de alta tecnología. Para este centro de costo se tiene un valor del 71% para la categoría de aires acondicionados, como se presenta en la figura 61.

En cuanto a los equipos generales y la iluminación que son el 17% y el 10%, se tiene que el consumo de estas categorías es debido al cubículo de asignación de citas y al puesto de trabajo del médico encargado del área. Realmente los exámenes son muy esporádicos, por esto el bajo porcentaje en representación de la energía del centro de costo, de los equipos biomédicos con un 2%.

Figura 61: Demanda energética de gastroenterología



Fuente. Elaboración propia

- Ginec obstetricia

El centro de costo de ginec obstetricia se conforma por el lactario, sala de partos, y los consultorios de consulta y monitoreo de las madres en estado de embarazo. La sala de partos se divide en el área de trabajo de parto, el quirófano para cesáreas y la zona de recuperación. Los únicos equipos biomédicos que marcan la diferencia en este centro de costo son los ecógrafos y los monitores fetales, los cuales no generan un consumo muy diferente o representativo en comparación a los equipos biomédicos generales, además, solo se usan cuando los exámenes lo requieren. Esto se refleja en la figura 62, donde se aprecia como los equipos biomédicos solo representan un 10%. Seguidamente se tienen los equipos generales, iluminación y refrigeración con 6%, 9% y 2%.

A partir de este ítem no se hará demasiado énfasis en los aires, dado que ha sido notoria su alta significancia para ambas sedes. Principalmente, las mejoras van enfocadas a esta categoría ya que los equipos biomédicos son vitales y no se pueden desconectar, estos deben permanecer en funcionamiento las 24 horas de la semana. Por otra parte, la mayoría de las luminarias son led o ahorradores.

Figura 62: Demanda energética de Ginec obstetricia



Fuente. Elaboración propia

- Hospitalización

La sede rosita cuenta con siete pisos de hospitalización, de los cuales pediatría y materno infantil se localizan en el segundo y tercer piso de la torre A, y hospitalización VIP en el quinto piso de la torre B. Como se observa en la figura 63, este último, es el 52% de la energía del servicio, esto se debe a que es el único piso de hospitalización que cuenta con neveras y aires acondicionados dentro de las habitaciones de los pacientes. Los pisos restantes se conforman principalmente por ventiladores y equipos ofimáticos, haciendo que el consumo por equipos generales sea el segundo en línea con el 31% como se presenta en la figura 64.

Figura 63: Demanda energética de Hospitalización % de energía por servicio



Fuente. Elaboración propia

Figura 64: Demanda energética de Hospitalización % por categorías



Fuente. Elaboración propia

- Imagenología

A diferencia de la sede González Valencia, el centro de costo de Imagenología de la Rosita no cuenta con el área de resonancia. Por el contrario, tiene dos salas para rayos X, una de ellas para exámenes con fluoroscopias, el cual llega a consumir aproximadamente 1 kWh por examen. Mensualmente se realizan 45 exámenes con fluoroscopia y 2000 exámenes de rayos X, entre los programados y los remitidos de urgencias. Anexo a esto, cuenta con un equipo de rayos X portátil para los servicios de hospitalización. Esto justifica la distribución porcentual para RX del 61% de la energía del servicio, y el 31% para equipos biomédicos como se muestra en las figuras 65 y 66, respectivamente. Cabe resaltar, que la representación de los equipos biomédicos no solo es debida al área de RX, ya que el TAC también es uno de los equipos más usados, mayoritariamente para exámenes de urgencias, representando el 23% de la distribución energética porcentual del centro de costo.

Figura 65: Demanda energética de Imagenología por servicio



Fuente. Elaboración propia

Figura 66: Demanda energética de Imagenología por categoría

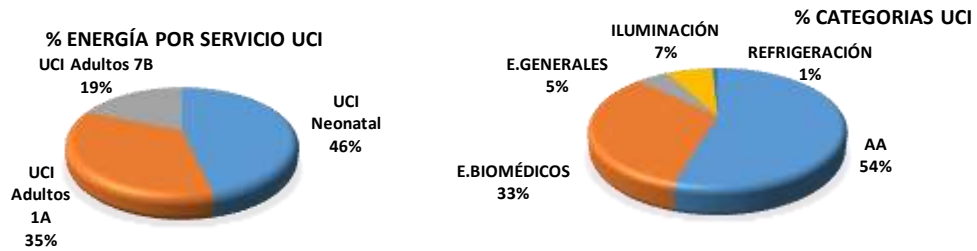


Fuente. Elaboración propia

- UCI

Analizando la figura 67 se encuentra que la distribución para los equipos biomédicos es del 33%, siendo la segunda categoría más importante después de los aires acondicionados con el 54%. Esto sucede, puesto que la sede Rosita cuenta con tres UCI's: en el primer piso de la torre A y el séptimo piso de la torre B se encuentra el servicio de UCI adultos y en el tercer piso de la torre A, UCI Neonatal, que, por ser centros hospitalarios críticos, requieren de temperaturas bajas para favorecer el proceso de recuperación. Por su parte UCI Neonatal cuenta con incubadoras, lámparas de calor radiantes, aparatos de terapias respiratorias y otros equipos especiales para el cuidado de los neonatos y los infantes, tomando el 46% de la distribución de energía del servicio.

Figura 67: Demanda energética de UCI

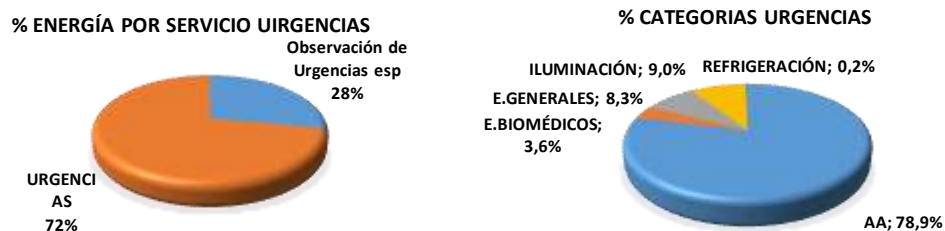


Fuente. Elaboración propia

- Urgencias

Teniendo en cuenta que el centro de costo de urgencias es el servicio más representativo de la sede, como se evidenció en el Pareto para La Rosita, en la figura 68 se presenta la caracterización del consumo del centro de costo a fin de establecer la razón de este resultado. Como se observa en la figura, urgencias se caracteriza por dividirse en dos áreas, urgencia convencional con el 72% y urgencias especializadas con el 28%. En lo que respecta a las categorías se presenta la misma tendencia que para la sede González Valencia en cuanto a representación y no distribución porcentual: aire acondicionado 79%, iluminación 9%, equipos generales 8%, equipos biomédicos 4% y refrigeración 0,2%.

Figura 68: Demanda energética de Urgencias



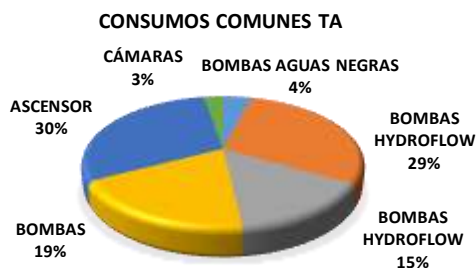
Fuente. Elaboración propia

- Consumos Comunes

Para analizar la distribución porcentual de la demanda energética de los consumos comunes de la sede Rosita se toma como referencia la figura 69 para la torre A y la figura 70 para la torre B. Para la torre B el consumo más significativo son los ascensores con un 44%. A diferencia de la sede González Valencia, esta sede cuenta con sistemas de bombeo hidráulico en la torre A para los servicios, el cual

significa el 67% del consumo total de los consumos comunes de la torre A repartiéndose entre las categorías: bombas para aguas negras, bombas hidroflow y bombas. Y en menor proporción se encuentran las cámaras con el 3%.

Figura 69: Distribución porcentual del consumo energético de los consumos comunes de la torre A



Fuente. Elaboración propia

Figura 70: Distribución porcentual del consumo energético de los consumos comunes de la torre B



Fuente. Elaboración propia

Finalmente, para la sede Rosita, también se presentan las tablas 12 y 13 descritas a continuación, en las que se muestra el valor monetario que representa cada centro, y el costo por pérdidas y cargas flotantes de la clínica.

Tabla 12: Valor monetario de cada centro de costo con base al consumo energético censado, asociado a la factura del mes de Marzo.

SEDE ROSITA			
Centro de Costo	CONSUMO DE ENERGÍA [kWh/mes]	Costo	%
Urgencias	23708,7	\$ 8.974.039	16,34%

SEDE ROSITA			
UCI	22805,5	\$ 8.633.373	15,72%
Hospitalización	17881,9	\$ 6.768.510	12,32%
Imagenología	13833,6	\$ 5.236.047	9,53%
Cirugía	13757,5	\$ 5.207.238	10,10%
Ginecobstetricia	8204,2	\$ 3.089.016	5,65%
esterilización	6100,3	\$ 2.309.475	4,20%
instituto	4390,5	\$ 1.771.097	3,03%
Consumos comunes Torre B	4217,6	\$ 1.661.816	2,91%
Sistemas	3040,3	\$ 1.151.009	2,10%
Farmacia	2847,1	\$ 1.077.739	1,96%
Contabilidad	2117,9	\$ 801.828	1,46%
Gestión de apoyo asistencial	1931,9	\$ 731.249	1,33%
Mantenimiento	1906,9	\$ 721.777	1,31%
Consumos comunes Torre A	1883,4	\$ 713.031	1,30%
Gestión administrativa	1668,4	\$ 631.644	1,15%
Gestión gerencial	1551,4	\$ 587.334	1,07%
Planeación y desarrollo	1535,8	\$ 581.449	1,06%
Dirección médica	1283,4	\$ 485.889	0,88%
SINA	1109	\$ 465.702	0,76%
Atención al usuario	1073,7	\$ 406.433	0,74%
PYP	968,7	\$ 366.730	0,67%
Facturación	964,1	\$ 364.912	0,66%
Cartera	952,4	\$ 360.582	0,66%
Gestión financiera	776,1	\$ 293.816	0,53%
Gastroenterología	731,4	\$ 276.866	0,50%
Admisiones	663,0	\$ 250.947	0,46%
Auditoria médica	622,9	\$ 235.822	0,43%
Control interno	566,8	\$ 214.599	0,39%
Convenios	526,1	\$ 199.172	0,36%
Nutrición	238,7	\$ 90.384	0,16%
Sala transitoria	112,2	\$ 42.475	0,08%
Fisioterapia	96,0	\$ 36.347	0,07%
Psicología Hospitalaria	93,7	\$ 35.502	0,06%
Servicios generales	55,8	\$ 21.120	0,04%
TOTAL	144.218,4	\$ 54.794.970	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 13: Costo por pérdidas y cargas flotantes de energía eléctrica

Total, Energía sede unificada	[kWh/mes]	154.006
Total, a pagar recibos unificados	\$	58.274.994
Total, a pagar consumo de energía eléctrica [\$]	\$	54.794.970
Total, a pagar en pérdidas y cargas flotantes de energía eléctrica [\$]	\$	3.484.336

Fuente. Elaboración propia

11. LINEA BASE E INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO

Según lo establecido en la norma ISO 50001, una línea base energética es una “Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético dentro de una organización” [18], la cual permite establecer la línea de tendencia del consumo de energía de una empresa, con respecto a las variables que perturban o afectan la gestión de la energía dentro de un período base.

Para las empresas de salud, es difícil establecer un indicador de desempeño energético asociado a la prestación del servicio, debido a que la mayor demanda energética está asociada a los equipos que operan en estas entidades y no a la prestación del servicio de atención al paciente. Por consiguiente, según Sepúlveda Rodrigo [26], una de las formas para establecer la relación del consumo energético asociado a la prestación del servicio, es mediante la ocupación de camas hospitalarias. Sin embargo, esta relación cumple en las empresas de salud públicas, contrario al comportamiento de las empresas de salud privadas, en donde la prestación del servicio de salud tiene especialidades que requieren de mayor demanda energética, centrándose en cumplir con los altos estándares de confort y calidad en la prestación del servicio.

Teniendo en cuenta lo expresado, el proceso a llevar a cabo para la construcción de la línea base, es establecer la correlación entre el consumo de energía mensual en [kWh] y el índice de ocupación de camas al mes [camas/mes] de cada sede. Con base en esta información, se realiza la comparación de energía con respecto al indicador establecido, con el fin de analizar el comportamiento y su desempeño.

En las figuras 71 y 72 se presenta la comparación entre el indicador del sistema de gestión de la clínica y el consumo energético facturado para el periodo de tiempo de 2 años, comprendidos entre el 2017 y el 2019, para las sedes Rosita y González Valencia, respectivamente:

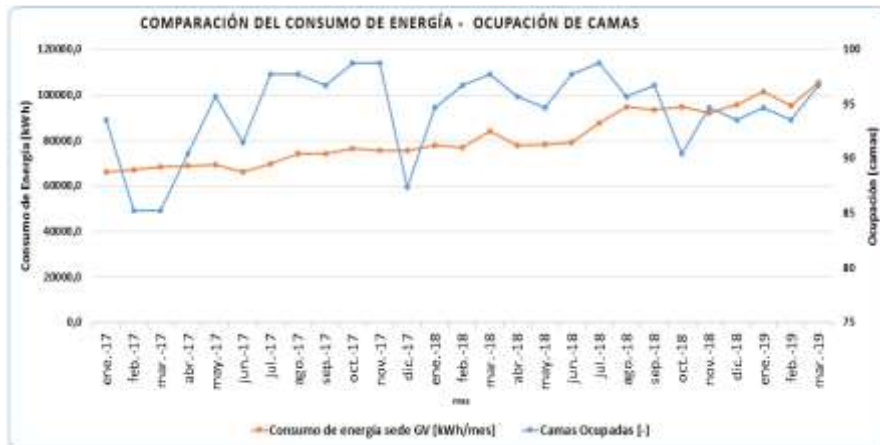
Figura 71: Comparación del consumo energético VS la ocupación de camas hospitalarias sede La Rosita



Fuente: Adaptado del sistema de gestión Ambiental de la clínica Chicamocha S.A.

El indicador de esta sede puede representar una proporcionalidad entre el consumo energético y la ocupación de camas, ya que los servicios que más demandan energía, tales como (Urgencias, UCI, y hospitalización), tienen un consumo asociado a la prestación del servicio del paciente (cama).

Figura 72: Comparación del consumo energético vs la ocupación de camas hospitalarias sede GV



Fuente: Adaptado del sistema de gestión Ambiental de la clínica Chicamocha S.A.

Ahora bien, como se puede observar en la figura 72, el índice de desempeño **NO** presenta una relación directa al consumo de energía, debido a que el consumo en

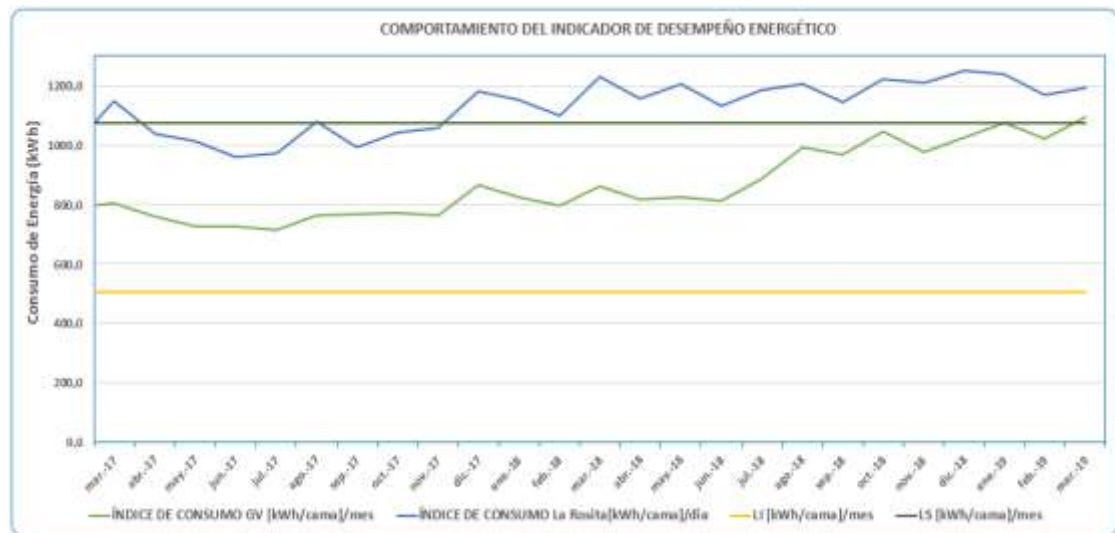
esta clínica está influenciado por otros servicios que representan la mayor distribución porcentual de la demanda energética del hospital, tales como: imagenología, consumos comunes y cirugía especializada, los cuales no hospitalizan en el mismo servicio a los pacientes.

Finalmente, para establecer la favorabilidad del indicador, el departamento de sistemas de gestión de la clínica tiene establecido los límites de la siguiente forma:

Límite inferior: 504 [kWh/cama/mes].

Límite superior: 1074 [kWh/cama/mes].

Figura 73: Comportamiento del indicador de desempeño de las dos sedes



Fuente: Adaptado del sistema de gestión Ambiental de la clínica Chicamocha S.A.

Por medio de la figura 73 se establece que el indicador de la sede González Valencia después de junio del 2018 tiene un aumento en la tendencia promedio del consumo de energía, debido a la incorporación de nuevas tecnologías en equipos de alto consumo (Resonancia magnética, compresores de aire medicinal, chillers), camas hospitalarias modernas y equipos de especialidades médicas como cirugía ambulatoria. Para el caso de la sede La Rosita, el indicador excede el límite superior establecido por el SGA, debido a que la clínica tiene mayor cantidad de equipos a nivel general, y la gran parte de ellos no cuentan con tecnología de eficiencia energética (son obsoletos), lo que representa un consumo ineficiente del sistema y de gran demanda energética para suplir las necesidades requeridas.

12. PLANTEAMIENTO DE INDICADORES EN LOS CENTROS DE COSTOS DE ALTO CONSUMO

Dado que el indicador de la clínica kWh/cama/mes no representa una correlación directa con el consumo energético de las sedes, y dada la existencia de centros de costos significativos como Imagenología, Cirugía y Esterilización, los cuales no tienen relación con la ocupación de camas, se plantean indicadores propios para cada uno de estos como se observa en la tabla 14.

Tabla 14. Indicadores de desempeño en los Centros de Costo que cuentan con equipos biomédicos especializados

Tabla indicadores			Valor	
González Valencia	Imagenología	Resonador	$\text{kWh}/(\text{TipoExamen} * t_{\text{promedio examen_h}})$	10,0694
		Rayos X	$\text{kWh}/(\text{CantidadExamen_mes})$	0,0429
		TAC	$\text{kWh}/(\text{CantidadExamen_mes})$	0,6285
	Esterilización	Central de Esterilización	$\text{kWh}/\text{CantidadCiclos_mes}$	34,0750
	Cirugía	Cirugía	$\text{kWh}/(\text{CantidadCirugías_mes} * t_{\text{promedio cirugías_h}})$	0,3338
Rosita	Imagenología	Rayos X	$\text{kWh}/(\text{CantidadExamen_mes})$	0,0338
		Fluoroscopia	$\text{kWh}/(\text{CantidadExamen_mes})$	35,2950
		Ecografía	$\text{kWh}/(\text{CantidadExamen_mes} * t_{\text{promedio examen_h}})$	9,7143
		TAC	$\text{kWh}/(\text{CantidadExamen_mes})$	0,5086
	Esterilización	Central de Esterilización	$\text{kWh}/\text{CantidadCiclos_mes} * t_{\text{ciclos_h}}$	0,0166
Cirugía	Cirugía	$\text{kWh}/(\text{CantidadCirugías_mes} * t_{\text{promedio cirugías_h}})$	0,7886	

Fuente. Elaboración propia

Los indicadores se establecieron a partir de los consumos energéticos estimados de la medición y los parámetros de los cuales depende en cada situación: tipología y duración del procedimiento quirúrgico para Cirugía, cantidad y duración del ciclo para Esterilización, tipo y duración del examen para Imagenología.

13. PROPUESTA DE LA ECUACIÓN ESTIMATIVA DEL CONSUMO ENERGÉTICO MENSUAL POR CENTROS DE COSTO

Ante la necesidad de la Clínica Chicamocha S.A de conocer el valor monetario que representa cada centro de costo con respecto al costo facturado mensualmente, se proponen las ecuaciones estimativas que permitan establecer el consumo de energía de cada centro de costo mes a mes, sin la necesidad de efectuar mediciones in situ de todos los equipos pertenecientes a la clínica. Las ecuaciones planteadas se presentan a continuación por sede hospitalaria:

a. Sede González Valencia

– Consumo mensual Imagenología

$$CI_{mes_{GV}} = \%Repr * (EAA + EEG + ER + EI) + IDE_{res} * a + IDE_{RX} * b + IDE_{TAC} * c + EBG + CH_{res} \quad (1)$$

Donde,

$CI_{mes_{GV}}$, es el Consumo de imagenología al mes, de la sede GV.

$\%Repr$ es el porcentaje de representación del centro de costo en relación al consumo de energía total de la clínica correspondiente.

EAA, EEG, ER, EI, EBG , es la energía mensual censada en el proceso de medición de los equipos de aires acondicionados, equipos generales, refrigeración, iluminación y equipos biomédicos generales de la Clínica. Los cuales se mantendrán como parámetro fijo.

$IDE_{res}, IDE_{RX}, IDE_{TAC}$, Son los indicadores de resonancia, rayos X y TAC, respectivamente.

CH_{res} , es el consumo mensual censado en el proceso de medición del compresor de helio del resonador, el cual se mantendrá como parámetro fijo.

a, b, c , son $Tipo_{Examen} * t_{promedio\ examen_h}$, $Cantidad_{Examen_mes}$, $Cantidad_{Examen_mes}$, respectivamente.

– Consumo mensual Esterilización

$$CCE_{mes_{GV}} = \%Repr * (EAA + EEG + ER + EI) + IDE_{CE} * nc + EBG \quad (2)$$

Donde,

$CCE_{me_{SGV}}$, es el consumo de la central de esterilización al mes de la sede GV.

IDE_{CE} , es el indicador de la central de esterilización

nc , es la Cantidad_{Ciclos_mes}

– *Consumo mensual Cirugía*

$$CCir_{mes} = \%Repr * (EAA + EEG + ER + EI) + IDE_{Cir} * d + EBG_{Arec} \quad (3)$$

Donde,

$CCir_{mes}$, es el consumo de cirugía al mes

IDE_{Cir} , indicador del área de cirugía

d , es la Cantidad_{Cirugías_mes}* $t_{promedio}$ cirugías_h

EBG_{Arec} , es el consumo mensual censado de los equipos biomédicos generales del área de recuperación de cirugía. Igualmente, este parámetro se mantiene fijo.

– *Centros de costos Restantes*

$$CC_{i_{mes}} = \%Repr * CF \quad (4)$$

Donde,

$CC_{i_{mes}}$, es el consumo mensual de los centros de costo

CF , es el consumo facturado mensual

b. Sede Rosita

– *Consumo mensual Imagenología*

$$CI_{mesRos} = \%Repr * (EAA + EEG + ER + EI) + IDE_{RX} * e + IDE_{Fluor} * f + IDE_{Eco} * g + IDE_{TAC} * h + EBG \quad (5)$$

Donde,

CI_{mesRos} , es el Consumo de imagenología al mes de la sede Rosita

IDE_{RX} , IDE_{Fluor} , IDE_{Eco} , IDE_{TAC} , Son los indicadores de rayos X, fluoroscopia, ecografía y TAC, respectivamente.

e, f, g, h son Cantidad_{Examen_mes}, Cantidad_{Examen_mes}, Cantidad_{Examen_mes}* $t_{promedio}$ exámen_h, Cantidad_{Examen_mes}, respectivamente.

– *Consumo mensual Esterilización*

$$CCE_{mes_{ROS}} = \%Repr * (EAA + EEG + ER + EI) + IDE_{CE} * nc_2 + EBG \quad (6)$$

Donde,

nc_2 , es la CantidadCiclos-mes * t ciclos_h

- *Consumo mensual Cirugía y Centros de costos Restantes*: La estructura de estas ecuaciones es igual a las expuestas para la sede González Valencia.

A continuación, se presenta la descripción detallada del proceso de estimación de las ecuaciones planteadas anteriormente:

El porcentaje de representación para cada centro de costo, se determinó a partir del porcentaje de las categorías de análisis censado; teniendo en cuenta el porcentaje de significancia del centro de costo a nivel de la clínica, el porcentaje de pérdidas y cargas flotantes, y un 2% de tolerancia, los cuales fueron distribuidos de forma equitativa para los centros de costo. El porcentaje de representación se estimó a partir de las categorías de análisis ya que se evidenció que la distribución porcentual es similar mensualmente, independiente del consumo. Esta comparación se realizó con los resultados obtenidos en el estudio de Roncancio & Calderón para el año 2018, donde se evidencia una variación entre el 2 y 3% mensualmente en relación a la medición realizada para el año 2019.

En la tabla 15 y tabla 16 se observa la nueva distribución porcentual para los centros de costo:

Tabla 15: Redistribución porcentual para los centros de costo de la sede González Valencia

CENTRO DE COSTO	% Representación
Imagenología	21,6704%
Cirugía	13,2993%
Esterilización	7,2169%
Urgencias	10,7358%
UCI	9,5496%
Hospitalización	8,9429%
Consultorios privados	5,8411%
Mantenimiento	3,4479%
Auditoría médica	2,8630%

CENTRO DE COSTO	% Representación
Farmacia	2,8357%
Dirección médica	2,1405%
Alimentación	1,8816%
Sistemas	1,3790%
Gestión de apoyo asistencial	1,3605%
Suministros	1,3557%
Admisiones	1,2807%
Atención al usuario	1,2354%
Facturación	1,1445%
Servicios generales	1,0081%
Contabilidad	0,7454%
Fisioterapia	0,7100%
Nutrición	0,6825%
Sala transitoria	0,6602%
TOTAL	101,9867%

Fuente. Elaboración propia

Tabla 16: Redistribución porcentual para los centros de costo de la sede La Rosita

CENTRO DE COSTO	% Representación
Urgencias	14,4862%
UCI	13,9495%
Hospitalización	11,0237%
Cirugía	9,1061%
Imagenología	8,6180%
Ginecobotrícia	5,2728%
Esterilización	4,0226%
Sistemas	3,0066%
Farmacia	2,9038%
Contabilidad	2,2042%
Gestión de apoyo asistencial	2,0894%
Mantenimiento	1,6561%
Gestión administrativa	1,5456%
Gestión gerencial	1,5307%
Planeación y desarrollo	1,5167%
Dirección médica	1,3890%

CENTRO DE COSTO	% Representación
Atención al usuario	1,3194%
PYP	1,3102%
Facturación	1,1602%
Cartera	1,0565%
Gestión financiera	1,0356%
Gastroenterología	0,9732%
Admisiones	0,9704%
Auditoría médica	0,9635%
Control interno	0,8587%
Convenios	0,8322%
Nutrición	0,7915%
Sala transitoria	0,7677%
Fisioterapia	0,7344%
Psicología Hospitalaria	0,7102%
Servicios Generales	0,5394%
TOTAL	98,3445%

Fuente. Elaboración propia

Cabe resaltar que, a partir de estos porcentajes de representación, la distribución de la energía en los centros de costo varía en relación a lo establecido en la caracterización energética realizada, aunque no significativamente; ya que de cierta manera la proporción del consumo energético se mantiene.

Para el caso de los **centros de costos** con equipos biomédicos especializados, la ecuación varía con respecto a los otros centros de costos de la clínica, ya que el porcentaje de representación no se toma a partir del consumo facturado sino directamente de la energía que representa cada categoría de análisis del total del consumo, exceptuando los equipos biomédicos. El consumo de esta categoría mencionada, se estima a través del indicador y del factor que varía mensualmente para cada uno de estos centros de costos. Así mismo, las ecuaciones se validaron para los meses de febrero y marzo, dado que solo se disponía de la información requerida para el cálculo del consumo estimado, para estos meses.

14. PROPUESTAS DE MEJORAS

14.1. MEJORAS EN EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Las mejoras que se plantean para esta categoría de análisis, se establecen de acuerdo al límite máximo de reducción del **consumo energético** que podrían tener las áreas hospitalarias y administrativas. Se exceptúan los centros críticos del paciente, puesto que estas áreas deben mantener condiciones establecidas por norma y no pueden ser modificadas.

Para mejorar el desempeño energético del sistema de aire acondicionado, se plantean sugerencias de protección y ventilación las cuales pueden ser vistas en el **ANEXO 7**. Finalmente, se realiza una evaluación del sistema de cargas térmicas para la torre A de la sede Rosita en el siguiente ítem.

14.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO POR CARGAS TÉRMICAS

Una mejora en el sistema de climatización, puede centrarse en el estudio de las **cargas térmicas** de los equipos, las personas, las ventanas, la iluminación, el interior y exterior de las áreas de una clínica. Es por esta razón que realizar un diagnóstico general en este parámetro, permite identificar los potenciales de ahorro de energía que se pueden alcanzar en el sistema HVAC. Las tasas de ventilación recomendadas por norma ASHRAE para clínicas y hospitales han sido establecidas para tener el confort humano, donde el recinto cerrado debe tener una temperatura de 21°C (Temperatura bulbo seco) y 50% la humedad relativa en las áreas críticas. Para este estudio se tomó como referencia la metodología establecida por **Armijos N [27]**, el cual consiste en el “Diseño de un sistema de climatización para la clínica esperanza de la ciudad de Machala-Ecuador”, y la plantilla MS Excel del proyecto Roncancio y Calderón [2], el cual consiste en el “Diagnóstico energético de la clínica Chicamocha S.A sede la rosita como fase previa a la implementación de un sistema de gestión de la energía”.

El cálculo de las cargas térmicas se hace teniendo en cuenta los valores de (alto, ancho, área, ubicación y volumen del recinto). Estos valores se encuentran establecidos en los planos arquitectónicos de la clínica. El proceso detallado del cálculo de las ganancias térmicas totales de la torre A de la sede Rosita, se pueden ver en el **ANEXO 8**, y los resultados se muestran en la tabla 17:

Tabla 17: Cálculo del índice de eficiencia energética para sistemas HVAC

CARGAS TÉRMICAS TORRE A SEDE LA ROSITA					
PISO 1, PISO 2, PISO 3 Y PISO 4	Q [kW]	Q [BTU/h]	P_I [kW]	P_I [BTU/h]	EER [Q_T/P_I]
Q_e	11,82	40.328	676,61	2.308.689	0,3613
Q_c	7,04	24.011			
Q_r	4,63	15.792			
Q_{INTERNO}	218,71	746.255			
Q_{infiltraciones}	2,26	7.720			
Q_T carga térmica total	244,45	834.107			

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Q_T= Corresponde a la carga térmica total calculada en los recintos acondicionados.
P_I = Potencia Instalada total de los equipos de aire acondicionado
EER = Índice de eficiencia energética en equipos de aire acondicionado. Sin embargo, este índice se tuvo en cuenta para todo el sistema y no por equipo.

Planteando un cambio en el funcionamiento del sistema de aire acondicionado que pueda operar a cargas parciales entre 60% y 75%, e incrementando 5% el índice de eficiencia energética por medio de mejoras operacionales en la automatización y control del proceso, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 18: Cálculo de mejora en los índices de desempeño

Q_T [kW]	CP[%]	P_{IR} [kW]	EER_{CP}	EER_{5%}	P_e [kW]	Precio [\$/kWh]
244,45	80%	541,29	0.4516	0.5016	487,33	378,6
	75%	507,46	0.4817	0.5317	459,74	
	70%	473,63	0.5161	0.5661	431,80	
	65%	439,80	0.5558	0.6058	403,50	
	60%	405,97	0.6022	0.6522	374,84	
	55%	372,14	0.6569	0.7069	345,81	
	50%	338,31	0.7226	0.7726	316,41	
	45%	304,47	0.8029	0.8529	286,62	
40%	270,64	0.9032	0.9532	256,45		

Fuente: Elaboración propia

Donde:

CP =% que corresponde a la carga parcial de trabajo del sistema de aire acondicionado.

P_{IR} = Potencia instalada reducida a la carga parcial correspondiente [$P_I * CP$].

EER_{CP} = EER del sistema mejorando cargas parciales. [P_{IR} / Q_T]

$EER_{5\%}$ = EER del sistema logrando un 5% de incremento por mejoras de aislamiento, instalando materiales reflectivos como polarizados en las ventanas, etc. [$EER_{CP} + 0.05$]

P_e = Potencia nominal eficiente del sistema. [$Q_T / EER_{5\%}$]

Por último, los ahorros calculados implementando las mejoras correspondientes que permiten el mejor desempeño del sistema y un alto EER, se pueden observar en la tabla 18:

Tabla 19: Ahorros implementando mejoras en el sistema de HVAC

CP	AHORRO EER_{CP}			AHORRO $EER_{CP} + EER_{5\%}$		
	%	[\$/día]	[\$/mes]	[\$/año]	[\$/día]	[\$/mes]
80%	\$51.233	\$1.536.987	\$18.443.847	\$71.660	\$2.149.806	\$25.797.668
75%	\$64.041	\$1.921.234	\$23.054.809	\$82.107	\$2.463.221	\$29.558.646
70%	\$76.849	\$2.305.481	\$27.665.771	\$92.686	\$2.780.590	\$33.367.077
65%	\$89.658	\$2.689.728	\$32.276.733	\$103.400	\$3.101.989	\$37.223.864
60%	\$102.466	\$3.073.975	\$36.887.695	\$114.250	\$3.427.494	\$41.129.934
55%	\$115.274	\$3.458.221	\$41.498.656	\$125.240	\$3.757.186	\$45.086.237
50%	\$128.082	\$3.842.468	\$46.109.618	\$136.372	\$4.091.146	\$49.093.750
45%	\$140.891	\$4.226.715	\$50.720.580	\$147.649	\$4.429.456	\$53.153.472
40%	\$153.699	\$4.610.962	\$55.331.542	\$159.073	\$4.772.203	\$57.266.430

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Los valores de los factores de cargas y de corrección fueron tomados de la norma **ASHRAE (Norma Americana)**. Por consiguiente, en algunos cálculos de las ganancias térmicas se realizó la conversión de las variables al **sistema Internacional**.

15. CONCLUSIONES

El presente proyecto permitió plantear la estructura correspondiente a la estimación del costo de energía asociado a cada centro de costo de la Clínica Chicamocha S.A estableciéndose la relación entre el consumo facturado y los costos asociados a la prestación del servicio.

Se logró identificar el consumo de 24 centros de costos para la sede GV y 33 para la sede Rosita, logrando censar un 95% y 94 % de la energía total facturada, respectivamente. Asimismo, para cada centro de costo se definieron las categorías de análisis: aires acondicionados, equipos biomédicos, equipos generales, iluminación y refrigeración. Adicionalmente se agregaron los consultorios privados externos de la sede González Valencia y los consumos comunes de ambas sedes que no están asociados a ningún servicio.

Partiendo de las mediciones realizadas y la caracterización del consumo energético, se determinó que los usos significativos de la energía para la sede GV son: imagenología 23.70%, cirugía 14.30%, urgencias 11.42, UCI 10.09%, hospitalización 9.41%, esterilización 7.47%, consumos comunes 5.93% y consultorios privados 3.24%, lo que representa el 85.56% total del consumo energético facturado. Para la sede Rosita, los usos significativos son: Urgencias 16.3%, UCI 15.7%, hospitalización 12.3%, cirugía 10.1%, imagenología 9.5%, ginecobstetricia 5.7%, esterilización 4.2%, consumos comunes TB 3%, instituto del corazón 2.91%, sistemas 2.1%, farmacia 1.96% y contabilidad 1.46%, lo que representa un 85.3% del consumo total de la sede.

Las categorías de análisis de mayor demanda energética identificadas en la sede González Valencia fueron las siguientes: aires acondicionados 54.5%, equipos biomédicos 20.4%, equipos generales 11.4%. Para el caso de la sede Rosita las categorías de mayor demanda fueron: aires acondicionados 59.4%, equipos biomédicos 12.6% y equipos generales 11.1%, respectivamente. Con base en lo anterior, debido que la categoría "aires acondicionados" representa más de la mitad del consumo mensual facturado, se plantearon mejoras de protección y ventilación del sistema y se realizó una evaluación de las cargas térmicas de la torre A sede Rosita, el cual se calculó mejorando el EER planteando dos casos: En el primer caso de plantean sistemas a cargas parciales de 75%,70%,65% y 60% teniendo un ahorro de \$23.054.809 \$27.665.771, \$32.276.733 y \$36.887.695 respectivamente. En el segundo caso, se propone una mejora del 5% a través de propuestas que disminuyen las cargas térmicas de las zonas acondicionadas, estimándose un ahorro anual máximo de aproximadamente \$ 41.129.934 del costo asociado a este servicio, trabajando a las mismas cargas parciales planteadas en el caso 1.

El estudio de los indicadores de desempeño energético permitió establecer que el indicador establecido (kWh/cama/mes) **NO** presenta una correlación directa entre la ocupación de camas asociado al consumo de energía facturado, debido a la introducción de servicios tales como Resonancia magnética, equipos de especialidades médicas como cirugía ambulatoria donde no se interna el paciente. Por esto, se plantearon indicadores en los centros de costos con equipos biomédicos especializados, debido a que estos dependen de un factor que varía mensualmente a diferencia de los otros centros de costo, donde el consumo se calcula con respecto al costo facturado del mes. Con el uso de estos indicadores se propusieron ecuaciones estimativas que le permiten a la clínica establecer el consumo y el costo facturado mensual de cada centro de costo sin necesidad de realizar mediciones in situ.

16. RECOMENDACIONES

Con respecto al estudio de cargas térmicas para la torre A sede La Rosita, es recomendable que se tenga en cuenta las mejoras planteadas, debido a que la clínica puede evitarse lucros cesantes en la operación y mantenimiento de los equipos que componen el sistema de climatización y aire acondicionado, además de aprovechar estos ahorros en energía para replicar el mismo acondicionamiento en las otras sedes.

Es importante que los departamentos encargados del funcionamiento de todas las áreas de la clínica, proporcionen información detallada de los tipos de equipos, la ubicación, los tiempos de uso, los procesos que se realizan en estas áreas, personal capacitado y otros parámetros que son fundamentales para realizar un diagnóstico completo.

Es indispensable la compra de equipos de medición especializados tales como: Analizadores de redes, analizadores de fase, analizadores de calidad de la energía, entre otros, que permitan llevar el registro y el monitoreo de las variables relacionadas con el consumo energético de la clínica.

Hacer un estudio de pérdidas de carga en el sistema de climatización por medio del software pipe flow expert v7.40, con el fin de calcular las fugas, caídas de presión en el transporte, renovaciones por hora de aire, entre otros, que permitan establecer la cantidad de pérdidas que se tiene por el concepto de aires acondicionados y que hacen que sea el consumo más representativo de la clínica.

Realizar un estudio de la viabilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico que permita cubrir energéticamente el pico de consumo del periodo de máxima demanda de las áreas no críticas (área hospitalaria y administrativo).

17. REFERENCIAS

- [1] «Historia Clínica Chicamocha,» [En línea]. Available: <https://www.clinicachicamocha.com/>.
- [2] G. D. A. RONCANCIO y J. K. M. CALDERÓN, DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA CLÍNICA CHICAMOCHA S.A SEDE LA ROSITA COMO FASE PREVIA A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, BUCARAMANGA: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA, 2018.
- [3] D. G. P. MONTILVA y S. P. M. FERNÁNDEZ, ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL HOSPITAL SANTA CLARA E.S.E. BOGOTÁ D.C.– COLOMBIA, Bogotá D.C., Colombia: UNIVERSIDAD DE LA SALLE, FACULTAD DE INGENIERÍA, GESTIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL, 2011.
- [4] L. F. M. CASTAÑO, Diseño de una Estrategia para la Revisión Energética de la Clínica Nuestra Señora del Rosario, Cali, Colombia, Santiago de Cali, Colombia: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE, PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA., 2013.
- [5] L. A. D. L. Payés, ESTUDIO Y ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2017.
- [6] Y. O. H. Abalo, Caracterización del sistema energético del Hospital Provincial Universitario “Camilo Cienfuegos Gorriarán” de Sancti Spíritus., Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial, Centro de Estudio de Energías y Tecnologías Ambientales., 2016.
- [7] Espinosa, Dávila y Poveda, Diagnostico energético del hospital general de las fuerzas armadas, Ecuador, 2006.
- [8] M. L. Cristià, HOSPITALES EFICIENTES: UNA REVISIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO, Salamanca, España: Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 2011.
- [9] J. A. ACOSTA, ESTUDIO DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL SAN RAFAEL DE LETICIA MEDIANTE LA

APLICACIÓN DEL RETIE, Bogotá D.C.: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Eléctrica, 2007.

- [10] M. G. ECHEVERRI y J. A. L. MONTOYA, "GUÍA DE DIAGNÓSTICOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS EN ÁREAS CRÍTICAS CONFORME A LA REGULACIÓN COLOMBIANA, MEDELLÍN, COLOMBIA: UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, FACULTAD INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, 2013.
- [11] UPME, Guía para desarrollar proyectos de ahorro de energía en centros hospitalarios..
- [12] Á. M. A. MÉNDEZ, M. A. D. LÓPEZ y S. L. P. VÁSQUEZ, ANÁLISIS A LA INFORMACIÓN DE COSTOS Y GASTOS GENERADA EN LA SEDE ALMACENTRO DEL HOSPITAL MENTAL PARA DETERMINAR LA RENTABILIDAD OBTENIDA, Medellín, Colombia: Universidad de Medellín. ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN FINANCIERA EMPRESARIAL COHORTE 34, 2011.
- [13] L. F. d. M. Brito, «Control y evaluación de costos de energía eléctrica, agua y gases medicinales en instituciones,» 2013.
- [14] M. d. s. pública., MANUAL DE COSTOS EN SALUD, 2009.
- [15] M. I. D. Roldán, L. F. G. Montoya y J. A. O. Agudelo, «ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE COSTOS UTILIZADOS EN LAS ENTIDADES DEL SECTOR SALUD EN COLOMBIA Y SU UTILIDAD PARA LA TOMA DE DECISIONES. Universidad de Antioquia (Colombia),» *Revista del Instituto Internacional de Costos, ISSN 1646-6896*, 2009.
- [16] A. C. d. E. e. (AChEE), Manual de Gestor en Eficiencia Energética. Sector Hospitalario.
- [17] Guía de ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales, Madrid, España, 2010.
- [18] ISO, ISO 50001.
- [19] M. M. C. Moreno, Seguimiento al sistema de gestión ambiental de la clínica Chicamocha S.A bajo los lineamientos de la NTC-ISO 14001, Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Ambiental, 2008.

- [20] FLUKE, «Manual: pinza amperimétrica de calidad de la potencia».
- [21] «Manual Power Meter Uni-T 230b,» [En línea]. Available: https://www.lechpol.eu/sites/default/files/produkty/mie0283/manual-mie0283_0.pdf.
- [22] FLUKE, Aspectos básicos sobre la seguridad de los multímetros.
- [23] P. I. 6. MESSKATEGORIEN, «El ABC de la seguridad en las mediciones eléctricas,» [En línea]. Available: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/categorias-sobretension-info.htm>.
- [24] V. I. d. Metrología, Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM), Centro Español de Metrología, 2012.
- [25] C. E. d. Metrología, Evaluación de datos de medición – El papel de la incertidumbre de medida en la evaluación de la conformidad, 2015.
- [26] R. A. V. Sepúlveda, «Aplicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la región metropolitana,» Universidad de Chile, Santiago de Chile, Tesis de pregrado, [En línea]. Available: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/vera_rs/sources/vera_rs.pdf.
- [27] N. A. E. ARMIJOS, DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA LA CLÍNICA ESPERANZA DE LA CIUDAD DE MACHALA, MACHALA-ECUADOR.
- [28] E. G. E. SOLUTIONS, «LA SISTEMAS CENTRALES DE VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN HOSPITALES,» ETELTA GROUP ENGINEERING SOLUTIONS, [En línea]. Available: <http://etelta.com/la-sistemas-centrales-de-ventilacion-y-aire-acondicionado1.html>.
- [29] N. Santé, «Purificateurs d'air, TECNOLOGÍA DE FILTRACIÓN DE NATÉOSANTÉ,» [En línea]. Available: <https://nateosantepro.com/es/tecnologia-de-filtracion-de-nateosante/>.
- [30] M. Biz, «Reparación de aires,» [En línea]. Available: manner.biz/reparacion-de-aires.html.
- [31] ENCON, « Plataformas de integración,» [En línea]. Available: <http://www.encon.com.co/soluciones/plataformas-de-integracion/>.

- [32] Soler y Palau, Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau.
- [33] Honeywell, «Sistemas de Climatización (HVAC) y de Administración de edificios,» 2019. [En línea]. Available: <https://buildingsolutions.honeywell.com/es-XL/solutions/hvacbuildingmanagement/Pages/default.aspx>.
- [34] N. ASHRAE, Sociedad Americana de ingenieros de calefacción, refrigeración y aire acondicionado.
- [35] Monografías, «Estimación del intervalo de confianza,» [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos91/estimacion-intervalos-confianza-t-student-empleando-excel-y-winstats/estimacion-intervalos-confianza-t-student-empleando-excel-y-winstats.shtml>.
- [36] M. M. P. Hernández, «Estimación de incertidumbres. Guía GUM,» *Revista Española de Metrología.*, 2012.


18. ANEXOS

ANEXO 1. Organigrama Clínica Chicamocha S.A.



Fuente: Clínica Chicamocha S.A. [1]

ANEXO 2. Acta de Inventarios

	PROCESO	INVENTARIADO DE EQUIPOS	CÓDIGO	FDIE01
	FORMATO	FORMATO DE INVENTARIO	VERSIÓN	1

FORMATO DE INVENTARIO DE EQUIPOS N° [] DE LA CLÍNICA CHICAMOCHA S.A.

Este documento esta diligenciado en la ciudad de Bucaramanga-Santander, en virtud de realizar el inventario de equipos que se encuentran en las instalaciones de la empresa **CLÍNICA CHICAMOCHA S.A.** – Institución prestadora del servicio de salud.

FORMATO DE INVENTARIO PARA EQUIPOS DE LA CLÍNICA CHICAMOCHA S.A.	
FECHA DE REALIZACIÓN	
HORA	
SEDE	
RESPONSABLE	
ORGANIZADOR	
ASISTENTES	
TIEMPO DEL RECORRIDO	

El inventario se efectúa para los equipos de aire acondicionado, biomédicos, generales, iluminación, refrigeración y para otros equipos de consumo generalizado.

DEPARTAMENTO								
CENTRO DE COSTO	SERVICIO	EQUIPO	UBICACIÓN	PISO	CANTIDAD	POTENCIA	CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO	CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL

Hace constancia del proceso.

X

FIRMA DEL RESPONSABLE
CARGO

X

FIRMA DEL ORGANIZADOR
CARGO

CLÍNICA CHICAMOCHA S.A.	SISTEMAS DE GESTIÓN
--------------------------------	----------------------------

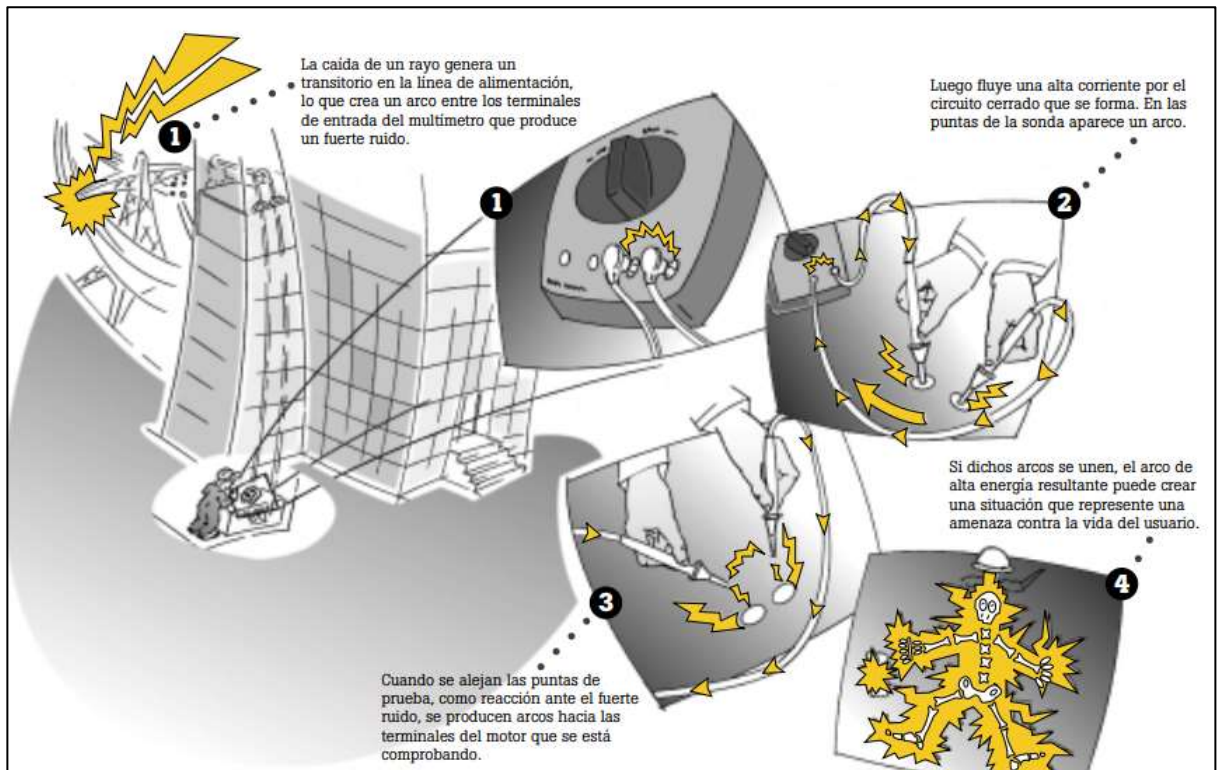
Fuente. Elaboración propia.

ANEXO 3. Proceso detallado de la circulación de un transitorio

Proceso detallado de la circulación de un transitorio al momento de realizar la medición del consumo energético de un motor

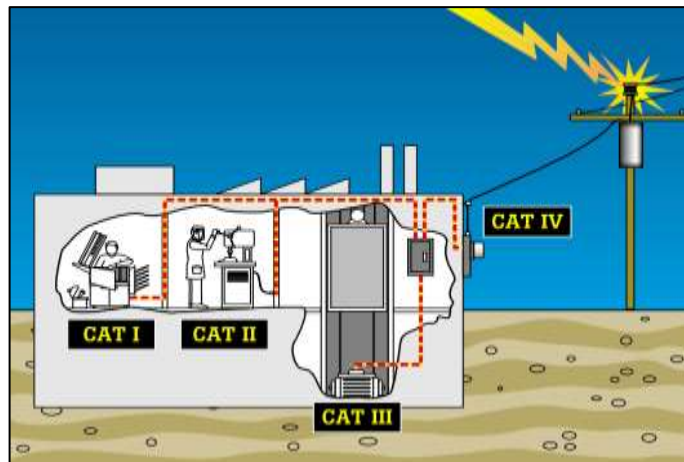
- 1.** La caída de un rayo genera un transitorio en la línea de alimentación, el que a su vez ocasiona un arco entre los terminales de entrada dentro del multímetro. Los circuitos y componentes necesarios para prevenir este suceso sencillamente fallaron o faltaban. Tal vez no se trataba de un multímetro clasificado como CAT III. El resultado es un cortocircuito directo entre las dos terminales de medición a través del multímetro y las puntas de prueba.
- 2.** Por el cortocircuito recién creado fluye una alta corriente de falla, posiblemente de varios miles de amperios. Esto sucede en milésimas de segundo. Cuando se forma el arco dentro del multímetro, una onda de choque de muy alta presión puede generar una fuerte explosión. En el mismo momento, se puede ver destellos de un arco de color azul brillante en las puntas de prueba; las corrientes de falla sobrecalientan las puntas de la sonda, que comienzan a quemarse, produciendo un arco desde el punto de contacto hasta la sonda.
- 3.** La reacción natural es retroceder, para alejarse del circuito. Pero a medida que las manos del usuario retroceden, aparece un arco desde la terminal del motor a cada punta de prueba. Si estos dos arcos se unen para formar un arco único, hay ahora otro cortocircuito directo fase con fase, esta vez directamente entre las terminales del motor.
- 4.** Este arco puede tener una temperatura que se aproxima a los 6.000 °C (10.000 °F), que es mayor que la temperatura de un soplete de oxiacetileno. A medida que el arco crece, alimentado por la corriente disponible del cortocircuito, el mismo sobrecalienta el aire circundante. Se crean tanto una explosión como una bola de fuego de plasma. Si el usuario tiene suerte, la explosión lo arroja hacia atrás y lo retira de la vecindad del arco; aunque golpeado, salva su vida. En el peor caso, la víctima experimenta quemaduras fatales resultantes del fuerte calor del arco o de la ráfaga de plasma.

Circulación de un transitorio



Fuente: Fluke seguridad en la medición [22]

ANEXO 4. Seguridad en la Medición y Categorías de Medición



Fuente: Fluke seguridad en la medición [22]

Categoría de medición	Descripción breve	Ejemplos
CAT IV	Tres fases en la conexión del servicio de energía eléctrica, cualquier conductor externo	<ul style="list-style-type: none"> Se refiere a "origen de la instalación"; es decir, en dónde se efectúa la conexión de baja tensión a la alimentación del servicio de energía eléctrica. Medidores de consumo de electricidad, equipos de protección contra sobrecorrientes. Exterior y entrada del servicio, acometida del servicio desde el poste al edificio, recorrido entre el medidor y el panel. Línea en altura a edificio separado, línea subterránea a bomba de pozo.
CAT III	Distribución trifásica, incluyendo iluminación comercial monofásica	<ul style="list-style-type: none"> Equipos en instalaciones fijas, tales como equipos de conmutación y distribución y motores polifásicos. Bus y alimentador en plantas industriales. Alimentadores y circuitos de derivación corta, dispositivos de paneles de distribución. Sistemas de iluminación en edificios grandes. Salidas para aparatos con conexiones cortas a la entrada del servicio.
CAT II	Cargas conectadas a tomacorrientes monofásicos	<ul style="list-style-type: none"> Artefactos, herramientas portátiles y otras cargas domiciliarias y similares. Tomacorrientes y circuitos de derivación larga. <ul style="list-style-type: none"> Salidas a más de 10 metros (30 pies) de fuente CAT III. Salidas a más de 20 metros (60 pies) de fuente CAT IV.
CAT I	Electrónica	<ul style="list-style-type: none"> Equipos electrónicos protegidos. Equipos conectados a circuitos (fuente) en los cuales se toman mediciones para limitar las sobretensiones transitorias a un nivel adecuadamente bajo. Cualquier fuente de voltaje alto y baja energía derivada de un transformador de gran resistencia de bobinado, tal como la sección de voltaje alto de una fotocopiadora.


Fuente: Fluke seguridad en la medición [22]

ANEXO 5. Protocolo de medición de los Equipos de medición [20]

PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LA PINZA AMPERIMETRICA

Al momento de realizar el proceso de medición del consumo energético con la pinza amperimetrica, hay que seguir las recomendaciones planteadas en la tabla 20:

Tabla 20: Recomendaciones para la medición

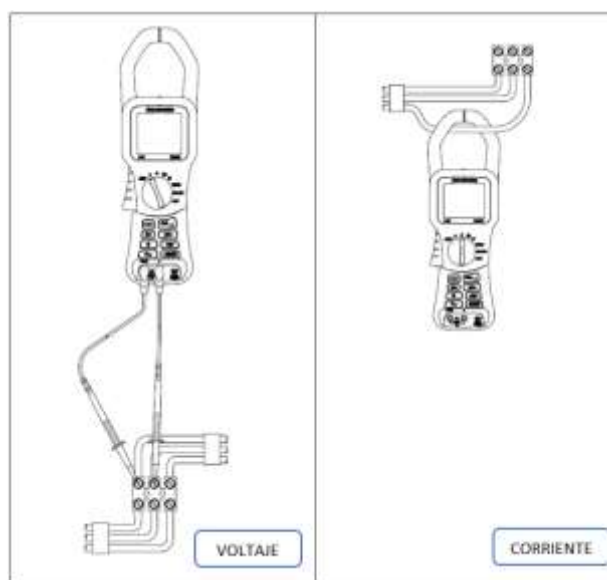
CONEXIÓN A CIRCUITOS	
	Antes de conectar a los circuitos, asegúrese de que no se excederán el voltaje máximo de medición y el voltaje máximo a tierra (1000 V CATII y 600 V CATIV respectivamente)
SECUENCIA DE CONEXIÓN	Por razones de seguridad, al conectar un circuito a la pinza amperimétrica, proceda en el siguiente orden:
1	Encienda la pinza amperimétrica (utilice el adaptador de potencia de CA si se requiere grabar).
2	Conecte el circuito de medición tal como se muestra en los diagramas de conexión relevantes que aparecen a continuación.
3	Para asegurarse de que los valores medidos aparezcan correctamente indicados, cerciórese de que la fase esté conectada a HI (Alta) de modo que el flujo de energía sea de HI (Alta) a LO (Baja).
4	Observe la dirección correcta de la corriente durante las mediciones; la dirección correcta aparece indicada por una flecha en la parte superior de la pinza amperimétrica.

GENERALIDADES	La pinza amperimétrica ofrece las siguientes opciones de conexión:
1	Conexión monofásica para medición de voltaje, corriente y potencia.
2	Conexión trifásica para potencia balanceada

Fuente: Adaptado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345 [20]

A. CONEXIÓN (VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA) MONOFÁSICA

Cuando las mediciones de voltaje y corriente no se realizan con los respectivos protocolos de seguridad, se pueden sufrir lesiones al tocar conexiones, circuitos internos y dispositivos de medición que no estén correctamente conectados a tierra. A continuación, se presenta la conexión correspondiente de la pinza amperimétrica usada para las mediciones de consumo de los equipos de alto consumo de la clínica.

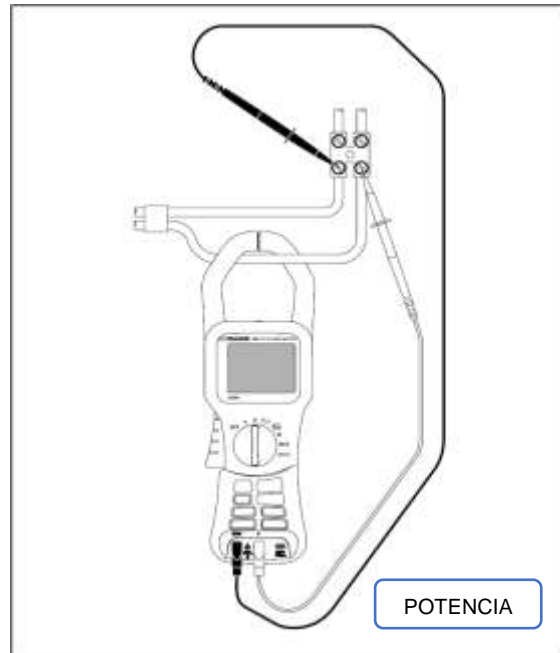


Fuente: Adaptado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345. [20]

La representación ubicada al costado izquierdo de la figura corresponde a la conexión para medir voltaje, esta se realiza haciendo contacto directamente entre las pinzas de voltaje y las borneras del circuito. Caso diferente para la conexión del costado derecho, que corresponde a la conexión para medir corriente; en esta se

usa la bobina del instrumento sobre una de las fases del circuito y posteriormente se toma la lectura.

La pinza amperimétrica está diseñada para la medición de redes de potencia monofásica con el fin de ser práctica en la manipulación de este instrumento, a diferencia de los analizadores de redes portátiles que presentan mayor robustez y complejidad en su conexión. En la siguiente imagen se puede observar la conexión requerida para la medición de potencia monofásica:

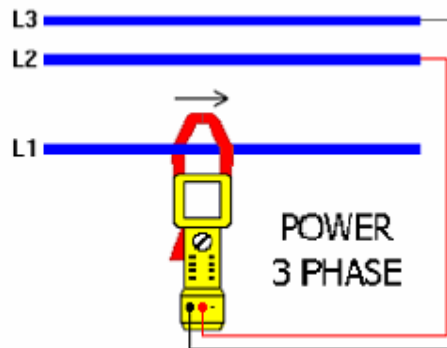


Fuente: Adaptado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345. [20]

Observe cuidadosamente la dirección del flujo de corriente en la parte superior de la pinza amperimétrica. En esta situación se interfiere una fase con la bobina de la pinza y con las dos pinzas de voltaje se hace contacto físico directamente en las borneras del circuito.

B. CONEXIÓN (POTENCIA) TRIFÁSICA BALANCEADA

En redes de potencia trifásica en donde la carga puede considerarse balanceada, la pinza amperimétrica puede usarse para hacer algunas mediciones básicas, tales como potencia activa "W", potencia reactiva "VAR", potencia aparente "VA", factor de potencia "PF" y energía eléctrica "kWh". A continuación, se muestra la configuración trifásica para la medición de la potencia trifásica balanceada:



Fuente: Tomado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345. [20]

Esta medición sólo es apropiada para cargas balanceadas. Para esto, la corriente se mide en una fase y los dos voltajes se miden en las fases restantes.

C. REGISTRO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA


Para comenzar el registro (la grabación), se debe poner la perilla en el parámetro POTENCIA (monofásica o trifásica), la cual se realiza manteniendo pulsada la tecla **REC MEAS** durante 3 segundos hasta que aparezca en la pantalla el mensaje LOGGING AREA (área de registro). El equipo tiene tres áreas de registro disponibles, las cuales pueden escogerse para grabar de manera independiente; área 1, área y área 3, o áreas de registro 1-2-3 combinadas, para un tiempo de grabación más prolongado donde se requiere más memoria de almacenamiento de datos.

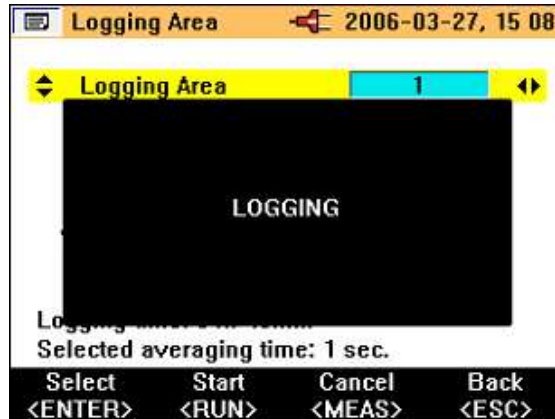
El área de grabación 1 se selecciona de manera predeterminada, tal como se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Tomado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345. [20]

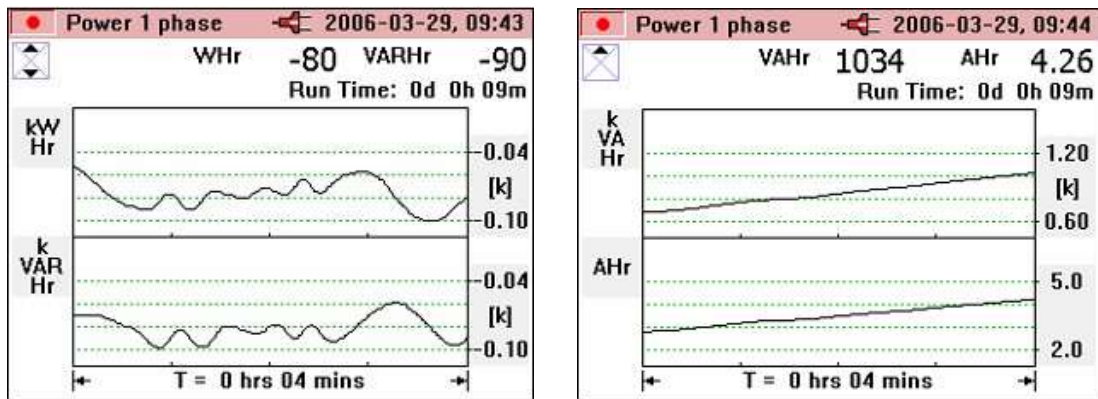
Los datos de registro están compuestos de valores promediados en intervalos de 1,2,5,10,30 segundos y 1,5,10,15 minutos.

Luego de escoger el área de registro y el valor del promedio de tiempo, se pulsa la tecla  para comenzar la grabación y se espera hasta que aparezca el mensaje LOGGING (registrando), como se puede observar en la siguiente ilustración:



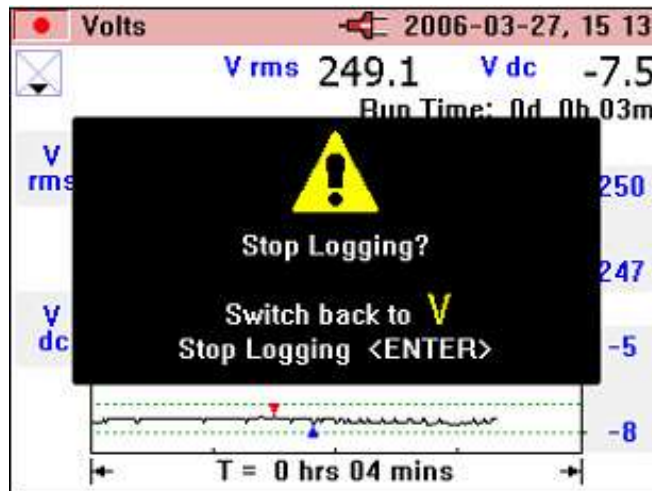
Fuente: Tomado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345. [20]

En la pantalla del equipo, se puede observar el consumo o suministro de energía en kWh, kVARh, kVAh y Ah en cada intervalo de tiempo el cual fue escogido por el usuario, tal como se puede observar en las siguientes imágenes:



Fuente: Tomado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345. [20]

Durante el registro, la barra de encabezado aparece resaltada en rojo, y puede detenerse el registro pulsando la tecla **REC MEAS** y aparecerá un mensaje STOP LOGGIN? (¿DETENER EL REGISTRO?), posteriormente pulsa la tecla **ENTER SAVE** y automáticamente el registro se detiene y se guarda:



Fuente: Tomado del manual de uso Power Quality Clamp Meter Fluke 345. [20]

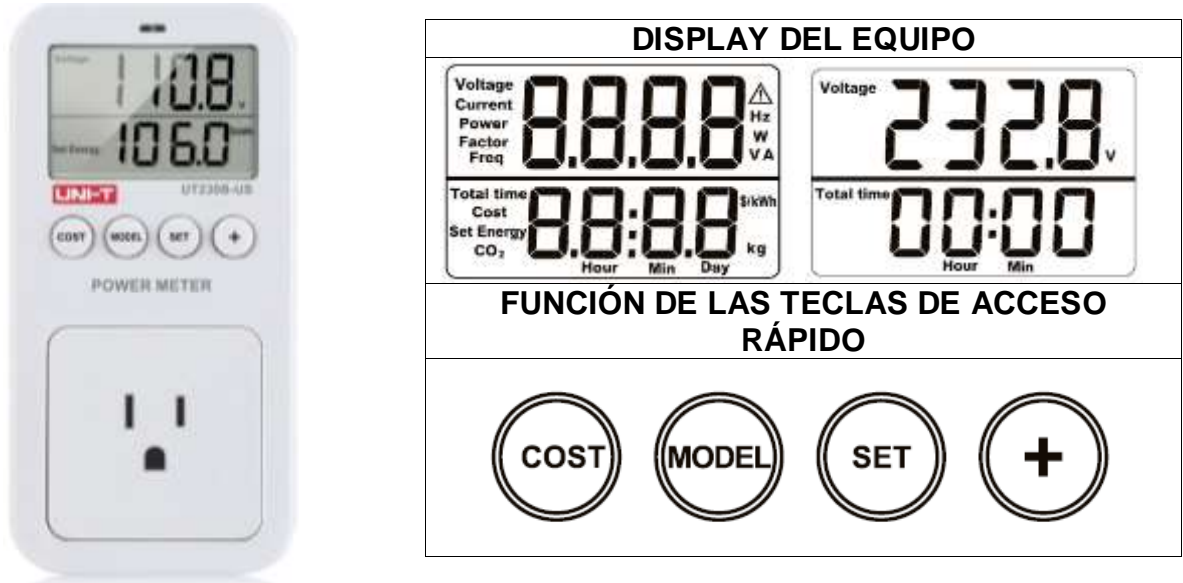
Finalmente, los datos registrados se pueden descargar desde la pinza amperimétrica por medio del cable USB y analizarse con detalle en un PC, utilizando el software **Power Log** y **Power Log Classic** de Fluke.

PROTOCOLO DE MEDICIÓN DEL POWER METER [21]

El medidor de consumo de energía eléctrica UNI-T UT230B-US, permite conocer la potencia, el factor de potencia, el tiempo de medición, el costo de la energía, las emisiones de CO₂, la corriente, el voltaje y el consumo de energía de uno o varios dispositivos, solo se debe conectar a un tomacorriente, y luego conectar en el medidor el dispositivo del cual se quiere conocer sus parámetros eléctricos. A continuación, se describen las generalidades del equipo:

A. INTERFACE DEL EQUIPO

Tabla 21: Interface del medidor de energía UNI-T 230B



Fuente: Adaptado del manual de uso Power Meter UNI-T 230B US. [21]

FUNCIÓN COSTO: esta función es usada para mostrar contenidos cíclicos del tiempo total de registro, costo de la energía registrado, ajustes, consumo de energía y emisiones de CO₂.

FUNCIÓN MODELO: esta función es usada para mostrar los valores cíclicos del voltaje, corriente, potencia, factor de potencia y frecuencia.

FUNCIÓN AJUSTE: permite cambiar los ajustes internos de las funciones COSTO, tales como el precio "\$" del kWh y los kg de CO₂ emitidos los cuales pueden ser ajustados con la tecla "+" para ajustar el valor de un parámetro.

FUNCIÓN +: esta función permite ajustar los dígitos de un parámetro cíclico (valor numérico) de 0-9, también permite reiniciar (reset) el registro del consumo de energía, el costo de la energía y las cargas por emisiones de CO₂. Además, otra de las funciones de la tecla "+" es que permite entrar en modo de espera, en caso de que el equipo se encuentre en standby o no se desee registrar la medición del consumo energético del dispositivo.

ANEXO 6. Calculo de las incertidumbres

TIPOS DE INCERTIDUMBRES

- a. **INCERTIDUMBRE ALEATORIA:** Este tipo de incertidumbre se debe principalmente a dos factores: efectos ambientales que no pueden predecirse como fluctuaciones en la temperatura y variaciones en las características de los equipos. La forma de disminuir el error aleatorio es repetir la medida cierta cantidad de veces, proporcionando un valor confiable.

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

Donde:

- Y= Promedio de las medidas
- N= Número de veces que se realiza la medida
- Y_i= Valor de cada medida realizada

Posteriormente, se calcula la desviación típica de las medidas:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} * \sum_{i=1}^N (Y_i - Y)^2}$$

Donde:

- s =Desviación típica de las medidas
- N= Número de veces que se realiza la medida
- Y= Promedio de las medidas
- Y_i= Valor de cada medida realizada

Finalmente se calcula el valor de la incertidumbre aleatoria:

$$\Delta Y_a = t_{N-1} * \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde:

$-Y_a$ = Incertidumbre aleatoria

$-s$ = Desviación típica de las medidas

$-t_N$ = Valor de t según el grado de confiabilidad selecciona para la distribución t de student, ver **ANEXO 10**.

b. INCERTIDUMBRE SISTEMÁTICA: Este tipo de incertidumbre depende principalmente del porcentaje de exactitud de los equipos de medición. El cálculo se hace con la siguiente expresión:

$$\Delta Y_s = \frac{I_c}{k_p}$$

Donde:

$-Y_s$ = Incertidumbre sistemática

$-I_c$ = Incertidumbre de calibración (error **escala de medida** del equipo de medición)

$-k_p$ = Factor de cobertura (reportado en el certificado de calibración del equipo, usualmente se encuentra entre los valores $k_p = 2 \rightarrow 95\%$ de confianza y $3 \rightarrow 99.73\%$ de confianza). Ver **ANEXO 11**.

c. INCERTIDUMBRE TOTAL: Para el cálculo de la incertidumbre neta se hace por medio de la siguiente expresión:

$$I = \sqrt{Y_a^2 + Y_s^2}$$

Donde:

I = Incertidumbre total de la medición

$-Y_a$ = Incertidumbre aleatoria

$-Y_s$ = Incertidumbre sistemática

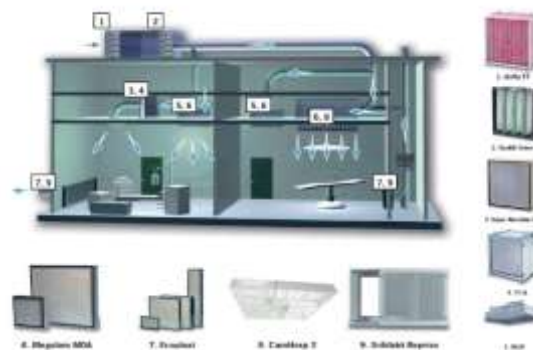
ANEXO 7. Mejoras del Sistema de Aires Acondicionados

SUGERENCIAS DE PROTECCIÓN:

- **Protección en el sistema de alta presión:** Se requiere instalar sensores de presión en la descarga de aire.
- **Control de alta temperatura:** Algunos equipos que funcionan a altas presiones requieren enfriamiento por aceite.
- **Protección en el sistema de baja presión:** Se requiere instalar sensores de presión mínima de succión y de presión mínima en el lubricante con el fin de controlar automáticamente el sistema.
- **Revisión de la instalación eléctrica:** Verificar el estado de las puestas a tierras de todas las manejadora y condensadora para determinar si hay que cambiarlas.
- **Pulsaciones de presión o vibraciones en la succión y la descarga:** Se requiere implementar el diseño de un sistema con capacidad de absorber los efectos de las pulsaciones de presión, ya que estas pueden ser causadas por desajuste de alguno de los compresores o las obstrucciones en las líneas de flujos de aire, además de las variaciones eléctricas en el sistema y los golpes o ruidos en los ductos.

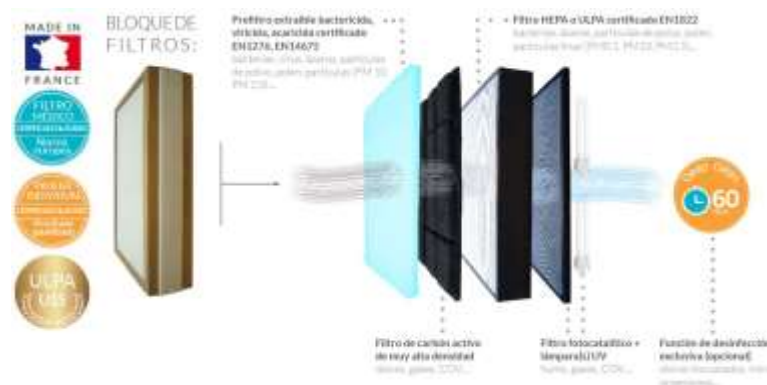
SUGERENCIAS EN VENTILACIÓN:

- Establecer una ventilación localizada en las áreas de mayor demanda y de mayor presencia de polución como (cirugía, imagenología, UCI y urgencias), la cual consiste en captar y extraer el aire contaminado en el mismo lugar de su producción, evitando que se extienda por el recinto, las variables a tener en cuenta son la cantidad de polución que se genera, la velocidad de captación, y el ducto donde se llevará el aire contaminado hasta el elemento limpiador o su descarga.



Fuente: ETELTA GROUP ENGINEERING SOLUTIONS [28]

- **Condensado:** La presencia de condensado afecta la eficiencia de los equipos y la capacidad del refrigerante, por eso se recomienda realizar los siguientes aspectos:
 - Instalar filtros especializados en la purificación del aire
 - Realizar depuraciones en el sistema de refrigeración con bombas de vacío.
 - Cambiar el refrigerante R22 por R410 ecológico en el sistema de refrigeración para mejorar el desempeño de los equipos.



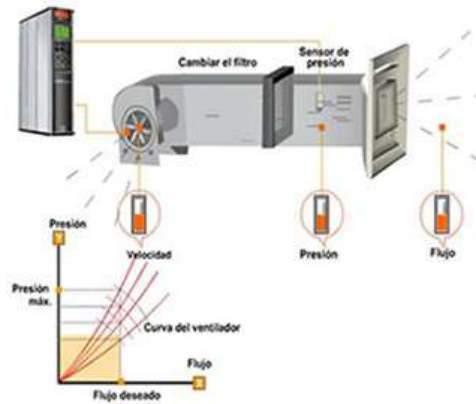
Fuente: Natéo Santé Purificateurs d'air. [29]

- **Carga del refrigerante:** Revisar frecuentemente la carga del refrigerante de los equipos con mayor demanda, ya que, si se encuentra un exceso o falta de este, afectaría algunos parámetros en la temperatura de confort y habría presencia de líquido en el compresor. Además, detectar si hay fugas del refrigerante en los serpentines.



Fuente: Manner Biz Reparación de aires. [30]

- **Controles y seguridad:** Periódicamente revisar y calibrar los instrumentos que se encuentran monitoreando las variables del sistema (manómetros de presión “presostatos”, termostatos para el control de temperatura, variadores de velocidad y medidores de flujo).



Fuente: ENCON plataforma de integración [31]

- **Automatización en el funcionamiento del sistema de ventilación:** Se requiere instalar sistemas inteligentes de ventilación, en los puntos donde más se capta la carga de calor. Los controles podrían ser de los siguientes tipos:
 - o **Control óptico:** Tipo ON/OFF o tipo mínimo/máximo
 - o **Control CO₂:** Tipo proporcional
 - o **Control Humedad relativa:** Tipo proporcional
 - o **Control Humedad relativa + CO₂ + °T:** Tipo proporcional
 - o **Control óptico + presión:** Tipo mínimo/máximo.

Sistemas de control y automatización en sistemas de ventilación por control Óptico



Fuente: Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau. [32]

Sistemas de control y automatización en sistemas de ventilación por control Óptico



Funcionamiento del sistema

Mediante un Timer o de forma manual se pondrá en funcionamiento la instalación a su régimen mínimo para proporcionar la ventilación de mantenimiento. La presencia de una o más personas en una sala será identificada por el Detector de Presencia que a través del Elemento de Regulación hará funcionar al Ventilador a la velocidad máxima. Cuando la sala quede vacía el sistema volverá a la situación de mantenimiento.

Ventajas del sistema

Solamente utilizaremos la potencia máxima cuando la sala esté ocupada

Fuente: Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau [32]

Sistemas de control y automatización en sistemas de ventilación control por emisiones de CO²



Funcionamiento del sistema

Mediante un Timer o de forma manual se pone en marcha el sistema que funcionará a régimen mínimo de ventilación en la sala a ventilar. El Sensor de CO₂ detectará el incremento de contaminación en función de la ocupación de la sala y enviará este dato al Elemento de Regulación que, a su vez, ordenará incrementar o reducir la velocidad del Ventilador de forma proporcional para adecuar el caudal a las necesidades de cada momento.

Ventajas del sistema

A partir de una renovación ambiental mínima, solamente incrementaremos la ventilación en función del nivel de ocupación (determinada por el nivel de CO₂). Esto generará un importante ahorro energético sobre un sistema de ventilación total.

Fuente: Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau [32]

Sistemas de control y automatización en sistemas de ventilación control por Humedad Relativa



Funcionamiento del sistema

Mediante un Timer o de forma manual se pone en marcha el sistema que funcionará a régimen mínimo de ventilación en la sala a ventilar. El Sensor de H.R. detectará el incremento de humedad en función del uso de las instalaciones y enviará este dato al Elemento de Regulación que, a su vez, ordenará incrementar o reducir la velocidad del Ventilador de forma proporcional, para adecuar el caudal a las necesidades de cada momento.

Ventajas del sistema

A partir de una renovación ambiental mínima, solamente incrementaremos la ventilación en función de la HR del ambiente. Esto generará un importante ahorro energético sobre un sistema de ventilación total.

FUENTE: Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau [32]

Sistemas de control y automatización en sistemas de ventilación control multipropósito por RH+CO₂+°T



Funcionamiento del sistema

Mediante cualquiera de los parámetros ambientales a controlar, CO₂, Temperatura o Humedad relativa, ya sea de forma conjunta o individual, se envía una señal al Control Ecowatt AC/4A, que puede gobernar la velocidad de los ventiladores tanto de corriente continua, como los TD Ecowatt, o alterna ya sea en alimentación monofásica (hasta 4 A) como trifásica, a través del variador de frecuencia, y en función del valor de contaminante más elevado acumulado en la sala.

Ventajas del sistema

Con un solo sensor se controlan 3 parámetros ambientales y se obtiene el máximo nivel de confort con el mínimo consumo.

Fuente: Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau [32]

Sistemas de control y automatización en sistemas de ventilación control multipropósito por sensor óptico y control de presión en el sistema



Funcionamiento del sistema

El sistema se dimensiona en función de la demanda máxima posible que se puede requerir en caso de que todos los despachos estén ocupados. Se determina la presión que se genera en el sistema con éste funcionando a régimen de ventilación máxima. Cada uno de los despachos mantendría un mínimo de ventilación para garantizar las condiciones ambientales. El sistema se pondría en funcionamiento mediante un Timer o de forma manual. Cuando el Detector de Presencia identificase la entrada de una persona en un despacho, éste emitiría una orden a la Boca de Aspiración Bicaudal que se abriría totalmente. Ésto generaría un desequilibrio en la presión consignada para el sistema, que sería detectado por el Sensor de Presión, que transmitiría una orden al Elemento de Regulación que a su vez actuaría sobre el Ventilador, adecuando la velocidad para restaurar la presión en el sistema. Cada entrada o salida de las diversas estancias sería identificada por los Detectores de Presencia que interactuarían en el sistema.

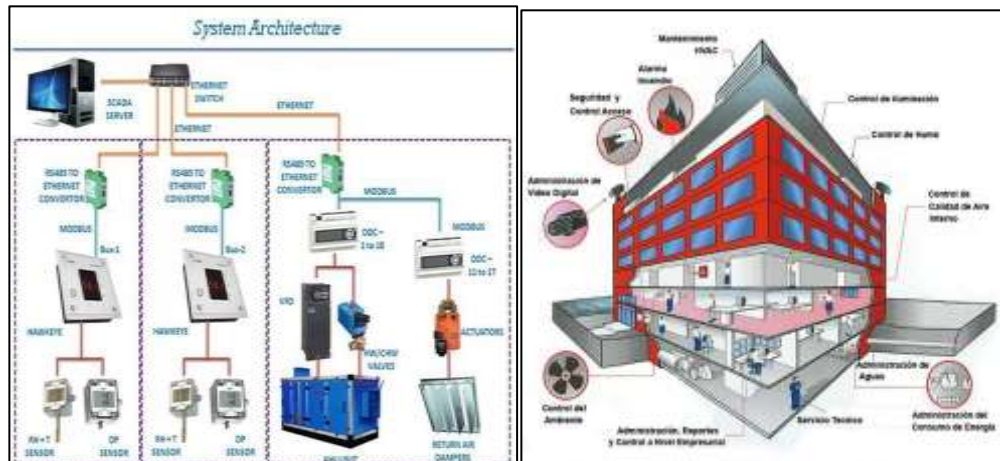
Ventajas del sistema

Discriminaremos la ventilación en cada despacho y solamente utilizaremos la potencia máxima en cada uno en el caso de que esté ocupado. Ésto generará un importante ahorro energético sobre un sistema de ventilación sin control de demanda.

Fuente: Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau [32]

- **Instalación de un sistema BMS:** El sistema BMS (Building Management System), es una red integrada de datos (hardware y software), que permite automatización, monitorización y control del sistema HVAC, iluminación y otros equipos de un edificio.

Sistemas de climatización HVAC, control y automatización BMS



Fuente: Honeywell Building Solutions [33]

ANEXO 8. Evaluación del sistema de aires acondicionados por cargas térmicas

GANANCIAS DE CALOR POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA EXTERIOR DE LA CLÍNICA

Esta carga térmica se debe a la conducción de calor a través de paredes que están al exterior del recinto expuestos al “ambiente”. La expresión del cálculo es la siguiente:

$$Q_e = U * A * DTCE$$

Donde:

Q_e = Ganancia de calor del recinto por conducción a través de las paredes externas [W]

U = Coeficiente global de transferencia de calor para paredes externas [W/(m²*°C)].

[34] **ANEXO 9**

A = Área de las paredes externas [m²]

$DTCE$ = Diferencia de temperatura para la carga de enfriamiento [°C] ver valores [34] **ANEXO 9**

El valor de la diferencia de temperatura para carga de enfriamiento debe ser corregido dependiendo de las características arquitectónicas del recinto, por medio de la siguiente ecuación:

$$DTCE_c = \frac{((DTEC + LM) * K + (78 - TR) + (T_o - 85)) * f}{1.8}$$

Donde:

$DTCE_c$ = Valor corregido del DTCE [°C]

LM = Corrección para latitud al mes. [34] **ANEXO 9**

K = Corrección debido al color de la superficie. [34] **ANEXO 9**

TR = Temperatura del recinto [°C]

T_o = Temperatura de diseño exterior promedio [°C]

f = Factor de corrección para ventilación del cielo raso es igual a 1.0.

GANANCIAS DE CALOR POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA INTERIOR DE LA CLÍNICA

Esta carga térmica se debe a la conducción de calor a través de paredes internas y techos que separan el recinto climatizado con sectores sin acondicionamiento. La expresión del cálculo es la siguiente:

$$Q_c = U * A * \Delta T$$

Donde:

Q_c = Ganancia de calor del recinto por conducción a través del techo y paredes internas [W].

U = Coeficiente global de transferencia de calor para techo y paredes de divisiones entre el recinto climatizado y los sectores sin acondicionamiento [W/(m²*°C)]. [34]

ANEXO 9

A = Área del techo y paredes de divisiones entre el recinto climatizado y los sectores sin acondicionamiento [m²]

ΔT = Diferencia de temperatura entre los espacios sin climatización los acondicionados[°C]

GANANCIAS DE CALOR POR RADIACIÓN A TRAVÉS DE LAS VENTANAS O VIDRIOS

Esta carga térmica se debe a la radiación solar a través de ventanas o vidrios que separan el recinto climatizado con el ambiente, siendo proporcional la carga térmica con la hora del día, la orientación de las ventanas y los factores de la formación de sombras. La expresión del cálculo es la siguiente:

$$Q_r = I * A * CS$$

Donde:

Q_r = Ganancia de calor del recinto por radiación solar a través de ventanas o vidrios [W]

I = Magnitud de ganancia máxima de calor solar (irradiancia solar), para Bucaramanga es de 384[W/m²].

A = Área de la ventana o del vidrio [m²]

CS = Coeficiente de sombreado. [34] **ANEXO 9**

GANANCIAS DE CALOR A TRAVÉS DEL USO DE EQUIPOS, ILUMINACIÓN Y POR LA OCUPACIÓN DE PERSONAS

Esta carga térmica se debe a la disipación de calor a través del uso de los equipos y luminarias que se encuentran en el recinto climatizado, además hay que tener en cuenta la ocupación de personas ya que esta también representa una carga térmica. La expresión del cálculo es la siguiente:

$$Q_{INTERNO} = (W * Ne) + (W_A * N_l * F_b * FCE_i) + (Q_S * N_p * FCE_p) + (Q_L * N_p)$$

Donde:

$Q_{INTERNO}$ = Ganancia de calor del recinto por uso de los equipos, luminarias y ocupación de personas[W]

W = Capacidad nominal del equipo[W].

Ne = Número de equipos

W_A = Capacidad nominal de la luminaria [W]

N_l = Numero de la cantidad de luminarias

F_b = Factor de balastro led y halógenos=1 y fluorescentes=1.25 [34]

FCE_i = Factor de carga de enfriamiento para la iluminación. Este factor depende del tiempo de uso y de la tecnología de enfriamiento de la luminaria, la mayor parte de luminarias es led=1.0 [34]

Q_S = Ganancia de calor del recinto por calor sensible (temperatura corporal) que disipan las personas[W] [34] **ANEXO 9**

N_p = Número de personas

FCE_p = Factor de carga de enfriamiento para las personas. Cuando el sistema de climatización se apaga cuando no hay personas, el factor es igual a 1.0. [34]

Q_L = Ganancia de calor del recinto por calor latente (estado de sudoración corporal) que disipan las personas[W], este factor depende de las actividades que se realicen dentro de los recintos. [34] **ANEXO 9**

GANANCIAS DE CALOR POR INFILTRACIONES DE AIRE EN LAS APERTURAS DE PUERTAS Y VENTANAS

Las infiltraciones de aire del exterior o de otros recintos cercanos al área climatizada, generan cargas térmicas latentes y sensibles, las cuales representan un factor clave en la magnitud de las ganancias de calor. La expresión del cálculo es la siguiente:

$$Q_{infiltraciones} = Q_i * A_i * \rho * c_p * \Delta T$$

Donde:

$Q_{infiltraciones}$ = Ganancia de calor del recinto por infiltraciones de aire [W]

Q_i = velocidad promedio de 0.5 [m/s] para el interior de la clínica.

A_i = Área de infiltraciones [m²]

ρ = Densidad del aire a la temperatura interna promedio de la clínica °T=21°C bulbo seco es de 1.225 [kg/m³]

c_p = Calor específico del aire a °T= 21°C bulbo seco es de 1012 [J/(kg*K)]

ΔT = Diferencia de temperatura entre la temperatura ambiente y la temperatura del recinto. [K]

ANEXO 9. Tipos de construcción de paredes

Tabla 22: Tipos de construcción de paredes para calcular el valor de U

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h·ft ² ·°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² ·°F)
	Ladrillo de vista de 4 in+(ladrillo)			
C	Espacio de aire+ ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
D	Ladrillo común de 4 in	90	0.415	18.4
C	Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
B	Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
B	Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
A	Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
	Ladrillo de vista de 4 in + (concreto pesado)			
C	Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
B	Aislamiento de 2 in+ concreto de 4 in	97	0.116	19.8
A	Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o mas	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
	Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)			
E	Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
D	Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
D	Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
C	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
B	Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
	Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)			
D	Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
D	Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
C	Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
C	Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
B	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
A	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
	Pared de concreto pesado + (acabado)			
E	Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
D	Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
C	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
C	Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
B	Concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
A	Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
E	Concreto de 12 in	156	0.421	31.2

Fuente: norma ASHRAE [34]

El tipo B de construcción es para las paredes internas, y las de tipo E son para las paredes que tienen contacto con el exterior.

Tabla 23: Tipos de construcción de techos para calcular el valor de U

Techo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h*ft ² *°F
1.	Lamina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072
11.	Sistemas de terrazas de techo	77	0.082
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)

Fuente: norma ASHRAE [34].

Tabla 24: Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento DTCE en paredes

Latitud norte, orientación de pared	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Paredes grupo A																													
N	14	14	14	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6	
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6	
SW	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	25	24	17	25	8	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9	
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	21	1	14	21	7	
Paredes grupo B																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7		
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	21	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	30	30	24	14	30	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12	
Paredes grupo C																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	26	22	10	27	17	
Paredes grupo D																													
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	-16	21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	24	23	22	20	18	19	7	7	25	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25	
Paredes grupo E																													
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33	
Paredes grupo F																													
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38	
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51	
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44	
Paredes grupo G																													
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27		
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55	

Fuente: norma ASHRAE [34].

Los valores de DTCE se escogieron con respecto a la hora y orientación solar máxima que se da a las 12 horas:

Tabla 25: DTCE para el grupo de paredes interiores y exteriores

ORIENTACIÓN	GRUPO DE PAREDES	DTCE
NE	B	15
NW	B	12
SE	B	16
SW	B	14
NE	E	25
NW	E	8
SE	E	31
SW	E	9

Fuente: norma ASHRAE [34]

Tabla 26: Factor LM para la Corrección para latitud al mes

Latitud	Mes	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1

FUENTE: norma ASHRAE [34]

Los valores de LM se escogieron con respecto a la latitud de la clínica Chicamocha S.A. la cual es 7.12:

Tabla 27: Valores de LM clínica Chicamocha S.A.

Latitud	Mes	N	S	E	W
8	Dic	-4	12	-3	-3
	Ene/Nov	-3	10	-2	-2
	Feb/Oct	-3	4	-1	-1
	Mar/Sept	-3	-4	-1	-1
	Abr/Ago	2	-7	-1	-1
	May/Jul	7	-7	-2	-2
	Jun	9	-7	-2	-2

Fuente: norma ASHRAE [34]

Tabla 28: Factor de corrección debido al color de la superficie

Factor de corrección K	Tipo de superficie
K=1.0	Para superficies oscuras o áreas industriales
K=0.5	Para techos de color claro y zonas rurales
K=0.65	Para paredes de color claro o en zonas rurales

Fuente: norma ASHRAE [34]

Tabla 29: Factor de corrección para ventilación

Factor de corrección f	Ventilación
f=0.75	Para ventiladores de entre piso (Drywall o techo falso)
f=1.0	Para ventiladores en superficies convencionales

Fuente: norma ASHRAE [34]

Tabla 30: Calculo del Coeficiente de sombreado CS

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior $h_g = 4.0$	Tipo de sombreado interior				
					Persianas venecianas		Persianas enrollables		
					Medio	Claro	Opacas	Claro	Translúcidas
VIDRIO SENCILLO	Sencillo	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00					
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94					
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Claro	1/2	0.67	0.87					
	Claro	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83					
	Claro con figuras	1/8		0.83					
	Absorbente de calor, con figuras ^c	3/16 a 1/4	0.46	0.69					
	Absorbente de calor ^d	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Absorbente de calor, con figuras	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69					
	Coloreado		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Absorbente de calor, o con figuras	3/8	0.34	0.60					
	Absorbente de calor ^e		0.44-0.30	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.24	0.30	0.25	0.23			
Vidrio recubierto reflector			0.40	0.33	0.29				
			0.50	0.42	0.38				
			0.60	0.50	0.44				

Los tipos de vidrio que se tiene en las instalaciones de la clínica son de los siguientes tipos:

TIPO	VALOR
VIDRIO SENCILLO ¼ in (SIN SOMBREADO)	0,94
VIDRIO SENCILLO ¼ in (PERSINANAS VENECIANAS)	0,64

Fuente: norma ASHRAE [34]

Tabla 31: Tasas de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado

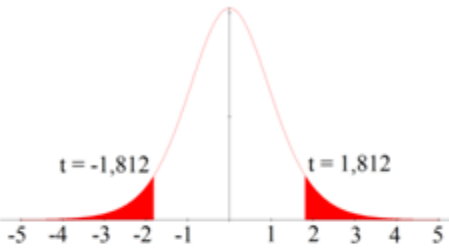
Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino ^a calor total ajustado ^b						Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580 ^c	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo ligero													
trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Bolche		350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

Fuente: norma ASHRAE [34]

ANEXO 10. Distribución

Tabla 32: Distribución t student.

**TABLA N° 4
DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT**



Ejemplos:
Para $n-1 = 10$ grados de libertad
 $P(t > 1,812) = 0,05$
 $P(t < -1,812) = 0,05$

α n-1	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,0000	1,3764	1,9626	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567	636,6192
2	0,8165	1,0607	1,3862	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248	31,5991
3	0,7649	0,9785	1,2498	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409	12,9240
4	0,7407	0,9410	1,1896	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041	8,6103
5	0,7267	0,9195	1,1558	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321	6,8688
6	0,7176	0,9057	1,1342	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	5,9588
7	0,7111	0,8960	1,1192	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995	5,4079
8	0,7064	0,8889	1,1081	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	5,0413
9	0,7027	0,8834	1,0997	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	4,7809
10	0,6998	0,8791	1,0931	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	4,5869
11	0,6974	0,8755	1,0877	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	4,4370

Fuente: Factor de la distribución t de student [35]

ANEXO 11. Factor de cobertura

Tabla 33: Factor de cobertura

Nivel de confianza p (%)	Factor de cobertura k_p
68,27	1
90	1,645
95	1,960
95,45	2
99	2,576
99,73	3

Fuente: Factor de cobertura GUM [36]