



Estudio del Consumo Energético de Equipos Biomédicos en todos los Servicios  
Hospitalarios del Hospital Alma Mater

Carlos Andrés Cartagena Velásquez

Proyecto de grado para optar por el título universitario de:  
Tecnólogo Biomédico

Asesor

Helber Andrés Carvajal Castaño, M.Sc.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Tecnología Biomédica

El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia

2024

---

**Cita**

Carlos Andrés Cartagena Velásquez, 2024 [1]

---

**Referencia**  
**Estilo APA 7 (2020)**

Carlos Cartagena. (2024). Estudio del Consumo Energético de Equipos Biomédicos en todos los Servicios Hospitalarios del Hospital Alma Mater  
Trabajo de grado, Tecnología Biomédica, Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Antioquia, 2023.

---



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano:** Julio Cesar Saldarriaga Molina

**Jefe departamento:** John Freddy Ochoa Gómez

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

### **Dedicatoria**

Dedico estas páginas a todos aquellos cuyo esfuerzo y dedicación han sido fundamentales para avanzar en este proyecto destinado a satisfacer necesidades cruciales en el ámbito hospitalario. Su labor incansable y compromiso son la fuerza motriz que impulsa la búsqueda constante de la eficiencia energética, con la firme convicción de mejorar nuestras prácticas y contribuir a la preservación de nuestro querido planeta.

### **Agradecimientos**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la señora Gloria Elsy Velásquez, mi madre, cuyo apoyo incondicional hizo posible este proyecto y mi carrera en su totalidad. Además, quiero agradecer a mis profesores a lo largo de mi trayectoria académica, quienes desempeñaron un papel fundamental en mi formación y educación, guiándome hasta el punto en el que me encuentro hoy.

También quiero reconocer a la Universidad de Antioquia por brindar oportunidades a jóvenes como yo que aspiramos a obtener un título profesional. Agradezco al Hospital Alma Mater por confiar en mí y proporcionar valioso conocimiento práctico y humano, así como facilitar sus instalaciones para la realización de este proyecto de grado.

Por último, extendido mi agradecimiento a mis compañeros, quienes siempre estuvieron presentes en momentos de duda y brindaron apoyo durante este recorrido académico.

---

**TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. OBJETIVOS .....	9
A. Objetivo general .....	9
B. Objetivos específicos .....	9
III. MARCO TEÓRICO.....	10
IV. METODOLOGÍA .....	11
Fase 1 Identificación de los equipos biomédicos: .....	11
Fase 2 Cálculo del consumo: .....	11
Fase 3 Clasificación de equipos biomédicos según su eficiencia energético: .....	11
Fase 4 Comparación y análisis de resultados.....	12
V. RESULTADOS.....	13
VI. ANÁLISIS .....	19
VII. CONCLUSIONES .....	29
VIII. RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS .....	32

---

**LISTA DE TABLAS**

<i>Tabla 1. Clasificación general de los equipos biomédicos por consumo y cantidad</i>	13
<i>Tabla 2. Consumo por cada grupo del mismo Nombre de equipo.</i>	14
<i>Tabla 3. Consumo energético de cada uno de los grupos de servicio</i>	15
<i>Tabla 4 Equipos de Consumo bajo por cada grupo de servicio</i>	16
<i>Tabla 5 Equipos con consumo moderado por grupo de servicio</i>	17
<i>Tabla 6. Equipos con alto consumo por grupo de servicio</i>	18

**LISTA DE FIGURAS**

<i>Figura 1 Diagrama de la metodología</i>	12
<i>Figura 2 Consumo Energético de los Equipos Biomédicos por Grupo de Servicio</i>	19
<i>Figura 3 Consumo Energético Por Tipo de Equipo Biomédico</i>	20
<i>Figura 4 Unidades Existentes en Cada Clasificación Según su Consumo Energético</i>	21
<i>Figura 5 Consumo Energético Según La Clasificación De Los Equipos</i>	22
<i>Figura 6 Unidades Existentes En La Categoría De Alto Consumo Energético Por G. de Servicio</i>	23
<i>Figura 7 Consumo Energético Categoría de Alto Consumo Por Grupo de Servicio</i>	23
<i>Figura 8 Unidades Existentes Categoría De Consumo Energético Moderado Por G. de Servicio</i>	25
<i>Figura 9 Consumo Energético Categoría de Consumo Moderado Por Grupo de Servicio</i>	25
<i>Figura 10 Unidades Existentes Categoría De Consumo Energético Bajo Por G. de Servicio</i>	27
<i>Figura 11 Consumo Energético Categoría de Consumo Bajo Por Grupo de Servicio</i>	27

## RESUMEN

El presente proyecto pretende ser el punto de partida para la gestión eficiente de la energía en el Hospital Alma Mater, ofreciendo información sólida que servirá como referencia para investigaciones futuras. Su enfoque central radica en la cuantificación precisa del consumo energético de la totalidad de los equipos biomédicos instalados en el hospital. La metodología adoptada para alcanzar este objetivo implica el uso de un inventario meticulosamente actualizado hasta la fecha del 26 de septiembre de 2023, suministrado por el servicio de ingeniería biomédica.

Este inventario, que incluye la cuantificación detallada del consumo energético de cada equipo biomédico, será realizado en una plantilla de Excel donde se podrá ver de manera precisa y exacta toda la información recopilada a lo largo del proyecto. Dicha plantilla, una vez completada, se entregará al servicio ambiental del Hospital Alma Mater, proporcionando una herramienta valiosa para la toma de decisiones informadas en la gestión de la energía.

La recopilación de datos para el proyecto se basa en una exhaustiva revisión de documentos, tales como hojas de vida, fichas técnicas, manuales de usuario y de servicio, asegurando la precisión y fiabilidad de la información recopilada. Este enfoque integral garantiza que el proyecto no solo sea una iniciativa puntual, sino un catalizador duradero para la optimización continua de la eficiencia energética en el entorno hospitalario.

***Palabras clave:* Consumo, Potencia, Voltaje, Amperaje, Equipo Biomédico, Hospital, Eficiencia Energética, Documentación.**

## ABSTRACT

This project aims to be the essential starting point for efficient energy management at Alma Mater Hospital, providing a robust platform that will serve as an invaluable reference for future research. Its central focus lies in the precise quantification of the energy consumption of all biomedical equipment installed in the hospital. The methodology adopted to achieve this goal involves the use of a meticulously updated inventory until the date of September 26, 2023, supplied by the biomedical engineering service.

This inventory, which includes detailed quantification of the energy consumption of each biomedical equipment, will be conducted in an Excel template where all the information collected throughout the project can be viewed accurately and precisely. Once completed, this template will be handed over to Alma Mater Hospital's environmental service, providing a valuable tool for informed decision-making in energy management.

The data collection for the project is based on a thorough review of documents such as resumes, technical specifications, user manuals, and service manuals, ensuring the accuracy and reliability of the collected information. This comprehensive approach ensures that the project is not only a one-time initiative but a lasting catalyst for the continuous optimization of energy efficiency in the hospital environment.

***Keywords:* Consumption, Power, Voltage, Amperage, Biomedical Equipment, Hospital, Energy Efficiency, Documentation**

## I. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en el campo de la medicina han llevado a un incremento de equipos biomédicos en hospitales y centros de atención médica en todo el mundo. Estos equipos desempeñan un papel fundamental en el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de pacientes, contribuyendo significativamente a la calidad de la atención médica. Sin embargo, este aumento en la adopción de tecnología biomédica ha dado lugar a un consumo de energía cada vez mayor en el sector de la salud.

La gestión eficiente de la energía en entornos hospitalarios es esencial no solo para garantizar la continuidad de los servicios de atención médica, sino para minimizar el impacto ambiental y reducir los costos operativos. El presente proyecto tiene como objetivo brindar una base sólida al servicio de ambiental, donde se evidencie el consumo energético de todos los equipos biomédicos utilizados en diferentes servicios hospitalarios en el Hospital Alma Mater. Esta evaluación se realizará con el propósito de ser la parte inicial de un proyecto para el análisis real del consumo energético de cada servicio del Hospital Alma Mater y ver como estos equipos contribuyen al consumo total de energía en el hospital, por lo tanto, poder identificar oportunidades para la optimización de la eficiencia energética.

A través de un enfoque meticuloso, se recopilaron datos detallados sobre el consumo energético de cada uno de los equipos biomédicos ubicados en el Hospital Alma Mater, lo que permitió una visión integral de la distribución de la demanda energética. Además, se permitió hacer una clasificación por consumo energético de cada equipo biomédico en tres categorías, consumo energético alto, moderado y bajo. Toda la información recopilada se compartió por medio de una hoja de Excel al servicio ambiental, encargados de analizar la eficiencia energética en el Hospital Alma Mater. Esta información será utilizada como insumo fundamental para un estudio y análisis detallado en futuras iniciativas de gestión de la energía en el entorno hospitalario.

Este proyecto contribuye a la comprensión de como la tecnología médica afecta el uso de energía en el sector salud y es la etapa primaria de un proyecto ambiental que fomentará la toma de decisiones informadas para lograr una atención médica más sostenible y eficiente desde el punto de vista energético.



## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Cuantificar el consumo energético de toda la base instalada de la tecnología biomédica en todos los servicios asistenciales del Hospital Alma Mater.

### *B. Objetivos específicos*

- Identificar los diferentes tipos de equipos biomédicos en cada uno de los servicios prestados en el Hospital Alma Mater.
- Calcular de la forma más precisa posible el consumo energético de cada categoría de los equipos biomédicos identificados en los servicios, considerando su demanda energética.
- Clasificar cada uno de los equipos biomédicos de acuerdo con su nivel de eficiencia energética, dividiéndolos en grupos de alto, moderado y bajo consumo energético
- Analizar los datos recopilados para comparar el consumo de energía entre las categorías de equipos biomédicos y los servicios prestados por el Hospital Alma Mater, que ayuden a identificar patrones y tendencias, para encontrar recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

### III. MARCO TEÓRICO

En el entorno hospitalario, la eficiencia energética en equipos biomédicos se revela como un eje crucial para la atención médica moderna. Más allá de realizar funciones médicas, estos dispositivos se enfrentan al desafío de hacerlo con el menor consumo de energía posible. Esta eficiencia no solo impacta los balances económicos de las instituciones, sino que se convierte en un aliado estratégico en la senda hacia la sostenibilidad, reduciendo la huella ambiental de las operaciones hospitalarias [1].

A medida que estos equipos se vuelven más sofisticados, las normativas y estándares surgen como salvaguardias, delineando criterios de seguridad y rendimiento. En el contexto colombiano, la norma NTC 60601-1-2 establece directrices específicas para equipos electro médicos, mientras que la NTC ISO 50001 aporta pautas para la gestión de la energía en organizaciones, incluyendo hospitales. Estas normativas no solo aseguran el cumplimiento, sino que también contribuyen a categorizar equipos biomédicos según su eficiencia energética [2].

El cálculo del consumo energético en estos equipos va más allá de números; implica un análisis detenido de cómo estos dispositivos utilizan la energía durante su funcionamiento. En la realidad hospitalaria colombiana, las metodologías propuestas por las investigaciones de Eficiencia Energética Hospitalaria (EEH) ofrecen, no solo una medición precisa, sino también una comprensión más profunda de los patrones de consumo. Estas metodologías no solo cuantifican, sino que también contextualizan el consumo energético en la complejidad de la atención médica [3].

La comparación y análisis del consumo entre diferentes servicios hospitalarios se presenta como una herramienta estratégica. Este enfoque no solo identifica áreas con un alto consumo, sino que también arroja luz sobre oportunidades de mejora. Es a través de estos análisis comparativos que se puede trazar una hoja de ruta hacia una optimización más integral de la eficiencia energética en el entorno hospitalario, permitiendo la toma de decisiones informadas y estratégicas [4].

En síntesis, la eficiencia energética en equipos biomédicos se manifiesta como un concepto dinámico que va más allá de las definiciones estáticas. Desde normativas hasta análisis comparativos, cada elemento se entrelaza en la búsqueda constante de mejorar tanto la atención médica como la sostenibilidad del sistema hospitalario.

## IV. METODOLOGÍA

En la elaboración de este proyecto, se decidió dividirlo en cuatro fases separadas. Estas etapas se implementaron de manera secuencial en cada servicio. A continuación, se proporciona detalle de cada una:

### **Fase 1      Identificación de los equipos biomédicos:**

Se llevó a cabo una minuciosa recopilación de información sobre todos los equipos biomédicos ubicados en los servicios hospitalarios del Hospital Alma Mater. Este proceso implicó identificar detalladamente los modelos, marcas y categorías de los equipos en cada servicio. El objetivo principal de esta recolección de datos fue comprender completamente la infraestructura y las características técnicas de los equipos médicos objeto de estudio, en particular relacionadas con el consumo eléctrico en el entorno hospitalario. Para lograrlo, se utilizó la documentación disponible, que incluyen fichas técnicas, hojas de vida, manuales de usuario y manuales de servicio. Estos documentos proporcionaron la información necesaria para la realización de este proyecto. El cual es una etapa inicial de un proyecto más ambicioso y preciso que busca la eficiencia energética, donde para tener una mayor precisión del consumo energético se instalarán medidores que son equipos especializados en la recopilación de datos exactos sobre el consumo energético, este proceso será elaborado por un servicio externo al hospital.

### **Fase 2      Cálculo del consumo:**

Se utilizó la información recopilada para calcular el consumo energético en watts y voltio-amperios de cada categoría de equipos biomédicos. Para ello, se recopilaron los registros de consumo de todos los equipos biomédicos dentro de cada servicio hospitalario. Luego, se sumaron los consumos individuales de acuerdo con el interés. Esto nos proporcionó el consumo en cada servicio y el consumo general.

### **Fase 3      Clasificación de equipos biomédicos según su eficiencia energética:**

Se procedió a clasificar los equipos biomédicos en tres categorías las cuales dependen del consumo energético o mejor llamada eficiencia energética en función de su potencia nominal. Para calcular el valor de “X” que actúa como umbral en la clasificación, está dado por la información recopilada en la documentación proporcionada por los fabricantes de los equipos.

La potencia nominal se refiere a la cantidad de energía que un equipo biomédico consume

o genera en condiciones normales de uso. Para tener en cuenta se aclara que se toma un factor de potencia de 1 que significa la eficiencia en las redes eléctricas es óptima y no hay un desperdicio de energía en estas redes eléctricas. Lo que significa que los Watts(W) que corresponden a la potencia real del consumo de los equipos son iguales que los Voltios Amperios (VA) que corresponde a la potencia aparente que consumen los equipos. Se utilizó dicha información para dividir los equipos en las siguientes categorías:

- Equipos de alto consumo: todos aquellos equipos con una potencia nominal superior a los 4000 Watts o Voltios Amperios.
- Equipos de consumo moderado: todos los equipos que tienen una potencia nominal entre 800 Watts o Voltios Amperios y 3999 Watts o Voltios Amperios.
- Equipos de bajo consumo: los equipos biomédicos con una potencia nominal inferior a 800 Watts o Voltios Amperios.

#### Fase 4 Comparación y análisis de resultados

Se logro identificar patrones y tendencias en los datos, resaltando los servicios que presenten un consumo energético significativamente diferente de otros. Considerar factores potenciales que puedan influir en el consumo de energía entre los servicios, como la carga de trabajo, donde se encuentran ciertos equipos según su clasificación de alto, moderado y bajo consumo energético y cuáles son los servicios que tienen mayor de manda eléctrica.

La figura 1 muestra el diagrama de flujo implementado en la metodología del proyecto



Figura 1 Diagrama de la metodología

## V. RESULTADOS

En el desarrollo de este trabajo de grado, centrado en la medición del consumo energético de equipos biomédicos en el Hospital Alma Mater, se lograron los siguientes resultados: La categorización de los equipos biomédicos se realizó con base en su consumo energético, distinguiéndolos en tres niveles: alto, moderado y bajo, según su potencia, las unidades utilizadas son Watts (W) y Voltio Amperio (VA), donde se tomó un factor de potencia ideal (1.0) en las redes del hospital, lo que hace que los Watts sean iguales a los Voltio Amperios.

Adicionalmente, se establecieron dos grupos suplementarios: uno conformado por dispositivos de naturaleza mecánica y otro compuesto por equipos para los cuales no se disponía de información. Los equipos identificados como "No Aplica" (N/A) en el contexto del estudio son el conjunto que abarcó dispositivos como fonendoscopios, tensiómetros manuales, flujómetros, reguladores de oxígeno, entre otros. También se definió una categoría adicional denominada "No hay Información" (N/I) para aquellos equipos sobre los cuales no se pudo recopilar datos relativos a su consumo energético. Estos resultados se exhiben detalladamente en la Tabla 1, presentando la cantidad de equipos según su clasificación y proporcionando los respectivos porcentajes tanto de consumo como de la cantidad total disponible en el hospital.

Clasificación por consumo	% Cant. Equipos	% Suma potencia	Cant. Equipos	Suma de Potencia
Alto consumo	0,30%	36,86%	20	439060 W
Bajo consumo	62,75%	33,48%	4130	398790,9 W
Consumo moderado	3,45%	29,67%	227	353428 W
N/A	33,32%	0,00%	2193	0 W
N/I	0,18%	0,00%	12	0 W
<b>Total general</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>6582</b>	<b>1191278,9 W</b>

*Tabla 1 Clasificación general de los equipos biomédicos por consumo y cantidad*

**Nota.** La unidad Watts(W) utilizada para determinar la potencia en cada una de las tablas es equivalente a la unidad de Voltios Amperímetros (VA). ya que se toma un factor de potencia de 1 para este proyecto

Se procedió al cálculo del consumo, evaluando las categorías de equipos y áreas de acuerdo con su consumo energético, expresado en unidades de Watts (W) y Voltios Amperios (VA).

La Tabla 2 presenta de manera gráfica el conjunto de los 15 equipos con mayor consumo energético en el Hospital Alma, junto con la suma total de su consumo. La selección se limitó a los primeros 15, dado que la cantidad total de equipos en las instalaciones supera los 350. Para acceder a la información exhaustiva de cada equipo y el consumo total de la totalidad de la infraestructura hospitalaria, se proporcionarán anexos detallados junto con el presente documento.

<b>Nombre del equipo</b>	<b>% Potencia</b>	<b>Suma de Potencia</b>
FOTOESTIMULADOR	1,91%	16500 W
MAQUINA DE HEMODIALISIS	2,34%	20160 W
MAQUINA DE ANESTESIA	3,20%	27630 W
MAQUINA DE DIALISIS	3,47%	29920 W
ESTERILIZADOR DE VAPOR	3,90%	33660 W
ASPIRADOR PORTATIL	4,58%	39541 W
TERMODESINFECTADORA	5,10%	44000 W
RAYOS-X FIJO	5,11%	44100 W
VENTILADOR	5,76%	49760 W
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE PACIENTE	6,72%	58000 W
MONITOR DE DIALISIS	6,93%	59840 W
BOMBA DE INFUSION	7,12%	61454 W
MONITOR DE SIGNOS VITALES	11,69%	100951 W
RESONADOR MAGNETICO	15,06%	130000 W
TOMOGRFO	17,12%	147800 W
<b>Total general</b>	<b>100,00%</b>	<b>863316 W</b>

*Tabla 2 Consumo por cada grupo del mismo Nombre de equipo*

La Tabla 3 exhibe las diversas áreas del hospital y su respectivo consumo en la base instalada, segmentado en cada uno de los 20 grupos de servicios. Cabe destacar que algunos grupos de servicios se componen de subservicios, como en el caso de las Unidades de Cuidados Intensivos (UCIs), las cuales abarcan la UCI Cardio, UCIMédica, UCI Neuro y UCI Infecto. De acuerdo con la información recopilada, se presenta un consumo energético total del hospital. Este análisis no solo proporciona una visión integral del consumo en cada área, sino que también se convierte en una valiosa herramienta para proyectos futuros orientados a mejorar la eficiencia energética del hospital.

Grupo de servicios	Suma de Potencia	Suma de Potencia 2
EXTERNOS	0 W	0,00%
INVENTARIOS	15,075 W	0,00%
SEGURIDAD SALUD TRABAJO	26,35 W	0,00%
TERAPIA	5020,715 W	0,42%
UCE	16452,22 W	1,38%
BIOBANCO	18166,65 W	1,52%
HOSPITALIZACION	29173,5 W	2,45%
LIME	34674,89 W	2,91%
UCI	54065,12 W	4,54%
LABORATORIO CLINICO	64639,16 W	5,43%
CENTRAL ESTERILIZACION	80202,6 W	6,73%
INGENIERIA BIOMEDICA	83315,11 W	6,99%
UNIDAD RENAL	109088,91 W	9,16%
URGENCIAS	111023,57 W	9,32%
CIRUGIA	161770,71 W	13,58%
AYUDAS DIAGNOSTICAS	169129,39 W	14,20%
CONSULTA EXTERNA	254514,93 W	21,36%
<b>Total general</b>	<b>1191278,9 W</b>	<b>100,00%</b>

*Tabla 3 Consumo energético de cada uno de los grupos de servicio*

La comparación entre servicios se llevó a cabo identificando patrones en los servicios y equipos biomédicos con respecto al consumo energético. Para facilitar la comparación entre los diversos servicios, se eligió clasificar los equipos según su consumo en alto, moderado y bajo, presentando la cantidad y el porcentaje de equipos en cada servicio. Esta metodología permite una comparación eficiente de los servicios. En la Tabla 4, se presenta la cantidad de equipos de bajo consumo en cada servicio, así como la cantidad total en todo el hospital, permitiendo una evaluación comparativa de los servicios según la clasificación de bajo consumo.

Grupo Servicio	Suma de Potencia	% Suma potencia	Cant. Equipos	% Cantidad equipos
AYUDAS DIAGNOSTICAS	18251,39 W	4,58%	113	2,74%
BIOBANCO	6906,65 W	1,73%	44	1,07%
CENTRAL ESTERILIZACION	242,6 W	0,06%	10	0,24%
CIRUGIA	66010,71 W	16,55%	553	13,39%
CONSULTA EXTERNA	97064,93 W	24,34%	1091	26,42%
HOSPITALIZACION	28297,5 W	7,10%	498	12,06%
INGENIERIA BIOMEDICA	70665,11 W	17,72%	479	11,60%
INVENTARIOS	15,075 W	0,00%	11	0,27%
LABORATORIO CLINICO	11409,16 W	2,86%	104	2,52%
LIME	10310,89 W	2,59%	63	1,53%
SEGURIDAD SALUD TRABAJO	26,35 W	0,01%	2	0,05%
TERAPIA	1380,715 W	0,35%	19	0,46%
UCE	16452,22 W	4,13%	210	5,08%
UCI	46185,12 W	11,58%	600	14,53%
UNIDAD RENAL	848,91 W	0,21%	17	0,41%
URGENCIAS	24723,57 W	6,20%	316	7,65%
<b>Total general</b>	<b>398790,9 W</b>	<b>100,00%</b>	<b>4130</b>	<b>100,00%</b>

*Tabla 4 Equipos de Consumo bajo por cada grupo de servicio*



En la Tabla 5 se presenta la cantidad de equipos clasificados como de "consumo moderado", junto con la información sobre su nivel de consumo. Además, se especifica el grupo de servicio al que pertenecen en el Hospital Alma Mater.

Grupo Servicio	Suma de Potencia	% Suma potencia	Cant. Equipos	% Cantidad equipos
AYUDAS DIAGNOSTICAS	30878 W	8,74%	20	8,81%
BIOBANCO	11260 W	3,19%	9	3,96%
CENTRAL ESTERILIZACION	5500 W	1,56%	2	0,88%
CIRUGIA	95760 W	27,09%	64	28,19%
CONSULTA EXTERNA	26850 W	7,60%	15	6,61%
HOSPITALIZACION	876 W	0,25%	1	0,44%
INGENIERIA BIOMEDICA	12650 W	3,58%	8	3,52%
LABORATORIO CLINICO	24530 W	6,94%	18	7,93%
LIME	24364 W	6,89%	19	8,37%
TERAPIA	3640 W	1,03%	3	1,32%
UCI	7880 W	2,23%	5	2,20%
UNIDAD RENAL	108240 W	30,63%	62	27,31%
URGENCIAS	1000 W	0,28%	1	0,44%
<b>Total general</b>	<b>353428 W</b>	<b>100,00%</b>	<b>227</b>	<b>100,00%</b>

*Tabla 5 Equipos con consumo moderado por grupo de servicio*

En la Tabla 6 se proporciona un desglose de la cantidad y el consumo respectivo de los equipos con el mayor consumo en toda la infraestructura hospitalaria. Estos datos se encuentran organizados por su servicio correspondiente, de acuerdo con la clasificación realizada en este proyecto de investigación.

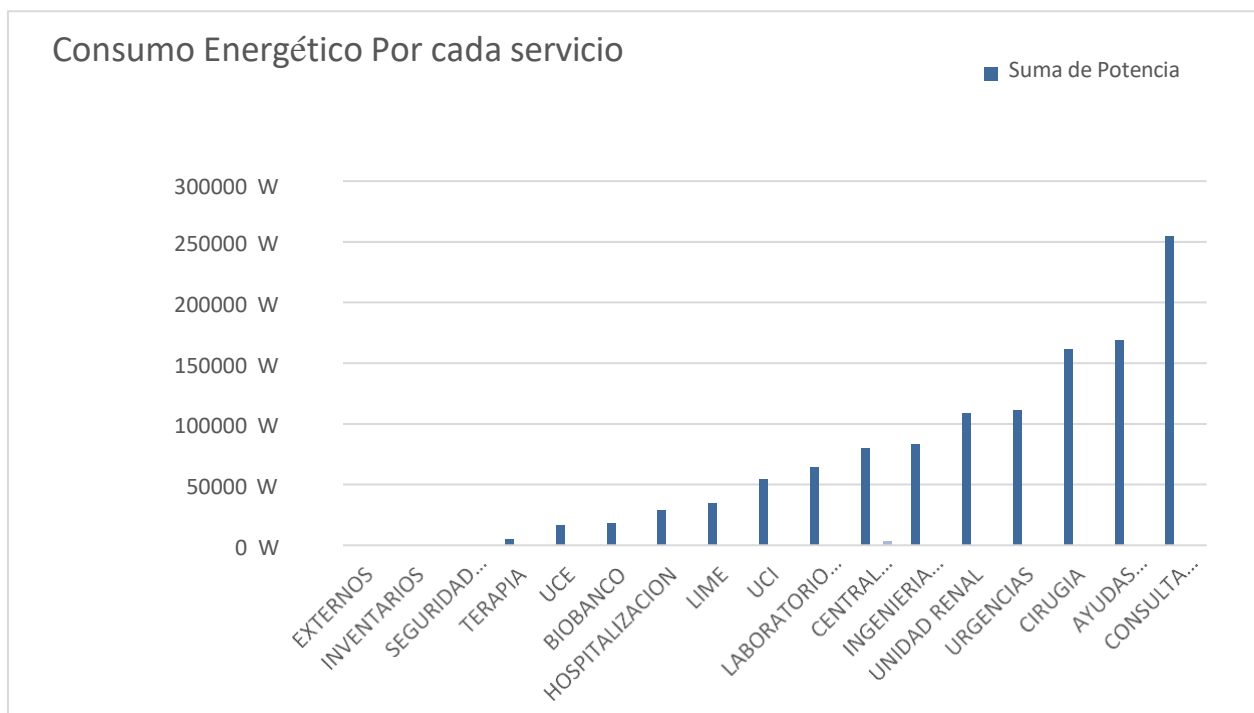
<b>Grupo Servicio</b>	<b>Suma de Potencia</b>	<b>% Suma potencia</b>	<b>Cant. Equipos</b>	<b>% Cantidad equipos</b>
AYUDAS DIAGNOSTICAS	120000 W	27,33%	3	15,00%
CENTRAL ESTERILIZACION	74460 W	16,96%	8	40,00%
CONSULTA EXTERNA	130600 W	29,75%	3	15,00%
LABORATORIO CLINICO	28700 W	6,54%	4	20,00%
URGENCIAS	85300 W	19,43%	2	10,00%
<b>Total general</b>	<b>439060 W</b>	<b>100,00%</b>	<b>20</b>	<b>100,00%</b>

*Tabla 6 Equipos con alto consumo por grupo de servicio*

Estos resultados proporcionan a la administración del hospital y en especial al servicio de Gestión Ambiental una visión general actual en términos de consumo energético de la base tecnológica que sirva como base de un estudio más amplio en busca de la optimización en la eficiencia energética.

## VI. ANÁLISIS

En la interpretación crítica de los resultados, se opta por analizar gráficos ya se evaluarán algunos parámetros que influyen en el consumo energético. También indagaremos en las dinámicas subyacentes que puedan explicar los comportamientos actuales. Al abordar el análisis de esta manera nos permitirá desarrollar planes específicos para mejorar el rendimiento de los equipos y de los servicios, teniendo en cuenta todos los detalles, y armonizando sus consumos los cuales serán reflejados en unidades de Watts las cuales son iguales alas unidades de Voltios Amperios ya que en el proyecto se asume que el factor de potencia en el hospital es de 1. Este enfoque centrado en gráficos será crucial para orientar nuestras recomendaciones y estrategias de optimización, contribuyendo así a la reducción de costos operativos y fomentando prácticas energéticas sostenibles en el Hospital Alma Mater.



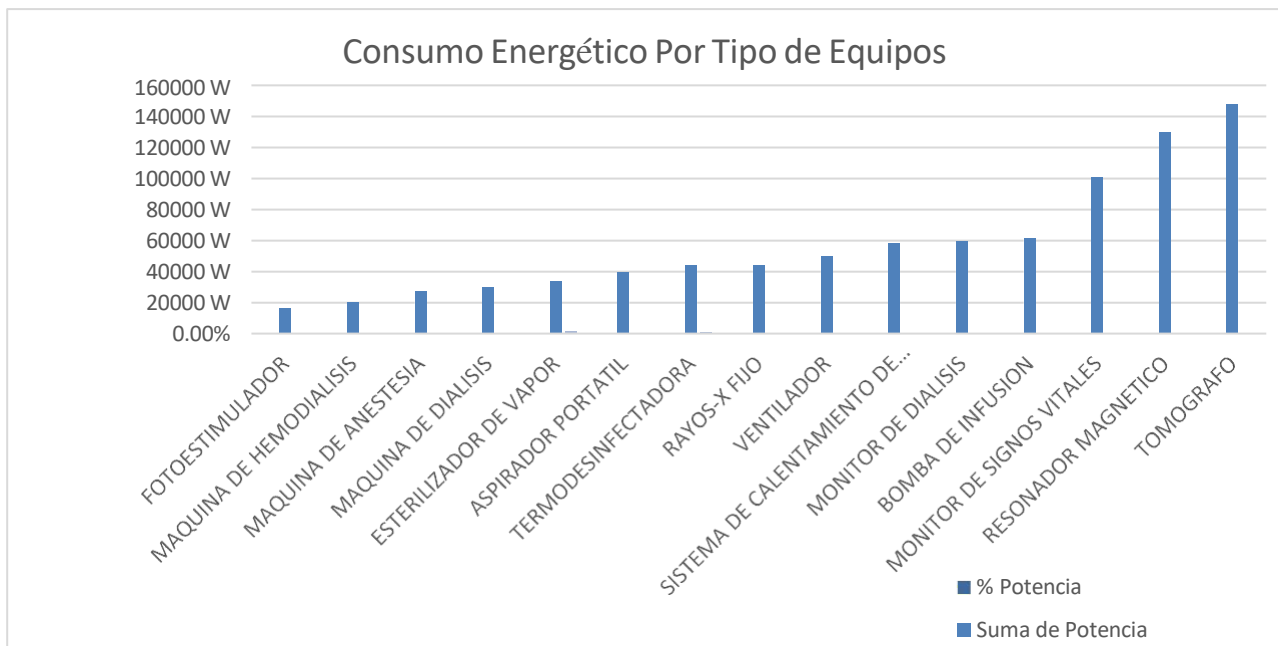
*Figura 2 Consumo Energético de los Equipos Biomédicos por Grupo de Servicio*

La Figura 2 constituye la primera fase del análisis, proporcionando una visión concisa de la potencia en cada grupo de servicio, lo cual simplifica la identificación de áreas clave para la gestión eficiente de recursos en el hospital. Se destaca que el servicio con el mayor consumo de energía es Consulta Externa, con una suma de 254,514.93 (W), equivalente al 21.36 % del consumo total de 1,191,278.9 (W). Esto lo posiciona como el servicio más crítico en términos de demanda energética.

En segundo lugar, en cuanto a demanda energética se encuentra Ayudas Diagnosticas, con el 14.20 %, equivalente a 169,129.39 (W). El grupo de Ayudas Diagnosticas refleja una demanda significativa de energía. La tercera posición la ocupa el servicio de Cirugía, con 161,129.91 (W), representando el 10.31 % del consumo total del hospital.

Continuando en orden descendente un servicio a destacar, es el servicio de Ingeniería Biomédica ya que contribuye significativamente con 83,315.11 (W), equivalentes al 6.99 %. Es importante tener en cuenta que la mayor parte de los equipos en Ingeniería Biomédica se almacenan en bodegas y su consumo real varía significativamente de la información recopilada, ya que se desplazan a los servicios según sea necesario.

Algunos servicios, como Servicios Externos, Inventarios y Seguridad y Salud en el Trabajo presentan un consumo de energía del 0 %. En Servicios Externos, esto se debe a que son servicios que si están dentro del hospital, la cantidad de equipos biomédicos que tienen es mínima, ya que se ocupan de tareas distintas a la atención de pacientes a excepción de la NUEVA E.P.S . Como Inventarios y Seguridad y Salud en el Trabajo, las sumas de potencia son 15.75 (W) y 26.35 (W=VA), respectivamente, lo cual no aporta significativamente al consumo energético del hospital.



*Figura 3 Consumo Energético Por Tipo de Equipo Biomédico*

En relación con la Figura 3, se realiza un análisis detallado del consumo de potencia por tipo de equipo. Se destaca que el Tomógrafo encabeza la lista con un consumo de 147,800 (W), representando el 17.12 % del consumo energético total. Este equipo sobresale como el de mayor demanda, contribuyendo significativamente a la potencia global del hospital.

En la segunda posición se encuentra el Resonador Magnético, con un 15.06 % del consumo energético total, equivalente a 130,000 (W). La contribución de este equipo se debe a que es un equipo de alta complejidad donde sus elementos requieren una alta demanda para funcionar especialmente sus bobinas.

Los Monitores de Signos Vitales ocupan la tercera posición, con un consumo total de 100,951 (W), equivalente al 11.69 %, su relevante participación se atribuye a su distribución extensa en los servicios de la institución.

Es esencial notar que este análisis se basa en los 15 equipos con mayor consumo energético. Entre los equipos con menor consumo por tipo se encuentran los Intensificadores de Imágenes. Aunque tienen un consumo significativo, ocupan esta posición debido a su cantidad limitada en comparación con los primeros 15. Es relevante mencionar que este resultado y análisis se basa en una tabla de datos que presenta los 15 equipos con mayor consumo energético. Para una visión más detallada de todos los equipos, se proporcionará información adicional en un anexo en formato Excel.

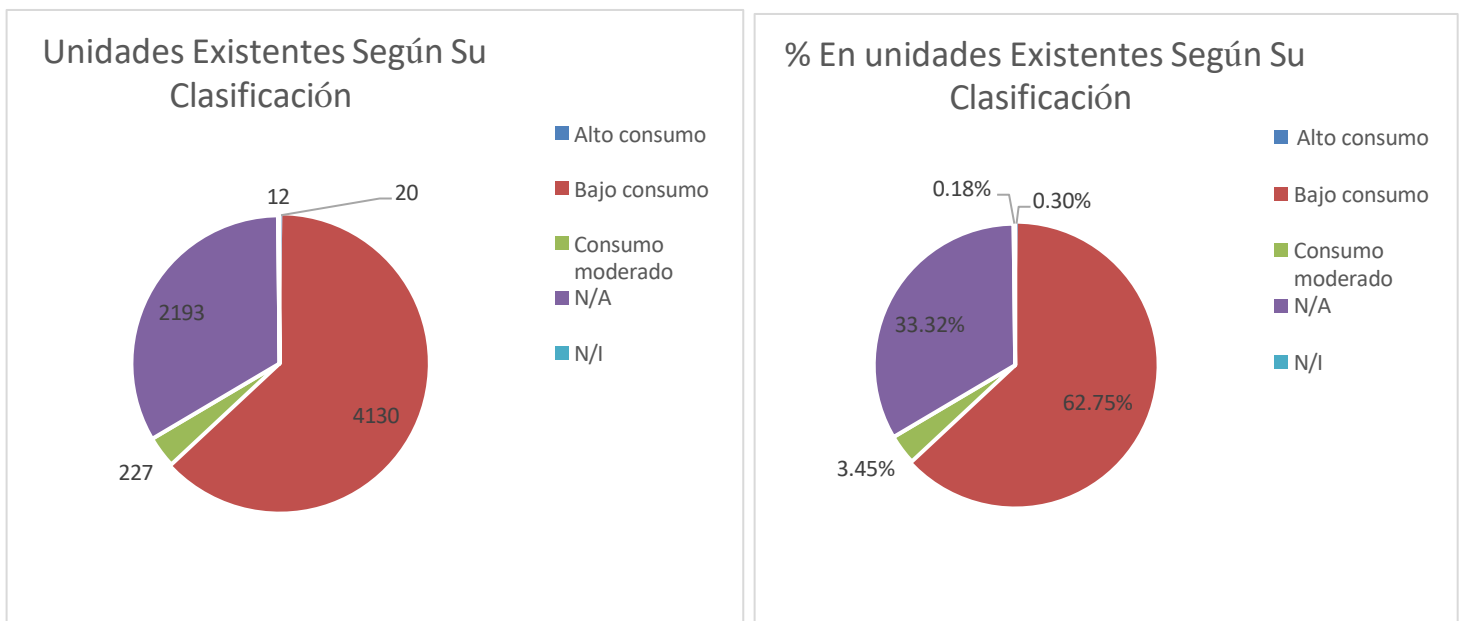
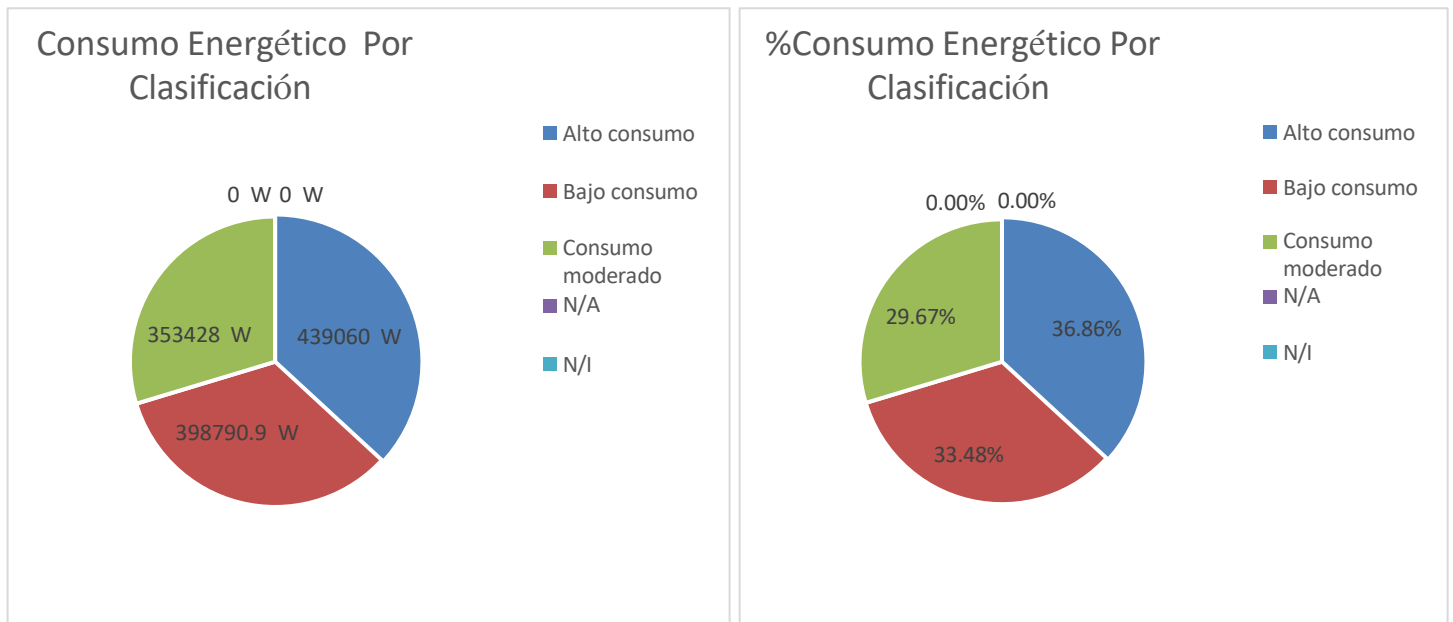


Figura 4 Unidades Existentes en Cada Clasificación Según su Consumo Energético



*Figura 5 Consumo Energético Según La Clasificación De Los Equipos*

Al examinar los Gráficos 4 y 5, los cuales representan el consumo general del Hospital Alma Mater, se destacan varios hallazgos significativos. La suma de todas las categorías revela un consumo total de 1,191,279 W y una cantidad total de equipos de 6,582

En la categoría de bajo consumo, se identifican 4,130 equipos, lo que equivale al 62.75 % del total de equipos en el hospital. Aunque individualmente estos equipos tienen un consumo bajo, su abundancia genera una demanda considerable, representando el 33.48 % del consumo total, con una cifra de 398,790.9 W.

La categoría de consumo moderado incluye 227 equipos, representando el 3.45 % del total de equipos. A pesar de su baja cantidad, estos equipos contribuyen significativamente al consumo energético total del hospital, alcanzando el 29.67 % con un consumo de 353,428 W.

Por otro lado, el consumo alto está representado por solo 20 equipos, correspondiendo al 0.30 % del total de equipos. Aunque su cantidad es baja, su consumo del 36.86 %, equivalente a 439,060 W, demuestra que juegan un papel sustancial en la demanda energética ocupando el primer lugar, como la clasificación con mayor demanda energética.

Existen dos categorías adicionales que no impactan significativamente en el consumo energético global. La categoría N/A incluye 2,193 equipos, los cuales son netamente mecánicos y no utilizan electricidad. La categoría N/I abarca 12 equipos para los cuales no se pudo obtener

información suficiente sobre su consumo.

Este análisis preliminar sugiere una distribución heterogénea en términos de consumo y cantidad de equipos, señalando áreas específicas que podrían ser objeto de un análisis más detallado para una gestión más eficiente de los recursos energéticos del hospital.

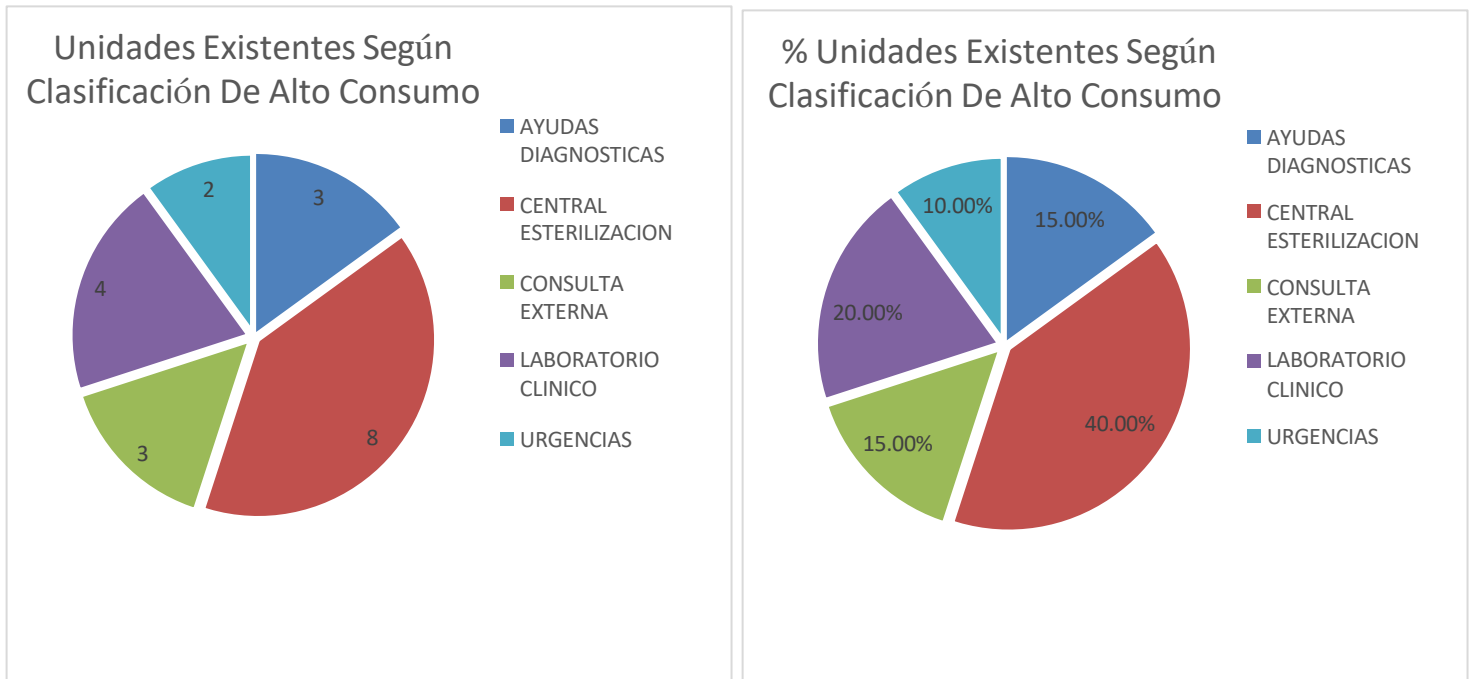


Figura 6. Unidades Existentes En La Categoría De Alto Consumo Energético Por Grupo de Servicio

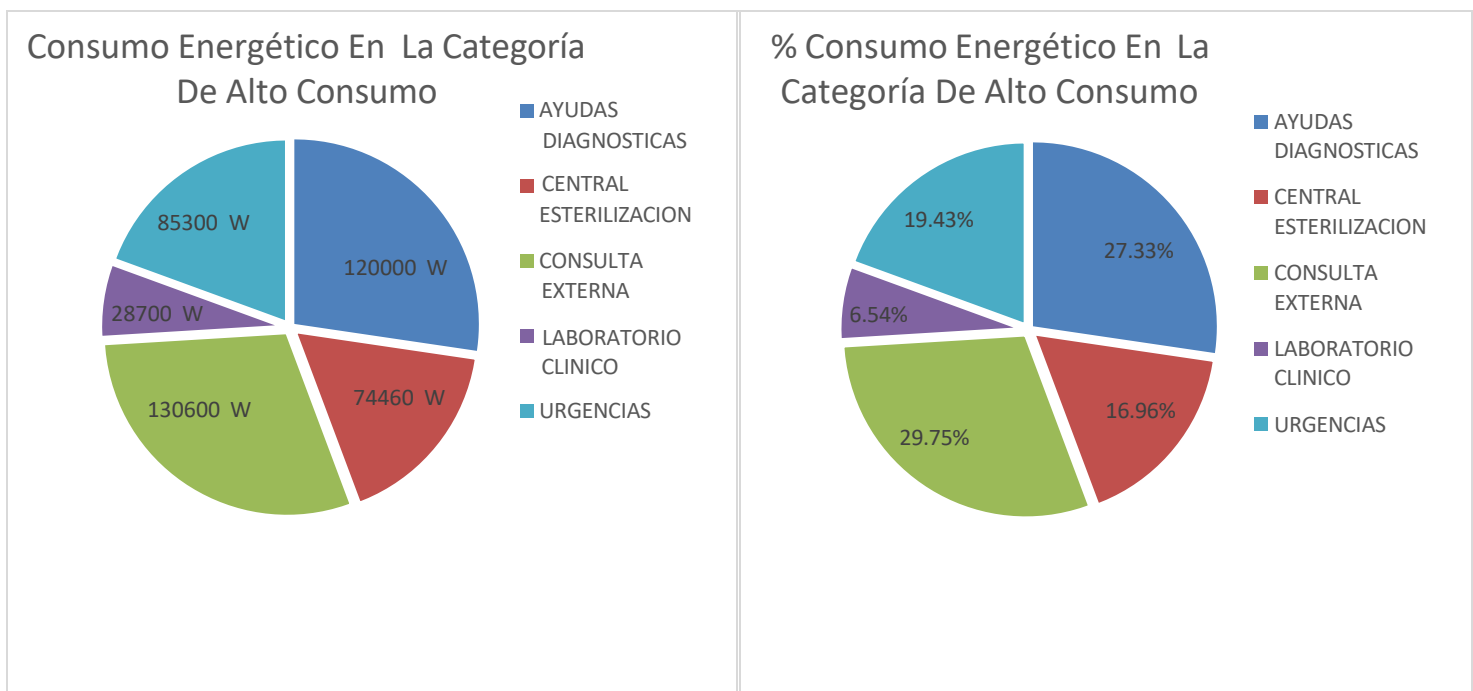


Figura 7. Consumo Energético Categoría de Alto Consumo Por Grupo de Servicio

Al examinar los Gráficos 6 y 7, se destacan varios puntos relevantes. Consulta Externa lidera la categoría de alto consumo, representando el 15 % en cantidad de equipos (3 equipos) y el 29.75 % en consumo (130,600 W). A pesar de contar con solo 3 equipos, su impacto en la potencia total es notable, constituyéndose como el grupo de servicio de mayor consumo en esta categoría.

En segundo lugar, Ayudas Diagnósticas presenta un 15.00 % en cantidad de equipos (3 equipos) y un 27.33 % en consumo (120,000 W). De igual manera que Consulta Externa tiene una cantidad mínima de equipos en esta categoría, su impacto en la potencia total es considerable con un (27.33%).

El área de Urgencias ocupa la tercera posición con un 13.82 % en cantidad de equipos (2 equipos) y un 13.82 % en consumo (42,300 W). A pesar de tener solo 2 equipos, Urgencias tiene un impacto considerable en la potencia total.

Central de esterilización se sitúa en el cuarto lugar con un 40 % en cantidad de equipos (8 equipos) y un consumo del 16.96 % (74,460 W). Aunque su impacto en la potencia total es menor comparado con otros grupos de alto consumo, sigue siendo significativo y con la mayor cantidad de equipos de alto consumo.

Finalmente, el Laboratorio Clínico se encuentra en la quinta posición, con un 20 % en cantidad de equipos (4 equipos) y un 6.54 % en consumo (28,700 W). A pesar de contar con un equipo más que Ayudas Diagnósticas, su impacto en la potencia total es ligeramente menor (7%), atribuible al tipo de equipos ubicados en los servicios.

La sumatoria de todos los grupos de servicio en la categoría de alto consumo refleja un consumo total de 439,060 W y una cantidad total de equipos de 20. Este análisis destaca áreas específicas que podrían beneficiarse de una revisión detallada para mejorar la eficiencia energética en el hospital.



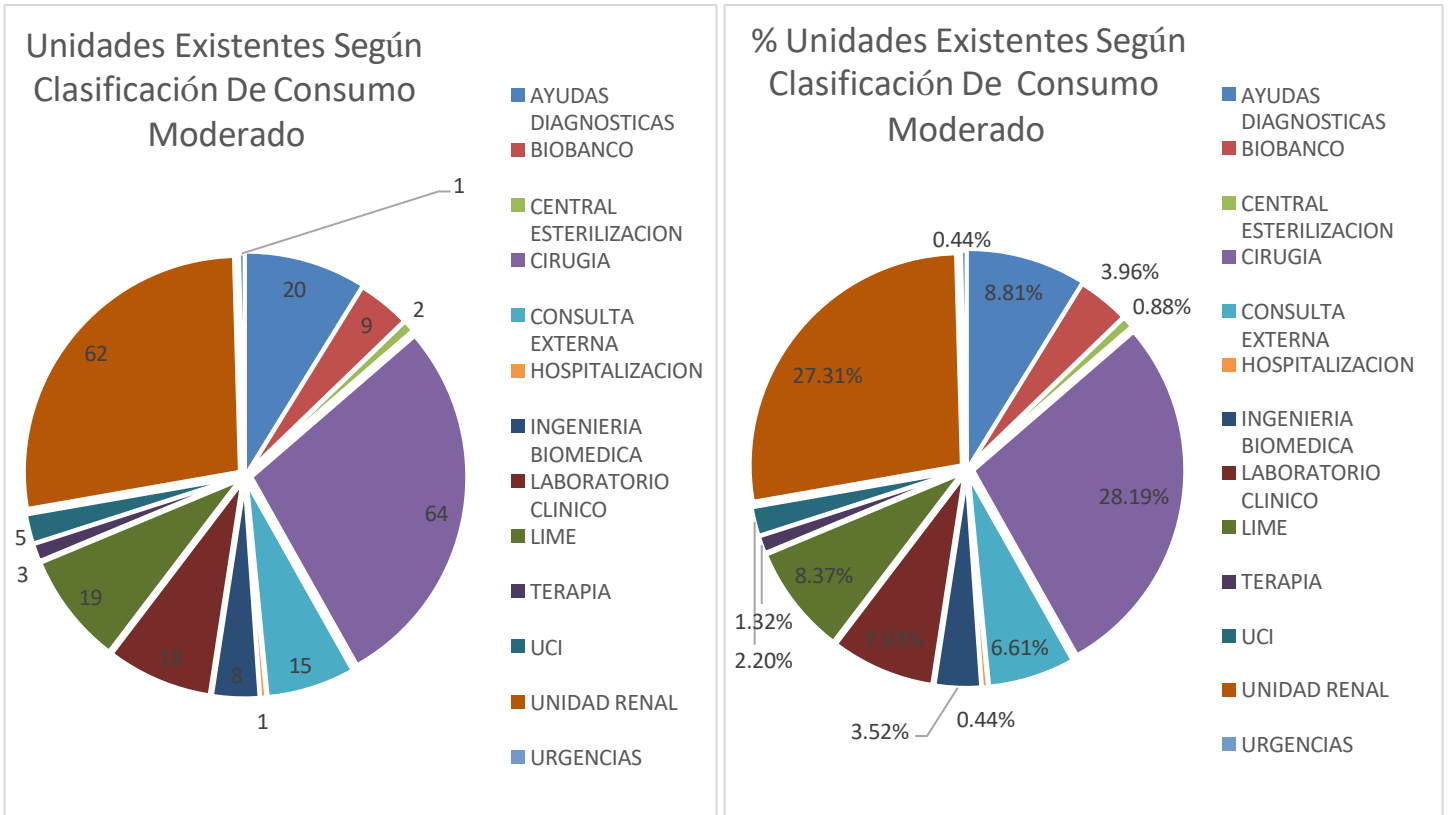


Figura 8 Unidades Existentes En La Categoría De Consumo Energético Moderado Por Grupo de Servicio

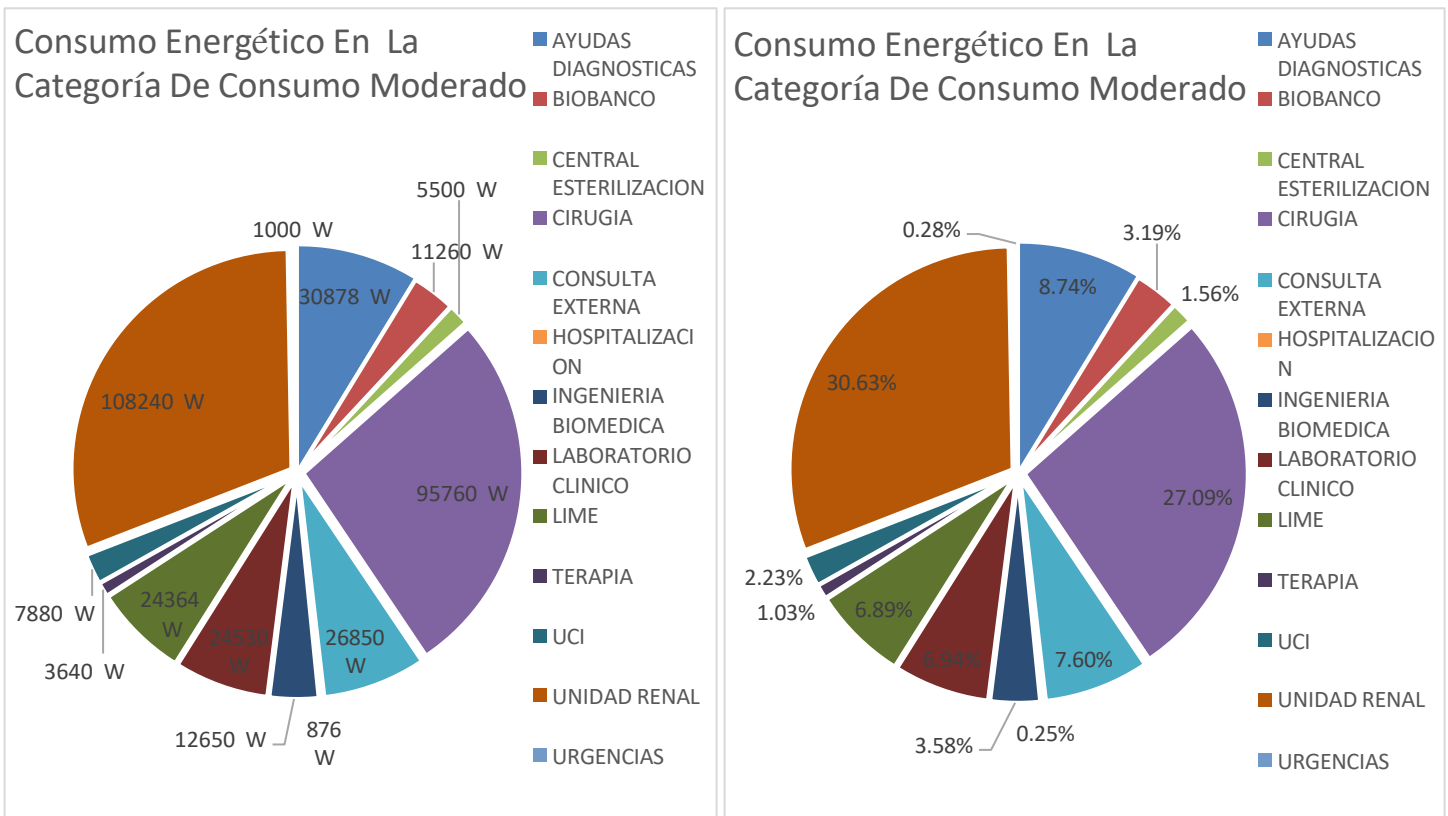


Figura 9 Consumo Energético Categoría de Consumo Moderado Por Grupo de Servicio

---

Al analizar detalladamente la figura 8 y 9 los resultados, presenta el siguiente análisis. La Unidad Renal destaca como el grupo de mayor consumo moderado en términos de potencia y cantidad de equipos, representando el 27.31 % en cantidad de equipos (62 equipos) y el 30.63 % en consumo (108,240 W). Este grupo tiene un impacto significativo en la potencia total del hospital.

En segundo lugar, se encuentra Cirugía, con un 27.09 % en cantidad de equipos (64 equipos) y un 28.19 % en consumo (95,760 W). A pesar de contar con una cantidad considerable de equipos, Cirugía tiene un impacto significativo en la potencia total.

En la categoría de consumo moderado, le siguen Ayudas Diagnósticas con un 8.81 % en cantidad de equipos (20 equipos) y un consumo del 8.74 % (30,878 W), y Consulta Externa con un 6.61 % en cantidad de equipos (15 equipos) y un consumo del 7.60 % (26,850 W). A pesar de tener una cantidad moderada de equipos, Consulta Externa y Ayudas Diagnosticas contribuyen de manera significativa a la potencia total.

Es relevante señalar que Urgencias y Hospitalización tienen un solo equipo en la categoría de consumo moderado, lo que resulta en un consumo que no supera el 1 % en esta categoría. La sumatoria de todos los grupos de servicio en la categoría de consumo moderado refleja un consumo total de 353,428 W y una cantidad total de equipos de 227.

Este análisis destaca áreas específicas que sobresalen en términos de consumo moderado, subrayando la importancia de gestionar eficientemente estos grupos de equipos para mejorar la eficiencia energética en el hospital.

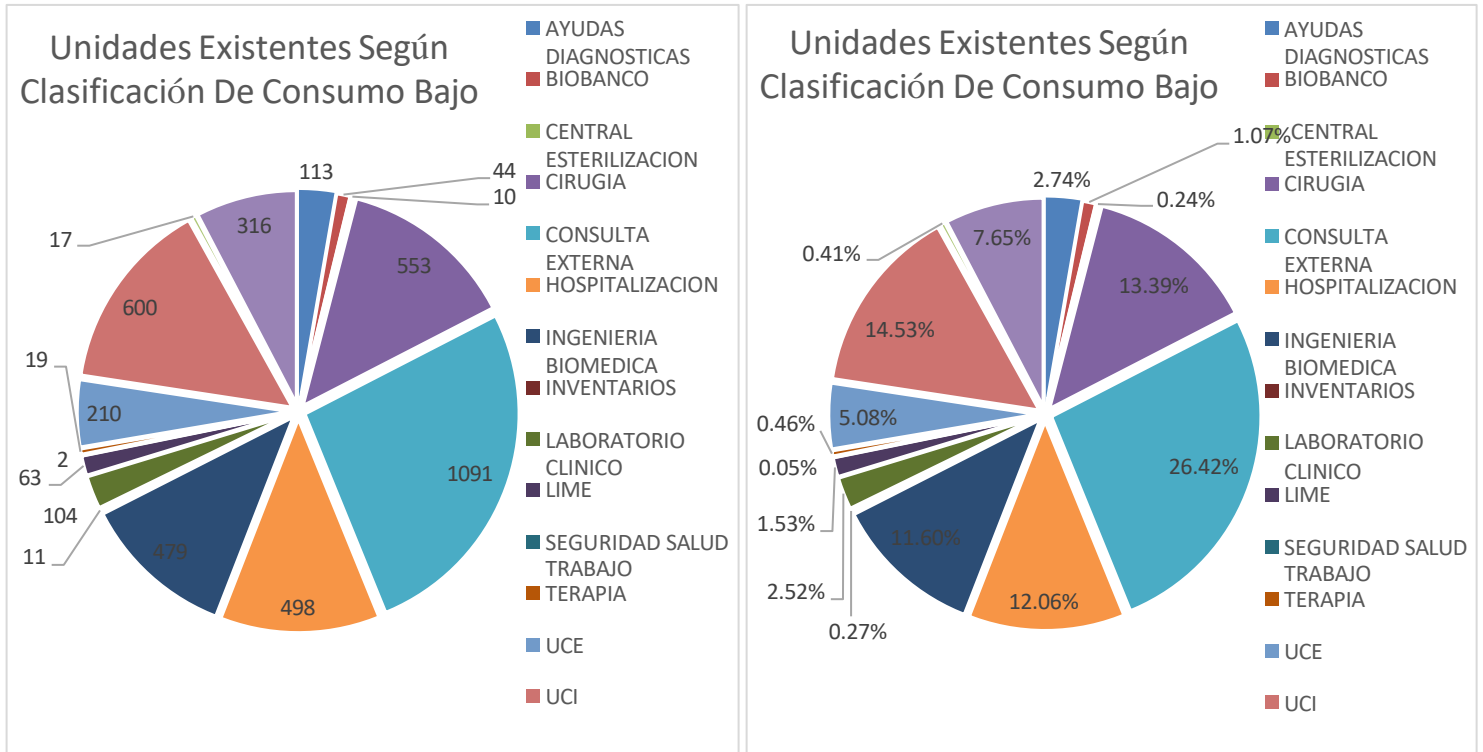


Figura 10 Unidades Existentes En La Categoría De Consumo Energético Bajo Por Grupo de Servicio

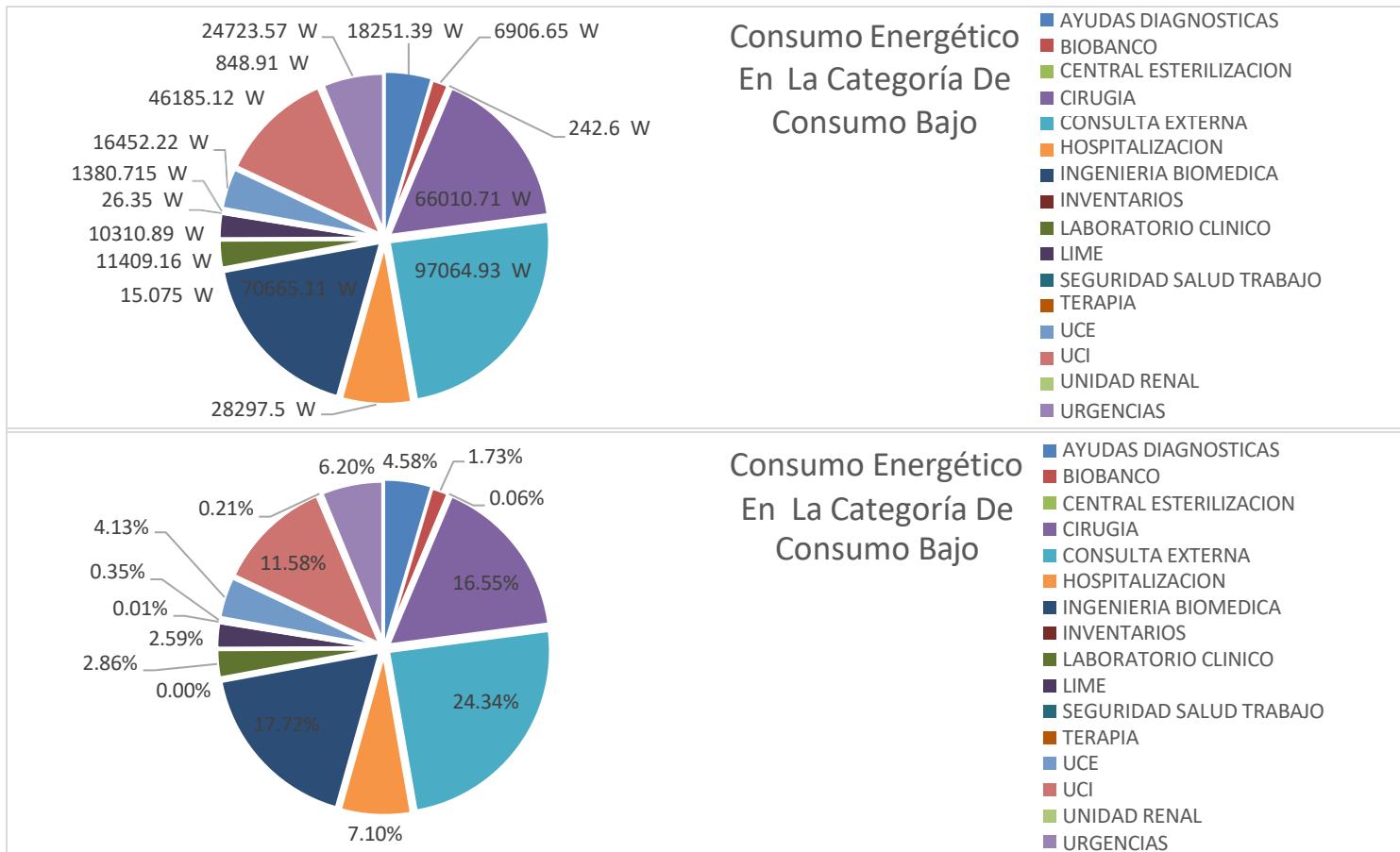


Figura 11 Consumo Energético Categoría de Consumo Bajo Por Grupo de Servicio

Al analizar las figuras 10 y 11, se obtienen los siguientes resultados. Consulta Externa ocupa el primer lugar con un 26.42% en cantidad de equipos (1091 unidades) y un consumo de 97,064.93 W, representando el 24.34% de la potencia total. Destaca como el grupo de mayor consumo en la categoría de bajo consumo. Aunque individualmente estos equipos tienen un bajo consumo, la gran cantidad en Consulta Externa contribuye significativamente a la potencia total.

Cirugía se posiciona en segundo lugar con un 13.39% en cantidad de equipos (553 unidades) y un consumo de 66,010.71 W, equivalente al 16.55% de la potencia total. A pesar de contar con una cantidad considerable de equipos, Cirugía tiene un impacto significativo en la potencia total.

En tercer lugar, se encuentra Ingeniería Biomédica, representando un 11.60% en cantidad de equipos (479 unidades) y un consumo de 70,665.11 W, lo que equivale al 17.72% de la potencia total. Es importante mencionar que muchos equipos en este servicio están sin funcionar, destinados a ser entregados a otros servicios cuando sea necesario, lo que puede afectar los valores presentados en las gráficas.

Por otro lado, la Unidad Renal, Central de Esterilización y Terapia son los tres servicios con el menor consumo de energía, correspondiente a la categoría de bajo consumo. Sus porcentajes no superan el 0.5%, ya que la cantidad de equipos con esta característica en estos servicios es muy baja, sin superar los 20 equipos por servicio.

La sumatoria de todos los grupos de servicio en la categoría de bajo consumo refleja un consumo total de 398,790.9 W y una cantidad total de equipos de 4130, siendo el grupo con mayor cantidad de equipos.

## VII. CONCLUSIONES

- La actualización a nuevas tecnologías y la implementación de buenas prácticas de gestión en la energía pueden mejorar la eficiencia general en el consumo energético.
- A pesar de su baja representación en cantidad de equipos, las categorías de "Alto Consumo" y "Consumo Moderado" tienen un impacto significativo en la potencia total, siendo la de alta consumo, con menor número de equipos y el mayor consumo energético en el hospital. destacando la necesidad de una evaluación detallada.
- La distribución de equipos y consumo muestra una heterogeneidad significativa, con la mayoría de los equipos perteneciendo a la categoría de "Bajo Consumo".
- Aunque individualmente los equipos en la categoría "Bajo Consumo" tienen un consumo moderado, su cantidad considerable contribuye de manera significativa al total de la potencia consumida siendo la segunda categoría en tener el mayor consumo energético.
- El Hospital Alma Mater cuenta con información completa y adecuada para la gran mayoría de los equipos biomédicos, cumpliendo además con las normativas establecidas por los entes reguladores en términos de energía.
- Este proyecto proporciona una visión inicial de la distribución del consumo energético en diferentes categorías áreas del Hospital Alma Mater. Siendo un punto de partida en busca de la eficiencia energética.
- La categoría "No Aplica" representa una cantidad considerable de equipos que no contribuyen a la potencia total debido a sus características mecánicas.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Considerar la actualización de equipos a modelos más eficientes energéticamente en todas las categorías y servicios para reducir el consumo general.
- Colaborar entre diferentes servicios para implementar medidas de eficiencia energética.
- Toda la información recopilada exportarla a la plataforma Keeper para una mejor trazabilidad.
- Continuar con un estudio más avanzado que considere diversos factores no abordados en este proyecto debido a limitaciones de tiempo en el análisis del consumo energético. Este trabajo se presenta como una base para lograr la eficiencia energética en el hospital.

## REFERENCIAS

- [1] Hugo Gaspar, Daniel Mendoza, Javier Durán. (2022). Proyectos energéticos en salud: una oportunidad para la mejora continua. Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas vol. 27, núm. 3, e300.
- [2] Icontec, "NTC 60601-1-2:2001 Requisitos generales para la seguridad básica y el desempeño esencial de equipos electro médicos.
- [3] Leidy Vanesa Murallas, Brandon Rodriguez. (2019). Estimación del consumo energético por centros de costo de la clínica Chicamocha S. A. Universidad Autónoma De Bucaramanga. Proyecto de grado.
- [4] Martínez-Sierra, Martha García, Martha García, y William Niebles. (2019). Gestión Energética en el Sector Salud en Colombia: Un Caso de Desarrollo Limpio y Sostenible. Artículo, tecnología vol.30 no.5 La Serena.

## ANEXOS

**Anexo 1** Inventario actualizado con Consumó energético de los equipos biomédicos y su respectivo análisis de toda la base instalada del Hospital Alma Mater. (Documento Adjunto).