

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS INDUSTRIALES DE
CENTROS DE ATENCIÓN HOSPITALARIOS, BASADO EN LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y LA CONFIABILIDAD DE OPERACIÓN DE SERVICIOS**

JAIRO PALACIO SUÁREZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
MEDELLÍN
2016**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS INDUSTRIALES DE
CENTROS DE ATENCIÓN HOSPITALARIOS, BASADO EN LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y LA CONFIABILIDAD DE OPERACIÓN DE SERVICIOS**

JAIRO PALACIO SUÁREZ

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAGISTER EN INGENIERÍA**

DIRECTOR

ALAN FRANCIS HILL BETANCOURT

MAGISTER EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE ENERGÍA Y TERMODINÁMICA



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

MEDELLÍN

2016

DECLARACIÓN ORIGINALIDAD

Fecha 11 de Abril de 2016

“Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad”. Art. 82 Régimen Discente de Formación Avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "Jairo Pulido".

FIRMA AUTOR

*A la Institución prestadora de servicios de salud de la Universidad de Antioquia
“IPS UNIVERSITARIA” por brindar la oportunidad de realizar la profundización y
estudio de este manual en sus instalaciones.*

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere expresar sus agradecimientos a:

Director MSc. Alan Francis Hill por la el apoyo constante y la asesoría prestada para el desarrollo satisfactorio del presente trabajo.

La Universidad Pontificia Bolivariana por ser mediadora y encargada de nuestra formación integral.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
OBJETIVOS	19
OBJETIVO GENERAL	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1. REGLAMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA CENTROS PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD	20
1.1 Normas técnicas para centros prestadores de servicios de salud	20
1.2 Definición de procesos y servicios de un centro de atención de servicios de salud... ..	22
1.3 Metodología de mantenimiento aplicada en centros de servicios de salud.....	23
1.4 Administración de mantenimiento en centros de servicios de salud.	25
1.4.1 Actividades de mantenimiento.	25
1.4.2 Soportes y servicios técnicos para centros de servicios de salud.	29
1.4.3 Indicadores normativos para centros de servicios de salud.	32
1.4.4 Indicadores de mantenimiento para centros de servicios de salud.	32
2. ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO SEGÚN SERVICIOS Y EQUIPOS EN CENTROS PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD.....	35
2.1 Dotación técnica en un centro de servicios de salud.	35
2.2 Equipos industriales en un centro prestador de servicios de salud.....	36
2.3 Definición de áreas (centros de costos energéticos) según la prestación de servicios de salud.	38
2.4 Definición de criticidad de un equipo industrial en centros prestadores de servicios de salud.	39

2.4.1 Metodología de análisis de criticidad de equipos industriales en centro de atención hospitalaria	40
2.5 Servicios públicos en centros prestadores de salud.	45
3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA ENERGETICA PARA CENTROS DE ATENCIÓN PRESTADORES DE SALUD.....	46
3.1 Mantenimiento centrado en eficiencia energética.	46
3.2 Estructura para el mantenimiento centrado en la eficiencia energética en centros de prestación de salud.....	49
3.3 Actividades del mantenimiento centrado en la eficiencia energética para centros de atención salud.....	55
3.4 Definición de las variables de control según el proceso y equipo.	57
3.5 Definición de parámetros eléctricos y mecánicos para la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento centrado en la eficiencia energética para centros de atención de salud.	59
3.6 Indicadores para mantenimiento centrado en la eficiencia energética para centros de atención de salud.....	62
4. METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CENTROS DE ATENCIÓN DE SALUD.....	64
4.1 Establecer variables de control para la implementación de mantenimientos centrados en la eficiencia energética de equipos y procesos críticos de centros de atención de salud.....	64
4.2 Establecer indicadores de control para la implementación de mantenimientos centrados en la eficiencia energética de equipos y procesos críticos de centros de atención en salud.....	66
4.3 Toma de decisiones para la gestión del mantenimiento centrado en la eficiencia energética en centros de atención de salud.....	72
4.4 VALORACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DE UN CENTRO DE ATENCIÓN HOSPITALARIO.	74

5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD DE OPERACIÓN PARA EQUIPOS INDUSTRIALES Y SERVICIOS ASISTENCIALES DE UN CENTRO DE ATENCIÓN DE SALUD	76
5.1 Variables de control para el seguimiento en el funcionamiento de los equipos y servicios de salud	76
5.2 Indicadores de funcionamiento de operación industriales y servicios de salud.....	77
5.3 Acciones preventivas	79
5.4 Acciones correctivas	80
6. CONCLUSIONES.....	82
7. BIBLIOGRAFÍA.....	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Formato de inventario técnico	28
Tabla 2. Formato Hoja vida Equipo.....	28
Tabla 3. Formato Cronograma de mantenimiento	28
Tabla 4. Formato Ficha elaboración indicador	34
Tabla 5. Función equipos industriales.....	38
Tabla 6. Criticidad equipos industriales.....	40
Tabla 7. Matriz de nivel criticidad de equipos industriales en un centro de atención de salud.....	42
Tabla 8. Ejemplo de matriz para la clasificación de criticidad de equipo industrial en centro de atención de salud.....	44
Tabla 9. Estructura del mantenimiento (OMETA).....	55
Tabla 10. Definición parámetros eléctricos y mecánicos de equipos industriales.....	60
Tabla 11. Propuesta de indicadores según sistemas o equipo industrial.....	67
Tabla 12. Indicadores de eficiencia energética de equipos típicos de áreas industriales.	68
Tabla 13. Propuesta indicadores bases centros atención de salud.....	71
Tabla 14. Seguimiento del indicador en el tiempo.....	72
Tabla 15. Análisis descriptivo del indicador.....	73
Tabla 16. Guía para análisis causal de problemas.....	73
Tabla 17. Formato plan de mejora seguimiento indicador.....	74
Tabla 18. Propuesta indicadores base funcionamiento de equipos.....	78
Tabla 19. Propuesta base indicadores funcionamiento servicios asistenciales.	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pasos formulación plan Mantenimiento.....	27
Figura 2. Diagrama de flujo proceso mantenimiento para centros de atención hospitalarios basado en confiabilidad y eficiencia energética	65

GLOSARIO

Acreditación Hospitalaria: Metodología de mejoramiento continuo enfocado a la Atención

Centros de atención hospitalaria o Servicios Hospitalarios: son aquellas entidades cuyo objeto social es la prestación de servicios de salud y que se encuentran habilitadas de conformidad con el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad en Salud. (Definición de la resolución 2003 de 2014)

Dotación hospitalaria: equipo industrial de uso hospitalario, equipo biomédico, muebles para el uso administrativo y asistencial, equipos de comunicación e informática.

Eficiencia energética: Obtener el máximo rendimiento de una sustancia (sólida, líquida o gaseosa) para producir trabajo; para lograr esto se requiere: reducir las pérdidas, aumentar el trabajo que se obtiene con la misma cantidad de energía consumida, asegurar la continuidad en el funcionamiento, fomentar un comportamiento sostenible en la operación y la protección del medio ambiente.

Equipo biomédico: todo aparato o máquina, operacional y funcional, que reúna piezas eléctricas, mecánicas o híbridas; desarrollado para realizar actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación en servicios de salud.

Habilitación Hospitalaria: Requisitos mínimos de seguridad para operar un centro de atención según el nivel y servicio

Infraestructura hospitalaria: edificios, instalaciones físicas, redes eléctricas, sistemas de comunicaciones, telefónicas, hidráulicas y vapor, redes locales, redes de conducción de gases medicinales y las áreas adyacentes a las edificaciones.

Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad en Salud: el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad en Salud, tiene como objetivo proveer de servicios de salud a los usuarios individuales y colectivos de manera accesible y equitativa, a través de un nivel profesional óptimo, teniendo en cuenta el balance entre beneficios, riesgos y costos, con el propósito de lograr la adhesión y satisfacción de dichos usuarios. Definición (Ministerio de la Protección Social, Decreto Número 1011 de 206, 2006).

SIGLAS

ISO	Organización Internacional de Normalización
OMETA	operación, ingeniería, administración, formación y mantenimiento
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
IEE	Indicador de eficiencia energética
ICE	Indicador de consumo de energía
IRE	Índice de rendimiento energético
Galones	Cantidad volumétrica de un fluido
GPM	Galones por minuto bombeado de un fluido
kWh	Consumo de energía eléctrica por hora
TR	Tonelada de refrigeración
Tent	Temperatura de entrada
ACFM	Pies cúbicos por minuto actual
CF	Pies cúbicos
COP	Coeficiente de energía eléctrica.

RESUMEN

En el siguiente trabajo se plantea una metodología para realizar un manual de mantenimiento para los equipos industriales existentes en un centro de atención hospitalario, donde las actividades de intervención de los equipos y sistemas, para la elaboración del plan de mantenimiento, están enfocadas en la seguridad, confiabilidad y eficiencia energética

En la parte inicial de este manual se documenta sobre la reglamentación técnica que orienta el funcionamiento de un centro de atención de salud, como su clasificaciones y exigencias de cantidad y características de los equipos industriales necesarios para su optima prestación de servicios, también se referencia sobre los tipos de controles e indicadores que por norma deben existir en un centro de atención hospitalaria.

Haciendo una referencia en los reglamentos y normas existentes en Colombia sobre lo exigido en la ejecución del mantenimiento en un centro hospitalario, se define la estructura para la elaboración y ejecución de un plan de mantenimiento para un para servicios de atención en salud, teniendo presente que este documento y procedimiento es necesario para la autorización legal de operación y el no contar con estos requisitos, puede ocasionar sanciones penales y económicas para la institución.

Se propone realizar una metodología de implementación de mantenimiento centrado en la eficiencia energética para un centro de atención en salud, teniendo como base y exigencias en todas las etapas de planeación, implementación y seguimiento la confiabilidad de la prestación del servicio, pues como uno de los

propósitos principal del presente manual es no afectar en ninguna etapa de la variable de seguridad del paciente y la de prestación del servicio.

En el manual se plantea las estrategias de selección y evaluación de las variables de funcionamiento críticas, para tener en cuenta en la elaboración y estructura de un plan de mantenimiento en un centro de atención en salud. La confiabilidad en la operación y el seguimiento a lo planeado, con las respectivas acciones de mejora, hacen parte integral de la ejecución y registro del plan de mantenimiento en centro hospitalario.

INTRODUCCIÓN

La continuidad del servicio en condiciones óptimas y al menor costo es uno de los principales objetivos de toda empresa, no ajena a esta realidad está el área de la salud en Colombia, la cual no solo debe realizar actividades de mantenimiento en sus instalaciones y equipos, para garantizar seguir funcionando y ser competente en el medio, sino por exigencias de las normas de habilitación de servicios de salud (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) las cuales describen que para estar autorizados para prestar servicios de salud en Colombia se debe tener conformado un plan de mantenimiento en la institución, con sus respectivos cronogramas y soportes de ejecución.

El mantenimiento en las instituciones prestadoras de servicios de salud en Colombia se ha enfocado en cumplir las normas y buscar la confiabilidad de la prestación de los servicios, aceptando la necesidad de la conservación al menor costo de funcionamiento de sus equipos, pero siendo consciente de una realidad, que es que al área de mantenimiento no se le da importancia que requiere, lo cual se puede traducir en la siguiente filosofía, extraída del texto de Gerencia de en la Administración del mantenimiento Hospitalario. (Hospitalario, 2016)

“MANTENIMIENTO es: Cuando todo va bien, nadie recuerda que existe. Cuando algo va mal, dicen que no existe. Cuando es para gastar, se dice que no es necesario. Pero cuando realmente no existe, todos concuerdan en que debería existir”

Con el desarrollo del presente manual se pretende indirectamente concientizar a las áreas técnicas de los centros de atención hospitalarios sobre la importancia de generar un plan de mantenimiento no solo enfocado a la seguridad del paciente (principio primordial y que no debe cambiar) si no enfocado en la ingeniería y gestión eficiente de los recursos.

La necesidad de elaborar este manual, describiendo la metodología para realizar un plan de mantenimiento para equipos industriales, se presenta al evidenciar la falta de documentación y exigencias para las intervenciones en los equipos industriales de un centro de salud en Colombia. La resolución 2003 de 2014 (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) y el decreto 1011 de 2006 (Ministerio de la Protección Social, Decreto Número 1011 de 206, 2006), se enfocan en la seguridad y calidad en las actividades de prestación de servicios de salud, teniendo como prioridad los procedimientos médicos, organización administrativa, instalaciones y suficiencia patrimonial, pero no hacen referencia a exigencias técnicas, metodología o aspectos básicos de mantenimientos a equipos industriales y servicios de apoyo.

Otro motivo para elaborar un manual de mantenimiento para equipos industriales de centros de atención hospitalaria, basado en la eficiencia energética y confiabilidad de servicios, es que la normas técnicas que referencia el funcionamiento de la tecnología en estos centros, se enfocan en la dotación biomédica, en su correcto funcionamiento y su confiabilidad, como estos son equipos de gran importancia en la prestación de los servicios de salud, el solo hacer una norma que condicione su funcionamiento a una eficiencia energética, anteponiendo la seguridad, es contraproducente a la prestación de los servicios de salud a los usuarios; pues el objetivo de estos equipos es garanticen su adecuado funcionamiento en forma segura, en algunos casos sin importar el valor económico de su operación. Del buen estado y del continuo funcionamiento de estos equipos depende el diagnóstico, tratamiento y mejora de los pacientes de una institución.

Con la generación del presente manual, desde la etapa de planeación, ejecución y seguimiento, se busca retroalimentación constante para la mejora continua de las actividades de intervención; esto se propone lograr realizando la combinación de diferentes técnicas de mantenimiento para un centro de atención en salud, como son el mantenimiento predictivo, preventivo, proactivo, según condición y basado en la eficiencia energética.

El desarrollo del presente manual en un centro de atención de salud, cumplirá con lo exigido por la resolución 2003 de 2014, y adicionalmente permitirá implementar en los equipos y servicios un sistema integral de uso eficiente de la energía, fortaleciendo la seguridad y confiabilidad en la prestación y funcionamiento de los equipos industriales.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un manual de mantenimiento para equipos industriales de centros de atención hospitalarios, basado en la eficiencia energética y confiabilidad de operación de los servicios de salud.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar según los lineamientos de la resolución 2003 de mayo de 2014 los equipos industriales y los servicios asistenciales de un centro de atención hospitalaria.
- Elaborar indicadores de consumos energéticos y de confiabilidad para los equipos industriales y servicios asistenciales de un centro de atención hospitalaria.
- Realizar una metodología de mantenimiento centrado en la eficiencia energética para centros de atención hospitalaria.
- Realizar una metodología de evaluación de confiabilidad de operación de equipos industriales y servicios asistenciales de un centro de atención hospitalaria.

1. REGLAMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA CENTROS PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD

En este capítulo se presenta los lineamientos y normas que aplican y rigen los centros prestadores de servicios de salud, con el fin de contextualizar el mantenimiento en este tipo de instalaciones

1.1 Normas técnicas para centros prestadores de servicios de salud

Las instituciones que ofrecen servicios de salud en Colombia, deben cumplir lo direccionado por el Ministerio de Salud y Protección Social, el cual ha establecido que se deben optimizar los recursos administrativos y físicos para lograr mejores resultados en la experiencia del usuario cuando entra en contacto con los servicios de salud. Para garantizar esto en Colombia es de obligatorio cumplimiento las resoluciones y anexos técnicos legales vigentes, las cuales tienen fundamentos y lineamientos administrativos, técnicos y físicos. (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014)

Desde el ámbito técnico de las instalaciones prestadoras de servicios de salud, estas resoluciones tienen un objetivo y es garantizar la seguridad física de las personas que habitan las instalaciones, con el óptimo funcionamiento de los equipos e infraestructura; con el fin de dar continuidad y satisfacción en la prestación de los servicios.

En las instalaciones o infraestructura hospitalaria se tiene como referencia la circular externa No. 29 (Superintendencia Nacional de Salud, Marzo de 1997) documento que sirve como guía para la elaboración de un plan de mantenimiento hospitalario, esta circular informa sobre los estándares básicos para la elaboración de un plan de mantenimiento, pero no se especializa en metodologías y estrategias de

intervención o búsqueda de la mayor eficiencia de los equipos industriales o biomédicos, el fundamento de esta circular es el decreto 1769 de 1994 y su aclaratorio el Decreto 1617 de 1995 el cual reglamenta el artículo 189 de la Ley 100 de 1993 sobre el mantenimiento hospitalario.

La Resolución 2003 de 2014 (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) indica que “El ministerio de salud y protección social debe ajustar periódicamente y de manera progresiva los estándares que hacen parte de los diversos componentes del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención en salud” habilitada por (Ministerio de la Protección Social, 2006)

En esta resolución se define el Sistema Único de Habilitación que busca controlar el riesgo asociado a la prestación de servicios de salud y a las condiciones en que éstos se ofrecen, mediante el cumplimiento obligatorio de requisitos y condiciones básicas de capacidad tecnológica, científica, de suficiencia patrimonial, financiera y de capacidad técnico administrativa, para dar seguridad a los usuarios.

La verificación de las condiciones de habilitación para los prestadores de servicios de salud, debe estar orientada hacia situaciones tangibles generadoras de riesgo, siempre sin exceder los estándares planteados, con el objetivo de no interponer barreras innecesarias a la prestación de los servicios de salud, toda vez que, las exigencias de habilitación están referidas a condiciones mínimas de estructura y procesos, para contribuir a mejorar el resultado en la atención; lo anterior es referenciado en (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014)

Esta resolución consolida en un documento los requisitos de cumplimiento y los procedimientos de habilitación hospitalaria, estos se organizan a partir de los servicios, lo cual facilita la identificación de las posibles fallas de acuerdo al tipo de prestación que se realiza en el centro hospitalario.

1.2 Definición de procesos y servicios de un centro de atención de servicios de salud.

Un centro de atención hospitalaria se encuentra habilitado de conformidad con el sistema obligatorio de garantía de calidad en salud. (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014). Estos centros de salud se clasifican según los servicios que ofrecen al usuario y el nivel de complejidad los cuales se definen de la siguiente manera: (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1990)

- Nivel I: Médico General y/o personal auxiliar y/o paramédico y/o de otras profesiones de la salud.
- Nivel II: Interconsulta, remisión y asesoría de personal de recursos especializados.
- Nivel III: Médico especialista con participación de médico general.
- Nivel IV: Patologías catastróficas.

Para efectos de este manual se definirá para los centros de prestación de salud grupos o servicios, teniendo en cuenta la metodología de evaluación de servicios planteada en la resolución 2003 de 2014: (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014)

- Consulta externa: Centros de atención que no requieren hospitalización u hospedaje de los pacientes o su familia.
- Urgencias: Servicios o atenciones que requieren en algunas ocasiones la estadía de los pacientes y familiares.
- Apoyo diagnóstico y complementación terapéutica: Este servicio se puede considerar mixto, pues la prestación pueden ser para pacientes hospitalizados o usuarios de consulta externa.
- Internación: Se considera todo servicio o proceso que requiere que el paciente y familia permanezcan por más de un día en las instalaciones.

- Quirúrgicos: Todo proceso que requiere intervención física interna del paciente.
- Transporte asistencial: Proceso de transportar los pacientes de un centro asistencial a otro.
- Otros servicios: En este grupo se clasifican los servicios que deben prestarse en un centro de salud para garantizar la óptima prestación de los servicios, como son: alimentación, lavandería, aseo, vigilancia, mantenimiento y esterilización

Es importante clasificar las áreas y servicios, como una metodología de apoyo en el momento de realizar seguimiento a unidades o centros de consumo

1.3 Metodología de mantenimiento aplicada en centros de servicios de salud.

Las normas técnicas legales que direccionan las actividades de intervención de mantenimiento en los centros de atención hospitalarias no definen metodologías directas; estas normas exigen algunos aspectos que deben contener un plan de mantenimiento hospitalarios como es; la existencia de un inventario técnico, de cronogramas de intervención y de calibración de equipos (Superintendencia Nacional de Salud, Marzo de 1997) pero no es el fin de estas realiza un manual o protocolo de cómo hacer una plan de mantenimiento; lo anterior se justifica en el hecho de que el objeto principal de las normas técnicas es establecer lineamientos básicos de funcionamiento seguro de las instituciones.

Por las características de los servicios existentes en un centro de atención hospitalario y por los procesos que se realizan, en estas instalaciones se tienen una cantidad diversa de equipos industriales, como son grupos electrógenos de generación de energía, sistemas de generación de vapor, sistemas de generación

de agua fría, sistemas de calentamientos de agua, generación de aire comprimido y vacío, equipos motrices e iluminación, las características y tipo de equipos industriales de un hospital se puede analizar en detalle en la siguiente guía: (Dirección General de Industria, 2010)

Estos equipos y sistemas requieren garantizar su óptimo funcionamiento en el tiempo, para esto en el actual manual se propone una combinación de varias metodologías de intervención de mantenimiento como son; mantenimiento basado en confiabilidad, en eficiencia, en producción y según estado; haciendo de este manual una guía práctica para la elaboración de planes de mantenimiento en instalaciones hospitalarias enfocados en la eficiencia energética y confiabilidad en la operación de la infraestructura y dotación industrial hospitalaria. Para referenciarse sobre las metodologías de mantenimiento aplicables a equipos industriales se puede consultar textos como los generados por el Departamento de Energía de Estados Unidos. (U.S. Department of Energy., 2010)

En las instalaciones prestadoras de servicios de salud se debe garantizar para su funcionamiento y autonomía el suministro en los servicios de apoyo, como son:

- Servicio de hotelería.
- Alimentación.
- Lavandería.
- Sistemas de transporte.
- Sistemas de generación de energía.
- Almacenamiento y distribución de agua.
- Generación y distribución de gases medicinales.
- Generación y distribución de aire acondicionado.

La demanda y tamaño de estos servicios de apoyo depende de la capacidad de atención del centro de salud y su complejidad, y por tal motivo hace a estas instalaciones atractivas para implementación de metodologías de uso eficiente de

la energía a través de metodologías de mantenimientos, como se describe en el capítulo inicial de la guía par ahorro energético de hospitales. (Dirección General de Industria, 2010)

1.4 Administración de mantenimiento en centros de servicios de salud.

1.4.1 Actividades de mantenimiento.

- **Administración**

Por medio del Plan de Mantenimiento se realizan procesos periódicos para minimizar el riesgo de falla y asegurar la continua operación de los equipos industriales y la seguridad de la infraestructura física. El jefe o coordinador del servicio de mantenimiento, deberá elaborar anualmente el plan de mantenimiento de la infraestructura y de la dotación hospitalaria, en el cual se indiquen las actividades a desarrollar y el presupuesto; como mínimo deben incluirse dos capítulos: uno para infraestructura y otro para dotación técnica.

- **Ejecución**

El Mantenimiento tiene por objeto garantizar condiciones de seguridad que eviten factores de riesgo para la integridad física de las personas que permanecen en las instalaciones de la institución prestadora de servicios de salud, evaluando continuamente los riesgos inherentes vinculados con la calidad, se planean y ejecutan las actividades de mantenimiento, con el fin de prevenir y corregir los potenciales riesgos o daños en la salud de los usuarios, adicional a lo anterior con las actividades planeadas en el presente manual se buscará el control y mejora de los equipos industriales desde el ámbito energético y confiabilidad de los sistemas.

En este manual de mantenimiento se tienen planeado formular actividades preventivas de control y seguimiento sobre los equipos industriales y sistemas, sin

descartar las metodologías de respuesta frente a las actividades correctivas que se presenten. En un centro de prestación de servicios de salud el mantenimiento preventivo se enfoca en procedimientos programados, que se realizan periódicamente y su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones hospitalarias en completa operación.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, corrigiéndolas en el momento oportuno. Con una buena organización del mantenimiento preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, además se llega a conocer puntos débiles de las instalaciones, máquinas y otros. Haciendo una adecuada ejecución del plan de mantenimiento se logra: garantizar la disponibilidad y el funcionamiento eficiente de los recursos físicos, para obtener el rendimiento máximo posible en la inversión de los recursos asignados para el servicio.

Realizando correctamente los procedimientos de mantenimiento se puede tener un insumo importante para la toma de decisiones en las acciones que garantizaran la eficiencia energética y confiabilidad de operación de los servicios. En cambio el mantenimiento correctivo es un procedimiento que se lleva a cabo luego de que ocurra una falla en un equipo, ocasionando parálisis indefinida o el mal funcionamiento de los servicios y da lugar a reparación o reposición de los equipos, muebles o instalaciones. Por lo general requiere de mayor cantidad de mano de obra y aumenta el riesgo, de falla en la atención del servicio en salud.

Después de tener definido un plan de mantenimiento y metodologías de seguimiento se debe socializar a las directivas y demás dependencias de la institución el cronograma de intervención, para que estas actúen coordinadamente con el personal encargado, facilitando el cumplimiento de lo programado.

- Procedimiento

Para garantizar una estructura coherente para lograr el objetivo del presente manual se plantean los siete siguientes factores:

1. Diagnóstico de los equipos industriales

Se debe realizar un diagnóstico anual del estado de los equipos industriales con base en el inventario técnico, este diagnóstico es el insumo principal para la formulación y actualización del plan de mantenimiento.

2. Plan de mantenimiento

Según el diagnóstico anterior se debe formular un plan de mantenimiento, el cual debe contener como mínimo lo siguiente:

- a. Presupuesto.
- b. Inventarios técnicos de equipos industriales y dotación.
- c. Protocolos de mantenimiento de equipos industriales.
- d. Cronograma de intervención de equipos industriales.
- e. Verificación y documentación de los manuales de usuario.
- f. Reporte de los mantenimientos.

Se debe tener en cuenta que la formulación de las actividades de mantenimiento deben tener un enfoque de seguridad, control económico y energético.

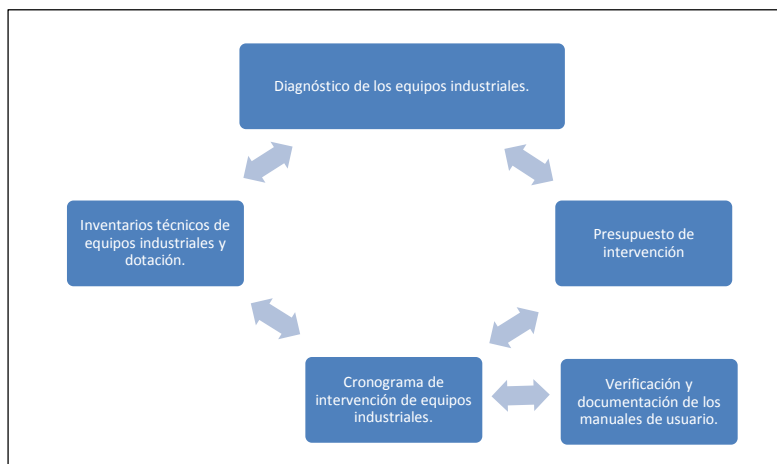


Figura 1. Pasos formulación plan Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Como guía de la información mínima que debe tener cada etapa de la elaboración de un plan de mantenimiento, se propone los siguientes ítems para tener en cuenta:

INVENTARIO						
CODIGO DE INVENTARIO	DESCRIPCION (FUNCIÓN PRINCIPAL DEL ÁREA/EQUIPO)	ÁREA (NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO)	EDIFICACIÓN	PISO	SERVICIO	ÁREA (METROS CUADRADOS. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA)

Tabla 1. Formato de inventario técnico

Fuente: Elaboración propia

HOJA DE VIDA						
ESTADO FUNCIONAMIENTO DEL ÁREA/EQUIPO	SEVERIDAD	FRECUENCIA DE DAÑO	CRITICIDAD DEL EQUIPO	FRECUENCIA DE INTERVENCION	PROTOCOLO(SI/NO)	RESPONSABLE MANTENIMIENTO

Tabla 2. Formato Hoja vida Equipo

Fuente: Elaboración propia

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO (REGISTRO DEL CUMPLIMIENTO)					
ENE/FEB	MAR/ABRIL	MAYO/JUNIO	JULIO/AGOS	SEPT/OCT	NOV/DIC

Tabla 3. Formato Cronograma de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Con la anterior información se formulan las actividades de mantenimiento preventivo enfocado en la eficiencia energética y confiabilidad de operación de los servicios, realizando las tareas programadas según los protocolos definidos para los equipos industriales. Teniendo en cuenta el cronograma y la metodología de intervención.

- Identificar las necesidades de mantenimiento correctivos (No programados)

Aunque no hace parte integral del plan de mantenimiento se debe contemplar una metodología de atención y registro de actividades correctivas o no programadas,

pues estas son de suma importancia en el suministro de información para la toma de decisiones. Estas actividades se pueden identificar (mantenimientos correctivos, no programados) para equipos industriales, por medio de un reporte de falla o anomalía, el cual debe tener medios oficiales de informar: por medio de un aplicativo de software (software administrador de mantenimiento) llamada o reporte escrito. Si se presentan daños en equipos industriales de alta criticidad, como es el caso de aire acondicionado en cirugía, urgencias, laboratorio, unidad de cuidado intensivo, trasplante, laboratorios; el área de mantenimiento debe establecer medidas especiales de atención, como son personal disponibles o equipos de respaldo para el servicio de apoyo

- Seguimiento

Para realizar seguimiento al cumplimiento de los planes de mantenimientos y las actividades de intervención se deben conformar comités de análisis, definiendo indicadores de control y mejora continua, los cuales deben estar bajo la responsabilidad del jefe de mantenimiento. El objetivo de estas reuniones y definiciones de indicadores es realizar el análisis sistemático de los factores de mejora y de éxito

1.4.2 Soportes y servicios técnicos para centros de servicios de salud.

Para la prestación de servicios de salud en una instalación se requiere garantizar la existencia de una infraestructura adecuada, según el servicio y el nivel de complejidad que se pretende ofrecer; (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1990) también se debe garantizar una dotación técnica de equipos industriales, como los procesos de mantenimiento y calibración necesaria para su óptimo funcionamiento.

Los lineamientos del tipo de construcción y las características de la infraestructura los direcciona la resolución (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014), la cual indica las condiciones que cada espacio físico requiere y los servicios de apoyo que se deben tener; para garantizar la continuidad de los servicios asistenciales y de apoyo se deben contar con equipos industriales.

Los niveles de complejidad de los centros de atención, como las características de los equipos industriales que garantizan los servicios de apoyos los define el decreto (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1990) y la resolución 5261 (Ministerio de Salud, 1994), en la cual también se define:

- Infraestructura hospitalaria: edificios, instalaciones físicas, redes eléctricas, sistemas de comunicaciones, telefónicas, hidráulicas y vapor, redes locales, redes de conducción de gases medicinales y las áreas adyacentes a las edificaciones.
- Dotación hospitalaria: equipo industrial de uso hospitalario, equipo biomédico, muebles para el uso administrativo y asistencial, equipos de comunicación e informática.
- Equipo industrial de uso hospitalario: plantas eléctricas, equipos de lavandería y cocina, calderas, bombas de agua, autoclaves, equipo de seguridad, refrigeración y aquellos equipos relacionados con el servicio de apoyo hospitalario.
- Equipo biomédico: todo aparato o máquina, operacional y funcional, que reúna piezas eléctricas, mecánicas o híbridas; desarrollado para realizar actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación en servicios de salud.
- Equipos de comunicación e informática: equipos de cómputo, centrales telefónicas, radiotelecomunicaciones, equipos que permitan procesamiento

y transcripción de información y todos aquellos que conformen el sistema de información hospitalario.

- Mantenimiento hospitalario: actividad técnico administrativa dirigida a prevenir averías, y a restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento, así como las actividades a mejorar el funcionamiento de un equipo.

La dotación técnica de un centro de atención hospitalario tiene dos objetivos, uno es el apoyo en la prestación de servicios de salud en el diagnóstico y tratamiento y el otro es la generación de servicios de apoyo para la prestación de salud, aunque los equipos industriales no tienen contacto directo con el paciente o familiares, ni tampoco son usados en los procesos asistenciales o de tratamientos, son de vital importancia en el funcionamiento del centro, y su óptimo funcionamiento garantiza la seguridad del paciente y sus acompañantes; a estos equipo se les debe garantizar un adecuado mantenimiento y seguimiento a su funcionalidad.

Entre los equipos industriales más representativos en un centro de salud se tienen:

- Equipos generadores de energía (Grupos electrógenos): Equipos diseñados para realizar generación de energía eléctrica, con un a tensión, frecuencia e intensidad necesaria, está compuesta por suministro de combustible, entrada de aire, refrigeración, motor, generador y sistema de control
- Compresores de aire: Sistemas que teniendo como insumo aire ambiente, pueden generar aire comprimido industrial o aire comprimido medicinal.
- Enfriadores de agua: Sistema de refrigeración por el cual, se utiliza agua para intercambio de temperatura.
- Sistemas de transporte: Ascensores, malacates, grúas.
- Generadores de vapor: Equipos que por medio de agua y un combustible, generan vapor.
- Equipos industriales usados en el servicios de lavandería (lavadoras, secadoras, planchas industriales, etc.)

- Equipos de servicios de alimentación
- Equipos motrices (bombeo, transporte)
- Iluminación: La iluminación se clasifica como un equipo industrial por su importancia y representación en los centros de servicios de atención en salud, se considera que es el 35% del consumo energético de un centro hospitalario. (Dirección General de Industria, 2010)

1.4.3 Indicadores normativos para centros de servicios de salud.

Para un centro de atención hospitalaria se tiene definido según la resolución 2003 de 2014 (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) indicadores con objetivos de seguridad en la prestación de servicio de salud, también definen un sistema de gestión de información para toma de decisiones de seguridad y salud pública, en esta norma se definen indicadores de obligatorio cumplimiento, pero en el ámbito técnico e industrial no tiene definido la formulación y el cumplimiento de indicadores sobre los planes de mantenimiento, ni mucho menos indicadores enfocados en control energético de los servicios de apoyo, como son la energía eléctrica, el consumo de agua, la generación de vapor y generación de frío.

1.4.4 Indicadores de mantenimiento para centros de servicios de salud.

En los procesos industriales existen diferentes fuentes para la toma de decisiones en el mejoramiento continuo, como son los indicadores y auditoría. Los indicadores son un instrumento que provee evidencia cuantitativa acerca de una determinada situación mostrando si los objetivos han sido logrados, permitiendo identificar brechas entre la situación actual y la situación deseada. En el campo industrial los indicadores deben buscar el mejoramiento continuo identificando por medio de

valores en registros los aspectos a mejorar en los procesos, permitiendo desarrollar la capacidad de autocontrol y aprendizaje organizacional

Un indicador para un centro de atención en salud debe contar con las siguientes características, según el programa de auditoria para el mejoramiento de la salud (Ministerio de la Protección Social, Decreto Número 1011 de 206, 2006)

- **Confiable:** Un indicador se considera confiable o consistente, si los datos o fuente de información son entregados por un sistema coherente y no subjetivo, los datos fuentes del cálculo del indicador sean elaborados en forma sistemática y no dependen de criterio humano periódicamente para su cálculo, así podrá realizar comparaciones con otros indicadores similares en otras instalaciones.
- **Válido:** El indicador mide o referencia efectivamente lo que se pretende medir y no otra variable.
- **Sensible:** La sensibilidad de un indicador se identifica cuando al modificar las variables de seguimiento y control se modifica el valor del indicador, es la capacidad del indicador de percibir los cambios en la calidad y no generar los falsos negativos
- **Específico:** Un indicador es específico si no se modifican sus resultados por variables ajenas a las que conforman el indicador. La especificidad es una de las características más importantes de un indicador, pues la que nos garantiza la veracidad y credibilidad del mismo.
- **Asertivo:** El indicador debe entregar información necesaria para tomar decisiones en pro de mejora continua de los procesos, por tal motivo el

indicador debe ser acorde a los procesos. El indicador debe medir variables de control y que tienen injerencia directa en el proceso.

- General: Los indicadores deben ser definidos para cada proceso, de forma sistemática y con una periodicidad definida, para conocer oportunamente si se está logrando o no la meta deseada. Los diferentes indicadores formulados deben ser incluyentes entre los procesos, para la búsqueda global del mejoramiento del sistema.

A continuación se propone un formato de ficha de indicador, para tener como base en el momento de formular un indicador.

Ficha elaboración de indicador				
Nombre del indicador			Código del indicador	
Justificación			Peso % en el proceso	
Numerador		Fuente de información		
Denominador		Fuente de información		
Unidad de medición		Factor (factor de injerencia sobre el indicador)		
Fórmula				
Periodicidad de cálculo		Periodicidad de análisis		
Responsable del indicador		Responsable del análisis		
Intervalo de desarrollo del indicador				

Tabla 4. Formato Ficha elaboración indicador

Fuente: Elaboración propia

2. ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO SEGÚN SERVICIOS Y EQUIPOS EN CENTROS PRESTADORES DE SERVICIOS DE SALUD.

Para la prestación de servicios de salud, en una instalación física, se requiere garantizar la existencia de una infraestructura adecuada, según el servicio y el nivel de complejidad; también se debe garantizar una dotación técnica de equipos, procesos de mantenimiento y sistema de gestión de calibración.

Los lineamientos del tipo de construcción y las características de la infraestructura los direcciona la resolución (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) la cual indica qué espacios físicos requiere la instalación y cuáles son los equipos en general que se deben tener para garantizar el cumplimiento del decreto (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1990) y la resolución 5261 (Ministerio de Salud, 1994)

2.1 Dotación técnica en un centro de servicios de salud.

En un centro de atención de salud se pueden definir dos tipos de equipos técnicos;

- Apoyo en la prestación de servicios de salud (Dotación biomédico) en el diagnóstico y tratamiento.
- Servicio de apoyo (Dotación industrial): Equipos para generar los servicios de apoyo en la prestación de salud, no tiene contacto con el paciente.

Con base en lo anterior se define en el presente para el presente manual:

- Dotación hospitalaria: equipo industrial de uso hospitalario, equipo biomédico, muebles para el uso administrativo y asistencial, equipos de comunicación e informática.
- Equipo industrial de uso hospitalario: plantas eléctricas, equipos de lavandería y cocina, calderas, bombas de agua, autoclaves, equipo de seguridad, refrigeración y aquellos equipos relacionados con el servicio de apoyo hospitalario.
- Equipo biomédico: todo aparato o máquina, operacional y funcional, que reúna piezas eléctricas, mecánicas o híbridas; desarrollado para realizar actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación en servicios de salud.
- Equipos de comunicación e informática: equipos de cómputo, centrales telefónicas, radiotelecomunicaciones, equipos que permitan procesamiento y transcripción de información y todos aquellos que conformen el sistema de información hospitalario.

2.2 Equipos industriales en un centro prestador de servicios de salud.

Los equipos industriales existente en un centro de atención de salud, están principalmente para generar los servicios de apoyo como son:

- Generación, transformación y distribución de energía eléctrica.
- Almacenamiento y distribución de sistemas de agua.
- Transporte de personas y materia prima.
- Sistemas de calefacción (Vapor, agua caliente, etc.).
- Generación, transformación y distribución en sistemas de ambientes controlados (aire acondicionado, ventilación, etc.).

Las capacidades y características técnicas de estos equipos y sistemas están directamente relacionadas con el nivel de complejidad del centro de atención y la capacidad de atención al personal con la que cuente el servicio.

Los equipos industriales más representativos en un centro de atención de salud son los siguientes:

EQUIPO O SISTEMAS	FUNCIÓN PRINCIPAL
Subestación eléctrica, Gabinetes eléctricos, equipos de maniobra, equipos de protección. Red eléctrica de la edificación (tableros, alimentadores y acometidas)	Garantizar la continuidad segura de suministro, distribución y protección* de energía eléctrica.
Grupo electrógeno de generación de energía. Motor, generación, almacenamiento y distribución de combustibles, intercambiadores de calor y equipos de control.	Garantizar la generación de energía segura en caso de una falla o ausencia por parte del operador del servicio de energía eléctrica externo a la institución.
Ascensores y sistemas de transporte	Traslado de personal, asistencia, usuarios y materias primas
Tanques de agua potable y residual Sistemas de red de agua, transporte y almacenamiento. Planta de tratamiento de agua	Garantizar suministro y distribución de agua potable.
Sistemas motrices, de bombeo y de ventilación	
Generación, almacenamiento y distribución de gases medicinales. Oxígeno, aire y vacío. Motores generadores de aire. Bomba de succión de vacío Equipos de control y almacenamiento manifold**.	Garantizar la existencia de aire medicinal para los procesos asistenciales.
Sistemas de refrigeración. Enfriador de agua (chiller) Unidades manejadoras de aire. Condensadoras de aire. Torres de enfriamiento.	Garantizar la temperatura y ambiente adecuado en las áreas. Apoyo en el funcionamiento de equipos biomédicos.
Sistemas de calefacción. Generación de agua caliente. Equipos de precisión de aire acondicionado Generadores de vapor (calderas)	Garantizar la temperatura y ambiente adecuado en las áreas. Procesos de esterilización
Equipos de telecomunicaciones Planta telefónica Servidores y hardware de almacenamiento de información digital. Sistemas de control electrónico y digital	Almacenamiento, estructura e intercambio de información digital

EQUIPO O SISTEMAS	FUNCIÓN PRINCIPAL
Sistemas de iluminación.	Garantizar niveles de iluminación adecuados para procedimientos, tratamientos y circulación del personal

Tabla 5. Función equipos industriales

Fuente: Elaboración propia

Aclaración:

*: Protección de energía eléctrica: Equipos designados dentro de una instalación o infraestructura eléctrica para la protección y seguridad del suministro de energía, como son; transformadores de aislamientos, estabilizadores de tensión, sistemas continuos de suministro de energía, etc.

** : Manifold: Sistemas de distribución automático de respaldo de gases medicinales.

2.3 Definición de áreas (centros de costos energéticos) según la prestación de servicios de salud.

En un centro de atención de salud se definirá para efectos de control de los costos energéticos los servicios de salud para los cuales está habilitado, teniendo presente que a cada centro de costo se le debe hacer seguimiento y gestión sobre los consumibles energéticos relacionados con cada equipo o variable de control que le suministro un servicio de apoyo.

Para efectos de este manual se propone los siguientes centros de costos:

- Consulta externa
- Urgencias
- Apoyo diagnóstico y complementación terapéutica
- Internación
- Quirúrgicos
- Transporte asistencial

- Otros servicios

2.4 Definición de criticidad de un equipo industrial en centros prestadores de servicios de salud.

El análisis de criticidad de los equipos industriales de un centro de atención en salud, permitirá jerarquizar el nivel de prioridad de intervención según los procesos y servicios que se ven afectados por su funcionamiento, esta definición de criticidad de los equipos facilitará la toma de decisiones sobre los tipos de intervenciones y seguimiento que se le debe programar al equipo industrial y servicio.

Para la metodología de análisis de criticidad se debe establecer parámetros de evaluación, que permitan tomar un sistema complejo de equipos y subdividirlos en función de la prestación de servicios asistenciales, para así definir actividades puntuales de intervención técnica y de mantenimiento en búsqueda de control y seguimiento.

El resultado de este análisis de criticidad de equipos debe entregar la información necesaria para:

- Realizar protocolos de intervención de mantenimiento proactivo, predictivo y preventivo
- Priorizar ordenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento y eficiencia energética
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales

Según el grado de criticidad del equipo dentro de su función en la prestación de servicios de salud se debe establecer medidas de intervención o de seguimientos, esto con el fin de controlar y minimizar el impacto que tiene una posible falla de este elemento dentro del sistema, para el presente manual se tiene definida los siguientes rangos de criticidad de equipos en un centro de atención hospitalario

COLOR	CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS	DECISIÓN A TOMAR
Rojo	ALTA CRITICIDAD	Inadmisible. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.
Amarillo	MEDIA CRITICIDAD	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, procedimientos, protocolos, lista de verificación).
Verde	BAJA CRITICIDAD	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos.

Tabla 6. Criticidad equipos industriales

Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación de alta, media o baja criticidad depende desde el punto de referencia que se analice el equipo industrial, pues existen varias metodologías para definir qué tipo de clasificación se le puede dar a los equipos, para efectos del presente manual se evaluará el listado de equipos industriales desde el nivel de referencia de un solo riesgo; el cual es que el equipo no realice adecuadamente su función (fallas intermitentes o prolongadas de su función). Teniendo en cuenta que el riesgo que no se ejecute adecuadamente la función del equipos es una situación o escenario de análisis potencial, que puede ocurrir o no y que puede ocasionar un inadecuado funcionamiento del equipo o proceso.

2.4.1 Metodología de análisis de criticidad de equipos industriales en centro de atención hospitalaria

Para definir el nivel de criticidad de un equipo industrial y el tipo de intervención que se le debe realizar se tendrá el siguiente procedimiento:

Definir los equipos industriales a los cuales se les realizará el análisis:

A cada equipo industrial seleccionado se le debe evaluar según el riesgo identificado la frecuencia y la consecuencia de este, teniendo en cuenta en la consecuencia del

riesgo cuatro grupos de interés que son afectados por este riesgo, la falla que provoca el riesgo se debe identificar en el grupo de interés más significativo, seleccionando el número de consecuencia a la cual está relacionado y hacer un cruce con la frecuencia de ocurrencia de este.

Conociendo el número (valor) de consecuencia y la frecuencia de ocurrencia se debe clasificar según la matriz de nivel de criticidad de equipo industrial en un centro de atención de salud el nivel de criticidad del equipo.

Con el nivel de criticidad identificado se verifica la decisión a tomar en el plan de intervención del equipo.

Como ejemplo de la metodología anterior y teniendo en cuenta la definición de riesgo citado anteriormente se evaluará y ubicará el nivel de criticidad de cada equipo en una matriz de clasificación de riesgo, y según la clasificación del equipo se procederá a realizar las intervenciones propuestas.

- El tipo de riesgo analizar es: El equipo industrial del centro de atención de salud no realice adecuadamente la función para la cual fue constituido dentro de un sistema y que en consecuencia ponga en riesgo la presentación del servicio, la vida humana o que haga uso inadecuado de los recursos técnicos o ambientales.

						Frecuencia			
		Usuario	Acompañantes	Económicas	Ambientales	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa
						<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
<u>Consecuencia</u>	<u>4</u>	Una o más muertes	Infección en grupo familiar por uso inadecuado de la tecnología	Daño grave en infraestructura	Contaminación irreparable	MEDIO	MEDIO	Alto	Alto
	<u>3</u>	Incapacidad permanente	Falta de capacitación del uso del equipo	Daños mayores	Contaminación mayor	MEDIO	MEDIO	Alto	Alto
	<u>2</u>	Incapacidad temporal	Incapacidad temporal (sin incapacidad) por falta de modo uso domiciliario	Daños severos, interrupción temporal	Efecto menor	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	<u>1</u>	Lesión Menor (sin incapacidad)	Falta del modo de uso del equipo en domiciliario	Daño importantes	Sin efectos	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Tabla 7. Matriz de nivel criticidad de equipos industriales en un centro de atención de salud

Fuente: Elaboración propia

Para los equipos industriales de la subestación eléctrica, Gabinetes eléctricos, equipos de maniobra, equipos de protección, grupo electrógeno de generación de energía, motor, generación, almacenamiento y distribución de combustibles, intercambiadores de calor, equipos de control, red eléctrica de la edificación (tableros, alimentadores y acometidas), generación, almacenamiento y distribución de gases medicinales. Oxígeno, aire y vacío, bomba de succión de vacío y equipos de control y almacenamiento manifold.

Se clasifica:

Frecuencia: En la institución de salud donde se realiza el diagnóstico esta falla ha ocurrido en la empresa alguna vez (evidenciado). Se clasifica con C.

Consecuencia: Al presentarse esta falla en el equipo industrial tiene el riesgo de ocasionar un daño por una o más muertes, pues la institución donde se está realizando el ejercicio es de Nivel III y en esta se encuentran equipos biomédicos que realizan asistencia médica al paciente a pacientes de estado crítico y una falla eléctrica puede ocasionar la falla del equipo y la muerte del paciente. Se clasifica con 4.

Ubicando en la tabla la celda C4, se tiene como resultado una clasificación de riesgo Alto.

Para los equipos industriales: Ascensores, sistemas de transporte, tanques de agua potable y residual, sistemas de red de agua, planta de tratamiento de agua, sistemas motrices y de ventilación, sistemas de refrigeración, enfriador de agua (chiller), unidades manejadoras de aire, condensadoras de aire, torres de enfriamiento, sistemas de calefacción, generación de agua caliente, equipos de precisión de aire acondicionado y generadores de vapor (calderas). Se clasifica:

Frecuencia: En la institución de salud donde se realiza el diagnóstico esta falla ha ocurrido varias veces al año. Se clasifica con D.

Consecuencia: Al presentarse esta falla en el equipo industrial tiene efectos menores en la prestación del servicio y no pone en riesgo la vida de los pacientes. Se clasifica con 2.

Ubicando en la tabla la celda D2, se tiene como resultado una clasificación de riesgo Medio.

Para los equipos industriales: equipos de telecomunicaciones, planta telefónica, servidores y hardware de almacenamiento de información digital, sistemas de control electrónico y digital y sistemas de iluminación. Se clasifica:

Frecuencia: En la institución de salud donde se realiza el diagnostico esta falla ha ocurrido varias veces al año. Se clasifica con D.

Consecuencia: Al presentarse esta falla en el equipo industrial tiene efectos de incapacidad permanente y daños mayores a la economía de la empresa, por tal motivo se e clasifica con 3.

Ubicando en la tabla la celda D3, se tiene como resultado la clasificación de riesgo Alto.

EQUIPO	TIPO DE RIESGO	CALIFICACIÓN DE FRECUENCIA	CALIFICACIÓN DE GRAVEDAD	CALIFICACIÓN DE RIESGOS
Subestación eléctrica, Gabinetes eléctricos, equipos de maniobra, equipos de protección. Red eléctrica de la edificación (tableros, alimentadores y acometidas)	El equipo industrial del centro de atención de salud no realice adecuadamente la función para la cual fue constituido dentro de un sistema y que en consecuencia ponga en riesgo la presentación del servicio, la vida humana o que haga uso inadecuado de los recursos técnicos o ambientales.	<u>C</u>	<u>4</u>	Alto
Grupo electrógeno de generación de energía. Motor, generación, almacenamiento y distribución de combustibles, intercambiadores de calor y equipos de control.		<u>C</u>	<u>4</u>	Alto
Ascensores y sistemas de transporte		<u>d</u>	<u>2</u>	Medio
Tanques de agua potable y residual Sistemas de red de agua, transporte y almacenamiento. Planta de tratamiento de agua		<u>d</u>	<u>2</u>	Medio
Sistemas motrices, de bombeo y de ventilación		<u>d</u>	<u>2</u>	Medio
Generación, almacenamiento y distribución de gases medicinales. Oxígeno, aire y vacío. Motores generadores de aire. Bomba de succión de vacío Equipos de control y almacenamiento manifold**.		<u>C</u>	<u>4</u>	Alto
Sistemas de refrigeración. Enfriador de agua (chiller) Unidades manejadoras de aire. Condensadoras de aire. Torres de enfriamiento.		<u>d</u>	<u>2</u>	Medio
Sistemas de calefacción. Generación de agua caliente. Equipos de precisión de aire acondicionado Generadores de vapor (calderas)		<u>d</u>	<u>2</u>	Medio
Equipos de telecomunicaciones Planta telefónica Servidores y hardware de almacenamiento de información digital. Sistemas de control electrónico y digital		<u>d</u>	<u>3</u>	Alto
Sistemas de iluminación.		<u>d</u>	<u>3</u>	Alto

Tabla 8. Ejemplo de matriz para la clasificación de criticidad de equipo industrial en centro de atención de salud

Fuente: Elaboración propia

2.5 Servicios públicos en centros prestadores de salud.

Para el funcionamiento de un centro de atención de salud se requieren de diferentes insumos, entre los que se cuentan los energéticos entregados por las empresas operadoras de los servicios públicos, como son: Energía eléctrica, agua, gas natural y telecomunicaciones. Entre estos servicios públicos el más representativo es el de energía eléctrica, pues la mayoría de la dotación biomédica e industrial funcionan con este energético, como lo referencia el capítulo 1 (Dirección General de Industria, 2010)

Por la dependencia que los procesos asistenciales tienen de la energía eléctrica, del agua y del gas natural para la prestación con calidad de los servicios de salud; en los centros de prestación de salud se deben tener medidas de contingencia en caso de falla de suministro por parte de los operados de red, como es:

- Grupos electrógenos de generación de energía.
- Tanques de almacenamiento de agua
- Tanques de almacenamiento de gas

Esto es con el fin de respaldar por un tiempo la falta de suministro por el operador de red de servicios públicos.

La resolución 2003 de 2014 (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) cita que según el nivel de complejidad del centro de atención hospitalario se debe tener una planta eléctrica para emergencias y tanques adicionales de almacenamiento de agua, pero no indica el tipo de clasificación para el mantenimiento de este equipo y el seguimiento que se le debe hacer para garantizar su correcto funcionamiento.

3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA ENERGETICA PARA CENTROS DE ATENCIÓN PRESTADORES DE SALUD.

3.1 Mantenimiento centrado en eficiencia energética.

En la actualidad existen estudios especializados sobre metodologías para la implementación del mantenimiento centrado en la eficiencia energética, como también existe creación de normas internacionales, (ISO Organización Internacional de Normalización, 2011) en las cuales se establecen estrategias y formas de implementación de un sistema de gestión energética para diferentes empresas; en el ámbito nacional con los entes gubernamentales y en convenios con universidades se han realizado manuales y metodologías de gestión que sirvan como guías y herramienta en el momento de realizar e implementar un sistema de gestión integral de eficiencia energética (Universidad del Atlántico & Universidad Autónoma de Occidente). Estas normas y sistemas de gestión indican que la implementación adecuada, pues por el momento es de uso voluntario para las empresas, puede tener un ahorro hasta del 60% del consumo de la energía mundial (ISO Organización Internacional de Normalización, 2011).

No es propósito de este manual detallar y enfocarse en las diferentes metodologías y sistemas que se pueden aplicar en la industria para la gestión energética, pues en el medio técnico se pueden encontrar escritos especializados a la gestión energética de cada sistema o equipo industrial, como propuesta para profundizar el tema se recomienda la información encontrada en la página principal de “U.S. Department of Energy. Federal Energy Management Program” (U.S. Department of Energy., 2010).

Teniendo como referencia la metodología planteada en la ISO 50001 (ISO Organización Internacional de Normalización, 2011), lo planteado en la guía para la implementación de sistemas de gestión integral de la energía (Universidad del Atlántico & Universidad Autónoma de Occidente) y en el modelo de gestión energética para el sector productivo nacional (Campos Avella, Prías Caicedo, Vidal Medina, & Lora Figueroa, Enero 30 Junio 2008) se recomienda el siguiente sistema de gestión para ser implementado en un centro de atención en salud, teniendo en cuenta que los objetivos son:

- Implementar las acciones necesarias para la optimización del uso de la energía en todas sus ambientes
- Conocer el uso parámetros de uso de los energéticos de la institución
- Identificar costos durante todo el proceso productivo de la empresa
- Mejorar la competitividad
- Ejercer un impacto ambiental positivo al interior de la empresa
- Mejorar la imagen de la empresa

Para lograr estos objetivos se debe tener un conocimiento amplio del funcionamiento de la institución, de la función de cada equipo, sistemas y centro de costos asociado, se debe conocer a detalle cada entrada y salida de los sistemas técnicos, administrativos, así como el impacto que tiene el producto final y la imagen de la empresa. Se debe tener desde lo más alto de la gerencia de la empresa políticas de gestión energética, con el compromiso de su cumplimiento de todos los niveles administrativos y técnicos.

Para la implementación de un sistema de gestión energética se debe ejecutar actividades cíclicas, que constantemente se estén retroalimentado de los resultados medidos, algunos ejemplos generales de las actividades que se deben tener son:

- **Definición de políticas y compromisos**

Se debe integrar las políticas de gestión energética de la empresa con el sistema integral de gestión general, se debe tener un compromiso de la alta gerencia desde la inversión hasta la exigencia de los resultados. La dirección de la empresa debe definir un gestor (responsable del proceso) energético el cual debe responder por los resultados de la implementación, este debe ser un profesional conocedor del tema energético y con capacidades técnico administrativas para la toma de decisiones y seguimiento a las mismas.

- **Auditorías y evaluación.**

Se debe realizar evaluación del estado inicial, identificación de los puntos de mejora y puntos de fortalecimiento, para conocer en detalle la cadena de uso de la energía dentro de la institución; en esta etapa se debe documentar todo lo evidenciado, con sus respectivas propuestas y planes, se deben tener en cuenta los siguientes cinco factores:

1. Identificación de elementos que consumen energía.
2. Características de los energéticos consumidos en los procesos
3. Inventario técnico (con las características de consumo) de los equipos
4. Valores
5. Graficas de consumos, entradas, salidas.

Como guía para realizar una correcta auditoria de recursos energéticos de una institución se puede consultar (Hill B. & Figueroa, 2007).

- **Definición de ciclos de procesos con las variables y parámetros técnicos**

Se debe consolidar el uso de los energéticos, especificando características y cantidades, el nivel de detalle debe ser enfocado a los procesos o ciclos donde se evidencie mayor consumo, para encontrar este punto o rango de consumo mayor se puede utilizar metodologías de distribución como el análisis de Pareto.

Con la identificación de estos ciclos y parámetros se deben definir los indicadores de gestión.

- **Definición de indicadores de gestión energética.**

Los insumos para definir los indicadores de gestión se derivan de conocer el proceso de cada equipo y sistema, conocer las variables de consumo, producción, valores de eficiencia de los equipos, índices de consumos y la naturaleza y función de cada sistema.

- **Plan de seguimiento, control y mejora del sistema de gestión energética**

Para la toma de decisiones se debe tener en cuenta el comportamiento de las variables y parámetros de control, comparando constantemente con los indicadores. Para el análisis se debe definir una estrategia de seguimiento y mejora continua, del sistema de gestión energética, con la entrega de informes de gestión a la alta gerencia

- **Capacitación al personal**

En la implementación de un sistema de gestión energética la información entregada por el operador o técnico de mantenimiento es de importancia para la toma de decisiones, y una de las formas como se garantiza que la información entregada por el operador es útil es tener identificado un plan de capacitación técnica sobre las competencias del personal sobre el sistema integral de gestión energética. También se debe socializar el programa con todas las dependencias de la organización.

3.2 Estructura para el mantenimiento centrado en la eficiencia energética en centros de prestación de salud.

Los equipos industriales existentes en una edificación prestadora de servicios de salud, fueron constituidos dentro de un sistema para garantizar el suministro de

servicios de apoyo, como son energía eléctrica, agua, gas, aire medicinal, calor, frío y telecomunicaciones, el plan de mantenimiento de estas instituciones se realiza para garantizar que estos equipos y servicios continúen desempeñando la función para la cual fueron definidos, con los niveles de confiabilidad y calidad exigidos por las normas vigentes; estas actividades del mantenimiento se enfocan a prevenir las fallas y garantizar la funcionalidad de los equipos. Considerando que la eficiencia y el mayor consumo de energía del equipo para su funcionamiento no se clasifica como una falla, pues en algunas ocasiones no cambia ni altera la función para la cual el equipo fue constituido dentro del sistema, el programa de mantenimiento habitual de un centro de atención en salud no se enfoca a tener metodologías de intervención para el control energético.

Por lo anterior y como objetivo planteado en el presente manual se desarrollará una estructura de mantenimiento para un centro de atención en salud enfocado a garantizar la continuidad de prestación del servicio con calidad y a la eficiencia energética de los equipos y sistemas; para lograr esto se tiene la necesidad de conocer dentro de un centro de atención de salud:

- El funcionamiento administrativo y asistencial.
- Las características de los servicios de apoyo
- Los equipos industriales necesarios para garantizar los servicios de apoyo
- Normas legales y técnicas que direccionan el centro de salud.

Conociendo las anteriores características de los centros de atención en salud, la propuesta para el desarrollo de este manual, es realizar una combinación de las diferentes técnicas que existen para la ejecución de mantenimiento (Lindley R. & Darrin J, 2008) y con estas hacer los protocolos de intervención de cada equipo industrial y teniendo en cuenta la metodología recomendada por el Programa Federal de Gestión de la Energía (FEMP) EE.UU capítulo 3 (U.S. Department of Energy., 2010) integrarlos en un sistema que contenga los cinco componentes de

un correcto mantenimiento, los cuales son: operación, ingeniería, administración, formación y mantenimiento (OMETA).

- Mantenimiento TPM:

Mantenimiento basado en la producción, integra los protagonistas y parámetros que intervienen en el proceso de producción.

1. Aseo
2. Origen de la suciedad y desorden,
3. Procedimientos de orden y aseo.
4. Inspección general.
5. Auto inspecciones.
6. Orden y Armonía.
7. Optimización en la actividad.

- Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM (fiabilidad/confiabilidad)

Actividades de mantenimiento planeadas según las posibles fallas y pérdidas de la funcionalidad del sistema.

- RCA

Análisis causas raíz, método de solución de problemas.

- RBI

Inspección basada en riesgos.

- OCR

Mantenimiento basado en la optimización costo riesgo: Analizar el estado de los equipos para diagnosticar cual es el momento más oportuno para realizar intervención.

- RAM

Mantenimiento basado en confiabilidad-disponibilidad-mantenibilidad. Permite pronosticar para un periodo determinado de tiempo la disponibilidad y el factor de servicio de un proceso de producción, basado en la confiabilidad de sus elementos y la filosofía del mantenimiento.

El reto de este manual es hacer una combinación efectiva de estas metodologías, con la prioridad de seguridad en la atención en salud de los centros de atención y formular un manual para el desarrollo del plan de mantenimiento. En la actualidad se evidencia que esta prioridad de análisis para actividades de intervención de mantenimiento en centros de salud, toma importancia y se está generando una conciencia técnica del riesgo de no hacerlo correctamente. (GUO & YUAN, 2009).

Teniendo como guía la propuesta de estructura de mantenimiento (OMETA) (U.S. Department of Energy., 2010) se plantea el siguiente cuadro de estructura para la formulación de las etapas de mantenimiento centrado en la eficiencia energética.

Estructura del mantenimiento.					
	Operación o manejo de la institución	Mantenimiento	Ingeniería	Formación	Administración
Administración - Apoyo - Planeación	Se debe tener una metodología de planeación y administración del plan de mantenimiento, para garantizar su cumplimiento. Estas actividades deben estar apoyadas por la dirección de la empresa	Desde la administración del mantenimiento se debe garantizar el cumplimiento de lo planeado y continuidad de la operación. Desde la planeación del plan de mantenimiento se debe definir el alcance y la necesidad de definir	Se debe garantizar la aplicación de técnicas de ingeniería en el diagnóstico y ejecución de las actividades de mantenimiento.	Desde la administración se debe formular constantemente planes de entrenamientos según la necesidad de la operación para los ingenieros, técnicos, operaciones, colaborador,	La administración debe tener políticas definidas que apoyen y garanticen la ejecución de un plan de mantenimiento para equipos industriales enfocados en la

Estructura del mantenimiento.					
	Operación o manejo de la institución	Mantenimiento	Ingeniería	Formación	Administración
		la eficiencia energética como una posible falla de los equipos.		usuarios y visitantes.	eficiencia energética.
Conocimiento - Control - Operación	Desde la operación o manejo de la institución se debe conocer el control del proceso de mantenimiento, y garantizar el cumplimiento de las políticas tomadas para el control de la eficiencia	En el programa de mantenimiento se debe tener definido la función de cada equipo industrial y la interacción que tiene con los servicios asistenciales.	Evaluar constantemente el conocimiento de ingeniería y métodos de control de los planes y técnicos que ejecutan el mantenimiento.	La formación debe estar enfocada al conocimiento necesario para el cumplimiento de los objetivos del plan de mantenimiento.	La administración debe tener conocimientos generales de los objetivos del plan de mantenimiento
Equipos - Dotación	Desde la operación se debe conocer la función de cada equipo industrial y la necesidad en el proceso asistencial.	El plan de mantenimiento implementado debe ser acorde a los equipos y dotación que se tiene en la institución	Los equipos y dotación deben ser acordes a la necesidad de los servicios ofrecidos.	Tener planes de capacitación de manejo de equipos y dotación de la institución	Debe tener metodologías de análisis y evaluaciones gerenciales del estado y función de los equipos y dotación.
Ejecución - Procedimientos	En la planeación del mantenimiento se tiene en cuenta la operación de los servicios asistencial, así en el momento de la ejecución este es acorde a las necesidades de la institución.	Para lograr los objetivos de un plan de mantenimiento se debe garantizar que a los equipos de la institución se le ejecute el plan de mantenimiento según los	En la ejecución de las actividades de mantenimiento debe identificar claramente los métodos de ingeniería implementados	Capacitar al personal sobre ejecución de planes de mantenimiento y los objetivos de los mismos.	La administración debe conocer en forma gerencial el cumplimiento de los planes de intervención de mantenimiento, como el plan de

Estructura del mantenimiento.					
	Operación o manejo de la institución	Mantenimiento	Ingeniería	Formación	Administración
		procedimientos definidos			mejora de los indicadores.
Seguridad industrial	En todo el proceso de la operación y de la ejecución de las actividades del plan de mantenimiento se debe tener como prioridad la seguridad industrial de los técnicos, colaboradores, usuarios y visitantes.	Por ser una institución prestadora de servicios de salud el aspecto de seguridad industrial y continuidad de servicios es de los objetivos primordiales. En la ejecución del plan de mantenimiento debe estar definido la metodología de cumplimiento de la seguridad industrial.	Lo métodos de ingeniería implementados deben ser seguros para las personas y deben garantizar la continuidad de la prestación de los servicios. Deben garantizar la trazabilidad de los hechos.	La seguridad industrial no solo es cuando se está ejecutando actividades de mantenimiento, por lo que se debe tener planes de capacitación y formación del personal sobre el manejo seguro de los equipos.	Debe garantizar un sistema integral de seguridad industrial en la institución, que articule las actividades técnicas y administrativas.
Evaluación	La operación de la institución debe ser de tal forma que se puede evaluar continuamente con un sistema integral de mejoramiento continuo.	El plan de mantenimiento debe tener definido los indicadores de seguimiento y control de su cumplimiento.	La implementación de la ingeniería en un plan de mantenimiento debe ser bajo soportes técnicos y con metodologías de seguimiento y constante evaluación de	La formación, como la capacidad de los técnicos de mantenimiento deben ser continuamente evaluados con implementación de planes de mejora.	El sistema de evaluación y mejora continua debe ser revisado por la administración.

Estructura del mantenimiento.					
	Operación o manejo de la institución	Mantenimiento	Ingeniería	Formación	Administración
			los procesos y equipos.		

Tabla 9. Estructura del mantenimiento (OMETA)

Fuente: Elaboración propia

3.3 Actividades del mantenimiento centrado en la eficiencia energética para centros de atención salud.

Para la ejecución de un plan de mantenimiento centrado en la eficiencia energética en equipos industrial en un centro de atención de salud se combinara la estructura planteada en la metodología de acreditación de un centro de atención “Manual de acreditación en salud ambulatorio y hospitalario Colombia” (Ministerio de la Protección Social, Manual de Acreditación en Salud Ambulatorio y Hospitalario Colombia, 2011) y la propuesta de estructura del capítulo 3.2 de la O&M de la guía de Operations & Maintenance Best Practices (U.S. Department of Energy., 2010)

- **Operación o manejo de la institución:**

Una instalación prestadora de servicio debe tener una metodología clara de planeación, aprobación, ejecución, seguimiento y mejora del plan de mantenimiento

- **Ejecución del mantenimiento**

Procedimiento de protocolos mantenimientos, diagnóstico de los equipos industriales para realizar retroalimentación de lo ejecutado y lo que se debe planear.

- **Plan de mantenimiento**

Según el diagnóstico anterior se debe formular un plan de mantenimiento, el cual debe contener como mínimo lo siguiente, como se describe en el capítulo 1.4.1:

1. Diagnóstico de los equipos industriales.
2. Presupuesto.
3. Inventarios técnicos de equipos industriales y dotación.
4. Protocolos de mantenimiento de equipos industriales.
5. Cronograma de intervención de equipos industriales.
6. Verificación y documentación de los manuales de usuario.

- **Identificar las necesidades de mantenimiento correctivos (No programados):**

Aunque el objetivo de un plan de mantenimiento es minimizar las intervenciones no planeadas o correctivos, por ser una institución prestadora de servicios de salud, se debe tener planeado medidas y estrategias de contingencia para atender las posibles actividades correctivas que se presenten durante la prestación del servicio, estas actividades deben ser con el objetivo de no parar los servicios y equipos. En especial estas actividades deben ser enfocadas a evitar paros en equipos y servicios.

- **Mantenimiento preventivo:**

Establecer rutinas de intervenciones con metodologías cíclicas repetitivas para garantizar que la probabilidad de las fallas disminuya.

- **Mantenimiento predictivo:**

Establecer estrategias, metodologías cronogramas para realizar análisis y seguimiento de las variables de control y salida de los equipos y sistemas, para predecir los tipos de comportamientos y consecuencias físicas de los sistemas; con

los resultados de estos análisis se harán planes de intervención y así se busca anticipar el daño o incapacidad del equipo de su función.

- **Mantenimiento proactivo:**

Es una metodología de mantenimiento especializado que análisis las posibles causas de un daño desde su raíz, para anticiparse a las consecuencias y poder predecirlo; este mantenimiento tiene como resultado actividades preventivas para evitar fallas directas o indirectas a los sistemas.

- **Ingeniería**

El plan de mantenimiento debe contemplar procesos de análisis, ejecución y seguimiento con base a metodologías de ingeniería certificadas, en estos planes deben estar basados a una o varias metodologías de mantenimientos.

- **Formación:**

Los planes de mantenimientos deben contemplar un capítulo de formación continua de metodologías de mantenimientos y análisis continuo de consumos y análisis energético.

3.4 Definición de las variables de control según el proceso y equipo.

Para la implementación de un programa de mantenimiento basado en la eficiencia energética se necesita conocer la línea base de funcionamiento de los equipos críticos o equipo monitoreo, con esta línea base se debe establecer los parámetros de funcionamiento nominal de los equipos, tanto en producción como en consumo energético, así a cada equipo que conforma un sistema se le hará un seguimiento de variables o parámetros de producción, consumo energético y variables de control de proceso y equipo.

Las variables de control de operación de los equipos es el insumo más importante para la toma de decisiones en el momento de planificar las actividades de mantenimiento, estas variables deben estar constituidas por parámetros eléctricos, físicos y químicos de funcionamiento y deben ser directamente influyentes en los resultado de las funciones de los equipos y sistemas.

Una vez se han declarado las variables que se desean monitorear (las cuales corresponden a las variables críticas en el funcionamiento de los equipos, que garanticen que en todo momento la prestación del servicio en rangos de operación adecuados) se deben establecer un intervalo en el cual se considera aceptable el movimiento de la variables (rango), este se establece de acuerdo a los requerimientos del sistema, principio de funcionamiento de los equipos, experiencia de operación, normativa regulatoria, históricos de datos (si existen), etc. Con estos rangos se establecen los parámetros para las señales de alarma que indican que los equipos no están operando correctamente, o están operando por fuera de los requerimientos técnicos establecidos para la prestación ideal del servicio, lo cual implica una revisión del sistema monitoreado.

Por ejemplo la señal de un nivel (variable que se desea monitorear) se le asigna un rango en el cual se debe mantener para un correcto funcionamiento.

De esta forma, cada que el nivel supere el límite inferior por abastecimiento o el superior por derrame, se emitirá una señal de alarma que permite tomar decisiones operativas a tiempo para determinar y corregir la posible falla.

Una vez se determinan las variables críticas, en cada uno de los sistemas, se relacionan por medio de un listado en el cual se clasifican según su característica física (nivel, presión, temperatura, etc.) para estudiar las diferentes alternativas que permitan implementar un sistema de centralización de estas variables.

En un principio una de las opciones es la centralización de variables de forma manual. Un operador o auxiliar de mantenimiento tomaría el registro diario de datos, generando bases de datos con las cuales se realiza el seguimiento a las variables y en caso de variaciones por fuera de los rangos establecidos de operación, se interviene el equipo buscando que se normalice su operación en los rangos establecidos.

Otra de las alternativas es un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos para el monitoreo de las variables. En adelante se maneja el acrónimo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

Para el uso de protocolos en sistemas SCADA, la elección del tipo de protocolo depende de los requerimientos del medio físico, distancia y velocidad en la transmisión de datos, entre otros. Algunos de los protocolos más utilizados para sistemas SCADA son: RS232, RS485, Foundation Fieldbus, profibus y Modbus.

3.5 Definición de parámetros eléctricos y mecánicos para la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento centrado en la eficiencia energética para centros de atención de salud.

Cada equipo que compone un sistema en un centro de atención en salud tiene una función definida y tiene un propósito, como se describe en el capítulo 2, se pueden clasificar y priorizar según un nivel de criticidad cada equipo, y según la prioridad que tiene dentro la prestación de servicio se le debe hacer seguimiento, por lo anterior a cada equipo critico seleccionado en el plan de mantenimiento se le debe hacer una definición de variables y parámetros para toma de decisiones de control de mantenimiento y energético.

La toma de decisiones según el comportamiento de estas variables y parámetros debe ser definido en una línea base de funcionamiento según la producción, seguridad del paciente y del consumo energético de los equipos; para definir las variables y parámetros críticos de los equipos se propone el siguiente cuadro de análisis:

Definición parámetros eléctricos y mecánicos de equipos industriales			
<u>Nombre Equipo</u>		<u>Función equipo</u>	
<u>Sistema o centro de costos</u> <u>(Pertenece equipo)</u>		<u>Función del sistema</u>	
<u>Clasificación de parámetros del equipo</u>		<u>Valores nominales de funcionamiento en el sistema</u>	<u>Porcentaje tolerancia de desviación del parámetro</u>
<u>Eléctrico</u>	<u>Tensión</u>		
	<u>Intensidad</u>		
	<u>Potencia Activa</u>		
<u>Físicos</u>	<u>Temperatura</u>		
	<u>Presión</u>		
	<u>Nivel</u>		
<u>Servicio Asistencial que respalda</u>			

Tabla 10. Definición parámetros eléctricos y mecánicos de equipos industriales

Fuente: Elaboración propia

Donde se tiene:

- **Función equipo**

Es la descripción técnica del porque se tiene el equipo dentro de la instalación hospitalaria, en esta se define su función particular y en equipo, esta función debe

estar relacionada con las características técnicas de los parámetros eléctricos y físicos.

- Sistema (Pertenece equipo)

La instalación de un equipo industrial dentro de un centro de atención en salud tiene un fin en conjunto, por lo que se tiene un sistema padre el cual lo conforman varios equipos industriales, entre ellos esta:

Subestación eléctrica, red eléctrica de la edificación, grupo electrógeno de generación de energía, intercambiadores de calor, sistemas de transporte, tanques de agua potable y residual, planta de tratamiento de agua, sistemas motrices y de bombeo, sistemas motrices de ventilación, gases medicinales, generación de sistemas de refrigeración e intercambiadores de calor, generación de agua caliente, generadores de vapor (calderas), equipos de telecomunicaciones, servidores y hardware de almacenamiento de información digital y sistemas de iluminación.

- Servicio Asistencial que respalda

Los equipos industriales pertenecen a un sistema el cual respalda la necesidad de un servicio asistencial, el conocimiento del tipo de servicio asistencial que respalda el sistema o equipo industrial es un variable importante para la toma de decisiones en el momento de intervenir el equipo. Los tipos de servicios asistenciales que existen son:

- Consulta externa
- Urgencias
- Apoyo diagnóstico y complementación terapéutica
- Internación
- Quirúrgicos
- Transporte asistencial
- Otros servicios

3.6 Indicadores para mantenimiento centrado en la eficiencia energética para centros de atención de salud.

Según lo referenciado en el capítulo 1.4.4 se estableció como se debe formular un indicador en un centro de atención en salud, para adaptar este indicador a un seguimiento y control de eficiencia energética solo es definir algunos principios como son:

- Indicadores y rangos de eficiencia de los equipos
- Indicadores de operación.
- Indicadores y rangos de costos de operación.
- Factor de carga de los equipos.
- Factor de consumo de equipos
- Indicador costos totales de mantenimiento.

Los indicadores de gestión energética se pueden elaborar según la necesidad y según la información que se tiene, estos pueden clasificar en:

- Indicadores de consumo:

Se calcula según los insumos utilizados para generar el trabajo

- Indicadores de rendimiento:

Como utiliza los insumos utilizados para generar trabajo

- Indicadores de Eficiencia:

Tener óptimos resultados de lo planeado

Para profundizar en las metodologías y tipos de indicadores que se deben generar para el seguimiento de un plan de mantenimiento centrado en la eficiencia energética se pueden consultar textos especializados en la elaboración de estos indicadores como es la guía para la construcción de indicadores. ((DAFP), 2012)

La adecuada formulación de los indicadores según la información que se tiene del sistema o equipos es uno de los puntos claves para la toma de decisiones en la gestión energética.

4. METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CENTROS DE ATENCIÓN DE SALUD.

4.1 Establecer variables de control para la implementación de mantenimientos centrados en la eficiencia energética de equipos y procesos críticos de centros de atención de salud.

En el capítulo 1 se identifica las normas y reglamentos que rigen el mantenimiento en un centro de atención hospitalario, el capítulo 2 define la estructura que debe tener un plan enfocado al mantenimiento de confiabilidad en operación y prestación de los servicios de salud y en el capítulo 3 se define una combinación entre estos dos capítulos iniciales, para la elaboración de un plan de mantenimiento enfocado primordialmente a la seguridad, confiabilidad y eficiencia energética. Para establecer que variables de control que debe tener un plan de mantenimiento, se propone seguir paso a paso el proceso de la elaboración de un manual de mantenimiento para centros de atención hospitalarios basados en la confiabilidad y eficiencia energética Figura 2. Diagrama de flujo proceso mantenimiento para centros de atención hospitalarios basado en confiabilidad y eficiencia energética en el cual según los lineamientos descritos anteriormente se hace un flujo de correlación del cómo se debe elaborar un plan de mantenimiento.

Para la definición de las variables de control y parámetros de seguimiento de cada equipo industrial y su sistema, se propone referenciar según la metodología descrita en (Universidad del Atlántico, 2009).

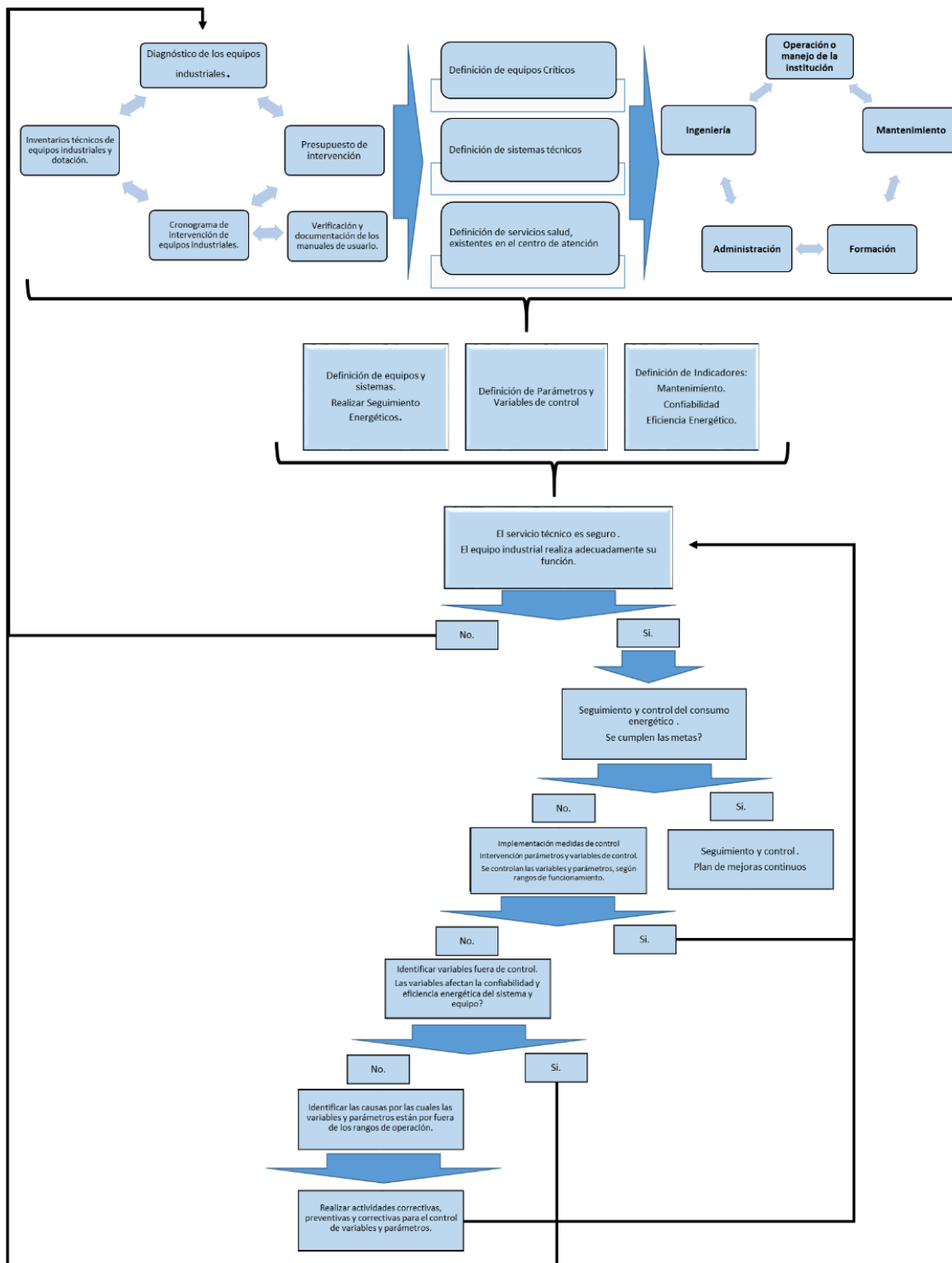


Figura 2. Diagrama de flujo proceso mantenimiento para centros de atención hospitalarios basado en confiabilidad y eficiencia energética

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los diferentes niveles en el flujo de metodología de mantenimiento centrado en la eficiencia energética y confiabilidad en centros de atención hospitalaria se puede identificar las variables de control, las cuales se identifican según el diagrama de definición parámetros eléctricos y físicos de equipos industriales ver Tabla 10. Definición parámetros eléctricos y mecánicos de equipos industriales

Teniendo en cuenta el seguimiento de estas variables de control se pueden avanzar en cada nivel de ejecución del mantenimiento.

La definición y existencia de las variables de control son con el objetivo de verificar paso a paso el funcionamiento de estos en los rangos establecidos.

Las variables de control pueden ser:

- Seguridad de funcionamiento.
- Potencia eléctrica
- Potencia mecánica
- Potencia hidráulica
- Temperatura
- Volumen
- Presión.
- Caudal
- Humedad

4.2 Establecer indicadores de control para la implementación de mantenimientos centrados en la eficiencia energética de equipos y procesos críticos de centros de atención en salud.

Para el control de cada fase del proceso de ejecución del plan de mantenimiento se debe establecer indicadores de control y seguimiento centrados en la eficiencia

energética, estos indicadores deben estar enfocados y elaborados según los lineamientos del capítulo 1, numeral 1.4.3 y deben ser acordes a cada proceso y sistema conformado con el equipo industrial.

El indicador debe estar directamente relacionado con la variable de control y se debe formular según el estado y función del equipo industrial. Para el presente manual se propone la elaboración de los siguientes indicadores:

Equipo o Sistemas	Propuesta De Indicador
Subestación eléctrica, Gabinetes eléctricos, equipos de maniobra, equipos de protección. Red eléctrica de la edificación (tableros, alimentadores y acometidas)	Se propone la siguiente estructura de elaboración de indicador según el equipo o sistema que se quiera analizar: $IEE = \frac{\text{Energía util consumida en equipos o sistemas en un intervalo definido de tiempo}}{\text{Energía suministrada en el mismo intervalo de tiempo}}$
Grupo electrógeno de generación de energía. Motor, generación, almacenamiento y distribución de combustibles, intercambiadores de calor y equipos de control.	
Ascensores y sistemas de transporte	
Tanques de agua potable y residual Sistemas de red de agua, transporte y almacenamiento. Planta de tratamiento de agua	
Sistemas motrices, de bombeo y de ventilación	
Generación, almacenamiento y distribución de gases medicinales. Oxígeno, aire y vacío. Motores generadores de aire. Bomba de succión de vacío Equipos de control y almacenamiento manifold.	
Sistemas de refrigeración. Enfriador de agua (chiller) Unidades manejadoras de aire. Condensadoras de aire. Torres de enfriamiento.	
Sistemas de calefacción. Generación de agua caliente. Equipos de precisión de aire acondicionado Generadores de vapor (calderas)	
Equipos de telecomunicaciones Planta telefónica Servidores y hardware de almacenamiento de información digital. Sistemas de control electrónico y digital	

Tabla 11. Propuesta de indicadores según sistemas o equipo industrial

Fuente: Elaboración propia

Como referencia a continuación se enumeran algunos indicadores de eficiencia energética de equipos típicos de áreas industriales (Universidad del Atlántico, 2009)

Equipo industrial típico en la Industria	Propuesta De Indicador
Conjunto Moto-Bomba	$IRE = \frac{Galones}{kWh}$ $ICE = \frac{GPM}{kW}$
Enfriadores de Agua Eléctricos	$ICE = \frac{kW}{TR}$
Compresores de aire eléctrico	$ICE = \frac{kW}{ACFM}$ $IRE = \frac{CF}{kWh}$
Unidades Manejadoras de Aire	$IEE = \frac{DT_{aire}}{(T_{entaire} - T_{entagua})}$
Unidades de refrigeración	$COP = \frac{Efecto\ refrigeración}{Calor\ compresión}$

Tabla 12. Indicadores de eficiencia energética de equipos típicos de áreas industriales.

Fuente: Elaboración propia

Nomenclatura:

- IRE: Índice de rendimiento energético
- ICE: Índice de consumo energético.
- IEE: Índice de eficiencia energético
- Galones: Cantidad volumétrica de un fluido
- GPM: Galones por minuto bombeado de un fluido
- kWh: Consumo de energía eléctrica por hora
- TR: Tonelada de refrigeración
- Tent: Temperatura de entrada
- ACFM: Pies cúbicos por minuto actual
- CF: Pies cúbicos
- COP: Coeficiente de energía eléctrica.

Otra propuesta de indicadores para centros de atención hospitalarios, pueden estar formulados según la definición de la clasificación de los niveles de atención referenciados en el capítulo 1.2 o por algunos parámetros bases de funcionamiento; como son:

- Cantidad de ocupación de camas de hospitalización.
- Cantidad de procedimientos de ayudas diagnosticas (considerando un procedimiento de ayuda diagnostica, toda intervención o análisis en el paciente que no requiera internación.
- Cantidad de intervenciones quirúrgicas
- Cantidad de metros cuadros construidos dedicados directamente a la atención del paciente

Teniendo en cuenta estas propuestas de bases de indicadores y los servicios existentes en un centro de atención hospitalaria se proponen los siguientes indicadores generales para centros de atención hospitalarios:

Grupos o servicios, según resolución 2003 de 2014: (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) (centros de costos energéticos)	Explicación del Indicador Propuesto. Propósito del indicador	Propuesta De Indicador
Consulta externa: Centros de atención que no requieren hospitalización u hospedaje de los pacientes o su familia.	La propuesta es tener un indicador del consumo de energía (promedio o estándar) por cada usuario atendido o por evento en este servicio por mes.	$ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de eventos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de usuarios o pacientes atendidos en el mes en este servicio}}$
Urgencias: Servicios o atenciones que requieren en algunas ocasiones la estadía de los pacientes y familiares.	La propuesta es tener un indicador del consumo de energía (promedio o estándar) por cada usuario atendido o por evento en este servicio por mes. Conocer el consumo promedio por de energía por mes de una cama en este servicio	$ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de eventos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de usuarios o pacientes atendidos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de camas disponibles para atención de usuarios en este servicio por mes}}$

Grupos o servicios, según resolución 2003 de 2014: (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) (centros de costos energéticos)	Explicación del Indicador Propuesto. Propósito del indicador	Propuesta De Indicador
Apoyo diagnóstico y complementación terapéutica: Este servicio se puede considerar mixto, pues la prestación pueden ser para pacientes hospitalizados o usuarios de consulta externa.	La propuesta es tener un indicador del consumo de energía (promedio o estándar) por cada usuario atendido o por evento en este servicio por mes.	$ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de eventos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de usuarios o pacientes atendidos en el mes en este servicio}}$
Internación: Se considera todo servicio o proceso que requiere que el paciente y familia permanezcan por más de un día en las instalaciones.	La propuesta es tener indicadores de consumo por: Por evento o atención en este servicio. Por usuario atendido en este servicio. Indicador de consumo promedio por cama ocupada y utilizada en el servicio. Cantidad de metros cuadrados y dedicados para este servicio.	$ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de eventos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de usuarios o pacientes atendidos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de camas ocupadas para atención de usuarios en este servicio por mes}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de metros cuadrados construidos utilizados para atención de este servicio}}$
Quirúrgicos: Todo proceso que requiere intervención física interna del paciente.	La propuesta es tener indicadores de consumo por: Por evento o atención en este servicio. Por usuario atendido en este servicio. Cantidad de metros cuadrados y dedicados para este servicio.	$ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de eventos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de usuarios o pacientes atendidos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de metros cuadrados construidos utilizados para atención de este servicio}}$
Transporte asistencial: Proceso de transportar los pacientes de un centro de un lugar físico a otro.		$ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de eventos en el mes en este servicio}}$ $ICE = \frac{\text{Energía consumida en el mes en este servicio}}{\text{Cantidad de usuarios o pacientes atendidos en el mes en este servicio}}$

Grupos o servicios, según resolución 2003 de 2014: (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) (centros de costos energéticos)	Explicación del Indicador Propuesto. Propósito del indicador	Propuesta De Indicador
Otros servicios: En este grupo se clasifican los servicios que deben prestarse en un centro de salud para garantizar la óptima prestación de los servicios, como son: alimentación, lavandería, aseo, vigilancia, mantenimiento y esterilización.	En este grupo se encuentran los indicadores de los equipos industriales y de los servicios de apoyo.	$ICE = \frac{\text{Energía Consumida por servicio o equipo industrial}}{\text{área influenciada por la potencia activa consumida}}$

Tabla 13. Propuesta indicadores bases centros atención de salud.

Fuente: Elaboración propia

Nota de aclaración:

Evento: Actividad o intervención de tipo asistencial que se realiza en pro de tratamiento del paciente o usuario.

En los indicadores de atención al usuario (por servicio): La cantidad de eventos debe ser igual o mayor al número de usuarios

Convenciones:

IEE: Indicador de eficiencia energética

ICE: Indicador de consumo de energía

El objeto de presentar esta base de indicadores en función de las variables de atención en un centro hospitalario (usuarios, eventos de procedimientos, camas, utilización de espacios y uso de equipos) es que el técnico de manteniendo según el conocimiento y operación del servicio formulen según las indicaciones del capítulo 1.4.4 los indicadores que apliquen a cada servicio, equipo y sistema en un centro de atención hospitalario

4.3 Toma de decisiones para la gestión del mantenimiento centrado en la eficiencia energética en centros de atención de salud.

Después de elaborar el plan de mantenimiento basado en la eficiencia energética y la confiabilidad de operación de los servicios, como se muestra en la Figura 2. Diagrama de flujo proceso mantenimiento para centros de atención hospitalarios basado en confiabilidad y eficiencia energética se deben plantear indicadores de confiabilidad y de gestión energética, con los resultados y análisis entregados por estos se hacen un plan de mejora continua para la toma de decisiones.

La metodología de toma de decisiones para gestión del mantenimiento según los resultados de los indicadores es el siguiente:

- Elaborar cuadro de mando y seguimiento de indicadores:

En este cuadro de mando se definen las características principales de la formulación del indicador y los parámetros de los rangos de seguimiento.

		Seguimiento del indicador en el tiempo															
		Ene	Feb	Mar	Análisis T1	Abr	May	Jun	Análisis T2	Jul	Ago	Sep	Análisis T3	Oct	Nov	Dic	Análisis T4
Intervalo Inferior del indicador																	
Intervalo Superior del indicador																	
Función del equipo: Descripción del indicador: Formulación del indicador	Numerador del indicador																
	Denominador del indicador																
	Calculo del indicar																

Tabla 14. Seguimiento del indicador en el tiempo.

Fuente: Elaboración propia

El objetivo del cuadro de mando es realizar seguimiento en el tiempo de los indicadores y de las variables de control, si después de realizar seguimiento y control de estas variables se evidencia continuamente su salida de los rangos estipulados se debe plantear acciones de mejora. Estas acciones de mejora se deben realizar según el análisis de causa y efecto.

Análisis descriptivo del indicador								
PERÍODO DE ANÁLISIS	Consistencia de los resultados	Tendencia de los resultados	Comparación de los resultados	Criterios para análisis causal (Frecuencia y Tendencia) indicar tres porque (para realizar un análisis causa - efecto) del porque el indicador esta fuera de rango			Tipo de problema	Solución problema Problema
Análisis T1								
Análisis T2								
Análisis T3								
Análisis T4								
ACUMULADO ANALISIS								

Tabla 15. Análisis descriptivo del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar el análisis del comportamiento del indicador se debe profundizar un poco más en la mejora continua de los sistemas, pues ya se cuenta con el insumo más importante que es la información, para esto se pueden aplicar metodologías como son el análisis causal de problemas.

Guía para análisis causal de problemas									
Factores causales	Indicador a intervenir. Porque?	Mano de obra (Personal)	Mando administrativo	Método	Máquina (Dotación)	Materiales	Medio ambiente	Medición	Mercado (Entorno)

Tabla 16. Guía para análisis causal de problemas.

Fuente: Elaboración propia

Con el seguimiento en el tiempo del comportamiento de los indicadores y de las acciones para controlar las variables y parámetros de control se podrán replantear los rangos de seguimiento y de control energético sin descuidar la variable de control más importante en el plan de mantenimiento de un centro de atención en salud, la variable Seguridad.

Cada que se identifique una falla, que afecta las variables y parámetros de control se debe hacer un plan mejora y seguimiento en el tiempo (plan y registro para un periodo de tiempo establecido) con el objetivo de tener un historial del comportamiento de las variables del equipo o sistema.

Fecha (dd/mm/aaaa)	Causa	Riesgo	Costo (\$) Acción preventiva	Posible acción a implementar	Factibilidad implementación acción (costo, capacidad operativa)

Tabla 17. Formato plan de mejora seguimiento indicador.

Fuente: Elaboración propia

Realizando seguimiento, análisis y toma de decisiones frente al comportamiento de las variables y parámetros de control de los equipos y sistemas, implementando las metodologías planteadas se garantiza seguridad en la prestación del servicio de salud y la implementación de un adecuado sistema de gestión energética para un centro de atención de salud.

4.4 VALORACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DE UN CENTRO DE ATENCIÓN HOSPITALARIO.

La valoración de la eficiencia energética se debe realizar según el cuadro de mando de los indicadores de gestión energética. Esta valoración se debe relacionar para cada equipo industrial y cada sistema y se debe tener como una línea basal principal o línea de referencia la cantidad de usuarios atendidos por la institución, pues

aunque se tiene líneas de rangos de seguimiento, este debe ser influenciado por la cantidad de usuarios atendidos.

En la valoración de la eficiencia energética se debe tener en cuenta la variable seguridad de la atención del paciente, pues es de suma importancia para una instalación prestadora de servicio de salud que predomine la seguridad los usuarios y sus acompañantes en la atención.

5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD DE OPERACIÓN PARA EQUIPOS INDUSTRIALES Y SERVICIOS ASISTENCIALES DE UN CENTRO DE ATENCIÓN DE SALUD

5.1 Variables de control para el seguimiento en el funcionamiento de los equipos y servicios de salud

En un centro de atención hospitalario la seguridad en la prestación de los servicios es una variable no cuantificable, pues la falla del servicio puede ocasionar la muerte del usuario, por tal motivo el riesgo de suspensión de los servicios es crítico, por lo tanto todas las actividades de mantenimiento deben estar enfocadas a garantizar la continuidad de la prestación del servicio.

Teniendo en cuenta la premisa anterior, se realiza una clasificación y valoración de las variables y parámetros de control de los sistemas y con la metodología planteada en el capítulo 2, ítem 2.4 sobre la clasificación y evaluación de criticidad de equipos en centros de atención en salud; después de clasificar y valorar la criticidad del equipos, se puede redefinir e identificar las variables de control para garantizar la continuidad de su funcionamiento, estas variables deben estar en función del plan de manteniendo integral con el sistema de gestión energética.

Las características a tener en cuenta en el proceso de seguimiento y evaluación de las variables y parámetros de control son:

- **Funcionamiento del equipo sin interrumpir su operación:**

Se debe llevar un indicar del funcionamiento continuo del equipo sin sufrir fallas en las cuales ponga en peligro la prestación del servicio; según el análisis de este

indicador se puede diagnosticar medidas de contingencia para disminuir las consecuencias de las fallas.

- **Salidas del equipo de su función programadas:**

Aunque el equipo sea de alta criticidad para la prestación del servicio se pueden tener salidas de los servicios programadas, las cuales no deben superar los tiempos programados de intervención.

- **Cumplimiento de actividades programadas de mantenimiento:**

El cumplimiento de las actividades del cronograma de mantenimiento preventivo es un indicador de seguimiento y disminuye la posibilidad que el equipo falle por daños en su operación

- **Atención actividades correctivas:**

Tener una metodología de atención actividades de daños no previstos, como equipos de contingencia, disminuye la consecuencia de la falla

- **Reincidencia de equipos en mantenimiento correctivos:**

Realizar seguimiento a la reincidencia de daños correctivos en los equipos y sistemas por la misma causa es un insumo de gran importancia para toma de decisiones sobre equipos y renovación tecnológica.

- **Renovación tecnológica de equipos industriales:**

Tener un plan de renovación tecnología según el estado y vida útil de los equipos es de importancia para evitar que el equipo y el sistema salgan fuera de servicio por obsolescencia de los equipos.

5.2 Indicadores de funcionamiento de operación industriales y servicios de salud

Para garantizar el seguimiento y control en el funcionamiento de los equipos industriales y servicios de salud, se establecieron indicadores y metodología de seguimientos de estos, según el capítulo 1.4.4 en los equipos industriales se debe establecer indicadores para realizar seguimiento a su funcionamiento y seguridad

de la prestación del servicio, estos indicadores se deben elaborar según la metodología planteada, los indicadores propuestos para el seguimiento del funcionamiento de los equipos son:

- Indicador de funcionamiento del equipo.
- Indicador salidas del equipo de su función programada
- Indicador cumplimiento de actividades programadas de mantenimiento
- Indicador atención actividades correctivas
- Indicador de reincidencia de equipos en mantenimiento correctivos

Equipo o Sistemas	Propuesta de Indicador
Subestación eléctrica, Gabinetes eléctricos, equipos de maniobra, equipos de protección. Red eléctrica de la edificación (tableros, alimentadores y acometidas)	Se propone la siguiente estructura de elaboración de indicador según el equipo o sistema que se quiera analizar, en estos indicadores se debe definir los parámetros de medición, como intervalos de tiempos y tipo de equipo. $\text{Indicador de funcionamiento equipo} = \frac{\text{Tiempo deseado de funcionamiento} - \text{tiempo Inactividad del equipo por falla}}{\text{Tiempo deseado de funcionamiento del equipo}}$ $\text{Indicador de salida de funcionamiento del equipo} = \frac{\text{Tiempo de salidas de funcionamiento del equipo}}{\text{Tiempo deseado de funcionamiento del equipo}}$ $\text{Indicador de cumplimiento de actividades programadas de mantenimiento} = \frac{\text{Cantidad de actividades mtto preventivo realizadas}}{\text{Cantidad de actividades programadas de mtto preventivo}}$ $\text{Indicador de atención de actividades correctivas} = \frac{\text{Cantidad de actividades no programadas o correctivas atendidas}}{\text{Cantidad de actividades correctivas existentes}}$ $\text{Indicador de reincidencia de equipos en mtto correctivos} = \frac{\text{Número de equipos reincidentes de mtto correctivo por misma causa en un periodo}}{\text{Número total de equipos con mtto correctivo durante el periodo}}$
Grupo electrógeno de generación de energía. Motor, generación, almacenamiento y distribución de combustibles, intercambiadores de calor y equipos de control.	
Ascensores y sistemas de transporte	
Tanques de agua potable y residual Sistemas de red de agua, transporte y almacenamiento. Planta de tratamiento de agua	
Sistemas motrices, de bombeo y de ventilación	
Generación, almacenamiento y distribución de gases medicinales. Oxígeno, aire y vacío. Motores generadores de aire. Bomba de succión de vacío Equipos de control y almacenamiento manifold.	
Sistemas de refrigeración. Enfriador de agua (chiller) Unidades manejadoras de aire. Condensadoras de aire. Torres de enfriamiento.	
Sistemas de calefacción. Generación de agua caliente. Equipos de precisión de aire acondicionado Generadores de vapor (calderas)	
Equipos de telecomunicaciones Planta telefónica Servidores y hardware de almacenamiento de información digital. Sistemas de control electrónico y digital	

Tabla 18. Propuesta indicadores base funcionamiento de equipos.

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores propuestos para el seguimiento de funcionamiento de los servicios son:

- Indicador de disponibilidad de operación de los servicios
- Indicador de salida de funcionamiento de los servicios

Grupos o servicios, según resolución 2003 de 2014: (Social & Ministerio de Salud y Protección Social, 2014) (centros de costos energéticos)	Propuesta de Indicador
Consulta externa: Centros de atención que no requieren hospitalización u hospedaje de los pacientes o su familia.	Se propone la siguiente estructura de elaboración de indicador para grupos o servicios, definidos en un periodo de tiempo $\text{Indicador de disponibilidad de operación del servicio} = \frac{\text{Tiempo deseado de funcionamiento} - \text{tiempo Inactividad del servicio}}{\text{Tiempo deseado de funcionamiento del servicio}}$ $\text{Indicador de salida de funcionamiento del servicio} = \frac{\text{Tiempo de salidas de funcionamiento del servicio}}{\text{Tiempo deseado de funcionamiento del servicio}}$
Urgencias: Servicios o atenciones que requieren en algunas ocasiones la estadía de los pacientes y familiares.	
Apoyo diagnóstico y complementación terapéutica: Este servicio se puede considerar mixto, pues la prestación pueden ser para pacientes hospitalizados o usuarios de consulta externa.	
Internación: Se considera todo servicio o proceso que requiere que el paciente y familia permanezcan por más de un día en las instalaciones.	
Quirúrgicos: Todo proceso que requiere intervención física interna del paciente.	
Transporte asistencial: Proceso de transportar los pacientes de un centro de un lugar físico a otro.	
Otros servicios: En este grupo se clasifican los servicios que deben prestarse en un centro de salud para garantizar la óptima prestación de los servicios, como son: alimentación, lavandería, aseo, vigilancia, mantenimiento y esterilización.	

Tabla 19. Propuesta base indicadores funcionamiento servicios asistenciales.

Fuente: Elaboración propia

5.3 Acciones preventivas

Según el diagnóstico inicial realizado de los equipos industriales del centro de atención en salud y de la clasificación de su criticidad se programa las actividades predictivas, proactivas y preventivas que se deben realizar, estas actividades deben acorde a los resultados de los indicadores de funcionamiento de equipos y buscar minimizar las fallas.

Las acciones preventivas deben estar enfocadas a controlar los indicadores de funcionamiento y pueden estar formuladas según los diferentes tipos de mantenimientos existente (Lindley R. & Darrin j, 2008) también se pueden utilizar las metodologías de control y seguimiento expuestas en el capítulo 4.3.

Las acciones preventivas aplicadas deben estar relacionadas con lo descrito en la estructura para el mantenimiento de un centro de atención en salud, el cual debe tener:

- Diagnóstico de los equipos industriales.
- Presupuesto.
- Inventarios técnicos de equipos industriales y dotación.
- Protocolos de mantenimiento de equipos industriales.
- Cronograma de intervención de equipos industriales.
- Verificación y documentación de los manuales de usuario.

Debe tener definido el tipo de:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento proactivo

5.4 Acciones correctivas

Las actividades correctivas son eventos que suceden sin previo aviso y ocasionan daños o paro de los equipos y servicios. El objetivo de las actividades preventivas es disminuir las posibilidades de fallas y aumentar la confiabilidad del operación de los sistemas; teniendo en cuenta que paralelamente a esta actividades preventivas se deben tener metodologías definidas para atender actividades correctivas y así evitar que los equipos estén por fuera de servicio por un tiempo prolongado, estás deben ser acordes a lo descrito en capítulo 1.4, el cual define que en caso de

presentasen actividades correctivas o no programada, una metodología de atención frente a esta situación.

“Identificar las necesidades de mantenimiento correctivos (No programados)

Aunque no hace parte integral del plan de mantenimiento se debe contemplar una metodología de atención y registro de actividades correctivas o no programadas, pues estas son de suma importancia en el suministro de información para la toma de decisiones. Estas actividades se pueden identificar (mantenimientos correctivos, no programados) para equipos industriales, por medio de un reporte de falla o anomalía, el cual debe tener medios oficiales de informar: por medio de un aplicativo de software (software administrador de mantenimiento) llamada o reporte escrito. Si se presentan daños en equipos industriales de alta criticidad, como es el caso de aire acondicionado en cirugía, urgencias, laboratorio, unidad de cuidado intensivo, trasplante, laboratorios; el área de mantenimiento debe establecer medidas especiales de atención, como son personal disponibles o equipos de respaldo para el servicio de apoyo”.

6. CONCLUSIONES

- En este trabajo se realiza un manual de mantenimiento para equipos industriales de centros de atención hospitalarios, basado en la eficiencia energética y confiabilidad de operación de los servicios de salud.
- Todas las etapas del desarrollo del manual del mantenimiento para equipos industriales de centros de atención hospitalarios, se enfocan en la importancia de garantizar la continuidad del servicio y confirman que la gestión energética es una mejora al sistema, y la variable seguridad predomina para la toma de decisiones.
- En el manual se elabora una metodología de clasificación de los equipos industriales según los lineamientos de la resolución 2003 de mayo de 2014, también se identifica y clasifican los servicios asistenciales de un centro de atención hospitalaria.
- Se define una metodología para elaborar indicadores en función de la seguridad, confiabilidad de prestación de los servicios asistenciales y de la gestión energética de los equipos industriales.
- En el manual se realiza una metodología para generar un plan de mantenimiento centrado en la eficiencia energética para equipos industriales de un centro de atención hospitalario.

- En el manual se realiza una metodología de evaluación de indicadores de confiabilidad de operación de equipos industriales y servicios asistenciales de un centro de atención hospitalaria.
- La aplicación del manual de mantenimiento para equipos industriales de centros de atención hospitalarios, permite que las instituciones cumplan con lo exigido por la resolución 2003 de 2014, y adicionalmente implementara en los equipos y servicios un sistema integral de uso eficiente de la energía, fortaleciendo la seguridad y confiabilidad en la prestación y funcionamiento de los equipos industriales.

7. BIBLIOGRAFÍA

(DAFP), D. a. (2012). *Guía para la construcción de indicadores de gestión*. Bogotá D.C.: Departamento administrativo de la función pública .

Arango Pinzón, M. H. (2012). *El mantenimiento energético basado en la eficiencia energética como herramienta de control y verificación, y como parte procedimental de la norma ISO 50001*. Colombia: Colombia.

Campos Avella, J., Prías Caicedo, O., Vidal Medina, J., & Lora Figueroa, E. (Enero 30 Junio 2008). EL MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional. *El hombre y la maquina* , 30.

Dirección General de Industria, E. y. (2010). *Guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales*. Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

GUO, Q., & YUAN, X.-Y. (2009). *Efficiency-Centered Maintenance (EFCM)*. Shanghai China: IEEE.

Haddad, G., Sanddborn, P., & Pecht, M. (2011). *Using Real Options to Manage Condition-Based Maintenance Enabled by PHM*. Maryland: College Park MD USA.

Hill B., A., & Figueroa, E. (2007). *Administración de los recursos energéticos*. Medellín Colombia: Universidad de Colombia.

hospitalario, L. g. (s.f.). sme.uni.edu.pe/MHHospitalario.htm. Obtenido de sme.uni.edu.pe/MHHospitalario.htm

Instituto por la Diversificación, A. (2007). *Guía técnica sobre procedimiento para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras y equipos autónomos de tratamiento de aire*. Madrid: IDAE.

ISO Organización Internacional de Normalización. (2011). *ISO 50001*. Suiza: Secretaría central de ISO.

- Jiménez García, C. (2009). *Aplicación de nuevas técnicas de mantenimiento en un parque de maquinaria de un grupo de cimentaciones*. Madrid: Universidad Carlos III.
- Lindley R., H., & Darrin j, W. (2008). *Maintenance Enginnering Handbook, Seventh Edition*. USA: Mc Graw Hill.
- Ministerio de la Protección Social. (2006). *Decreto Número 1011 de 206*. Bogotá DC: Ministerio de la Protección Social.
- Ministerio de la Protección Social. (2011). *Manual de Acreditación en Salud Ambulatorio y Hospitalario Colombia*. Bogotá D.C.: Ministerio de la Protección Social.
- Ministerio de Salud. (1994). *Resolución número 5261 de 1994*. Bogotá DC: Ministerio de Salud.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1990). *Decreto 1760 de 1990*. Bogotá: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1990). *Ley 10 de 1990*. Bogotá: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- Social, M. d., & Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). *Resolución 2003 de 2014 Normas de Habilitación de Servicios de Salud*. Bogotá DC: Ministerio de Salud y Protección Social.
- Superintendencia Nacional de Salud. (Marzo de 1997). *Circular Externa N° 29*. Bogotá DC: Ministerio de Salud y Protección Social.
- U.S. Department of Energy., F. (2010). *Operations & Maintenance Best Practices*. U.S.: U.S. Department of Energy.
- Universidad del Atlántico, & Universidad Autónoma de Occidente. (s.f.). *Guía para la implementación de sistemas de gestión integral de la energía*. Colombia: UPME.
- Universidad del Atlántico. (2009). *Manual de Mantenimiento centrado en la eficiencia energética para sistemas industriales*. Barranquilla: Universidad del Atlántico.