

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS  
EQUIPOS ELECTROMECA'NICOS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
BOLIVARIANA CATALOGADOS CRITICOS SEGUN LA NORMA NORSOK Z –  
008.**

**DARWIN CALDERON ELLIS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACION  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA**

**2012**

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS  
EQUIPOS ELECTROMECA'NICOS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
BOLIVARIANA CATALOGADOS CR'ITICOS SEG'UN LA NORMA NORSOK Z –  
008.**

**DARWIN CALDERON ELLIS**

**Trabajo de grado como requisito para optar al t'itulo de  
Ingeniero Mec'ánico**

**Director  
MIGUEL ANGEL REYES  
Ing. Mec'ánico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACION  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA**

**2012**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bucaramanga 18 de octubre de 2012**

Agradezco a DIOS por bendecir mi vida

A Lucas Calderón Bautista y Nelly Ellis Moreno, mis Padres, a quienes agradezco de todo corazón su amor, apoyo incondicional, y todos sus valiosos consejos

Agradezco a Tatiana Calderón Ellis mi hermana por su apoyo y confianza que me brindan

Agradezco a Carolina Quijano Chacón que me ha apoyado y motivado a cumplir con mis objetivos trazados en mi vida.

**DARWIN CALDERON ELLIS**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor de este proyecto agradece a:

Al Ingeniero. Miguel Ángel Reyes, por compartir sus conocimientos y habilidades, guiándome de la manera correcta para superar los obstáculos presentados en el transcurso de la elaboración de este proyecto, y por estar siempre dispuesto a orientarme.

Al personal de la UPB de servicios Generales, Inventarios, y todas las personas entrevistadas, por su oportuna colaboración y tiempo para contribuir al desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Alberto Suárez Rincón, por brindar su tiempo y conocimientos para que este proyecto terminara satisfactoriamente.

A mis padres, por el apoyo moral, espíritu de colaboración.

**Gracias.**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1. MARCO TEORICO	16
1.1. MANTENIMIENTO DE ACTIVOS.	17
1.2. NORMAS NORSOK Y METODOLOGÍA DE JERARQUIZACIÓN BASADA EN LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO.	18
1.3. CRITICIDAD DE EQUIPOS.	23
1.4. PLANES DE MANTENIMIENTO.	24
1.5. MARCO HISTÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	25
1.6. AUDITORIA DE MANTENIMIENTO.	30
2. AUDITORIA “GESTIÓN DE MANTENIMIENTO” CON BASE EN LA MATRIZ DE LA EXCELENCIA.	34
2.1. FORTALEZAS EN LA GESTIÓN.	34
2.2. RESULTADO GENERAL.	39
2.3. RECOMENDACIONES.	41
3 TRABAJO DE CAMPO: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION	46
31. INFORMACIÓN GENERAL DE MANTENIMIENTO UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA	47
32. ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	48
33. ENTREVISTA PARA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	49
34. BASE DE DATOS	52

4. ANALISIS DE CRITICIDAD	54
4.1. EQUIPOS ELECTROMECA'NICOS CATALOGADOS CRITICOS DE LA UPB BUCARAMANGA	56
5. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRITICOS.	59
5.1. CLASIFICACI'ON POR FAMILIA DE EQUIPOS	59
5.2. PLANES DE MANTENIMIENTO POR FAMILIAS DE EQUIPOS.	60
5.2.1. Inspecci'on 250 Horas O 3 Meses	61
5.2.2. Procedimiento.	62
6. ENTREGABLES.	69
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES GENERALES	72
BIBLIOGRAFIA	73

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Interacción del departamento de mantenimiento en la organización.	16
Figura 2. Tipos de mantenimiento.	18
Figura 3. Riesgos presentes en el análisis de criticidad.	19
Figura 4. Etapas productivas de la organización.	20
Figura 5. Organigrama del Mantenimiento en 1914.	26
Figura 6 - Organigrama del Mantenimiento entre las décadas de 1930 y 1940	27
Figura 7. Solicitudes generadas 1° semestre 2010	37
Figura 8. Fases evaluación matriz de la excelencia	41
Figura 9. Menú principal de la base de datos	52
Figura 10. Análisis de criticidad a equipos nuevos.	53
Figura 11. Resultado del análisis de criticidad UPB Bucaramanga	55
Figura 12. Centros de costos equipos catalogados críticos UPB Bucaramanga	57
Figura 13. Batería.	63
Figura14. Restricción filtro de aire.	63
Figura 15. Enfriador de aire.	64
Figura 16. Tuberías de aire	64
Figura 17: Bomba de combustible	65
Figura 18: Filtro de aceite lubricante.	66



## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Criterios aplicados para el análisis de criticidad.	22
Tabla 2. Niveles de clasificación en la criticidad de equipos.	23
Tabla 3. Niveles de clasificación en la gestión de mantenimiento.	33
Tabla 4 - Resultado auditoria matriz de la excelencia.	40
Tabla 5 - Presupuesto UPB Bucaramanga año 2010.	47
Tabla 6 - Parámetros a evaluar en el análisis de criticidad.	50
Tabla 7 - Estado de criticidad evaluado según ranking del equipo.	55
Tabla 8 - Equipos catalogados críticos UPB Bucaramanga	58

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO

**TÍTULO:** PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA CATALOGADOS CRÍTICOS SEGÚN LA NORMA NORSOK Z – 008.

**AUTOR:** DARWIN CALDERÓN ELLIS.

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DIRECTOR:** MIGUEL ÁNGEL REYES O.

### RESUMEN:

En el proyecto se plantea una propuesta de mantenimiento preventivo para los equipos electromecánicos de la Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga, basado en la norma Norsok z – 008 y se fundamenta en los conceptos de mantenimiento preventivo, confiabilidad y criticidad. Este proyecto inicia con la recuperación y recopilación de información técnica relevante de los equipos relacionados según el departamento de inventarios de la UPB, que permitirá crear una base de datos de los mismos y mediante un estudio se procederá a establecer la categorización según su criticidad de operación con lo cual para los equipos críticos se desarrollará la propuesta de los data sheet, los planes de mantenimiento preventivo y el cronograma anual de ejecución de las actividades.

**PALABRAS CLAVE:** Equipos electromecánicos, mantenimiento preventivo, norma Norsok Z- 008, confiabilidad, criticidad, planes de mantenimiento.

## GENERAL SUMMARY

**TITLE:** MOTION FOR PREVENTIVE MAINTENANCE OF ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT FOR UNIVERSITY PONTIFICIA BOLIVARIANA CATALOGUES AS CRITICAL NORSOK STANDARD Z - 008.

**AUTHOR:** DARWIN CALDERÓN ELLIS.

**FACULTY:** FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DIRECTOR:** MIGUEL ÁNGEL REYES O.

### SUMMARY:

In this project we tried to make a proposal for preventive maintenance of electromechanical Equipment University Pontificia Bolivariana Bucaramanga. NORSOK standard based on the z - 008 and is based on the concepts of preventive maintenance, reliability and criticality. This project began with the recovery and collection of relevant technical information related equipment inventory according to the department of the Unit, which will create a database of them and through a study shall be to categorize according to the criticality of operation thus critical for the teams will develop the proposal of the data sheet, preventive maintenance plans and annual implementation schedule of activities.

**KEY WORDS:** Electromechanical equipment, preventive maintenance, standard NORSOK Z-008, reliability, criticality, maintenance plans.

## INTRODUCCIÓN

Al adquirir un equipo electromecánico el fabricante entrega un manual de operación y mantenimiento, para asegurar el correcto funcionamiento en la operación del activo, en ocasiones solo con las recomendaciones mínimas y en otras con un completo plan de mantenimiento preventivo, algunos modos y causas de fallas.

Por consiguiente, un plan de mantenimiento es de gran importancia para logra una mayor disponibilidad y confiabilidad en la operación de los equipos electromecánicos, siempre y cuando este se realice con la adecuada ejecución de las rutinas.

Este proyecto se elabora con el fin de catalogar la criticidad de cada uno de los equipos electromecánicos de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) seccional Bucaramanga, tomando como referente la norma Norsok z - 008, en el estudio de la criticidad de activos, donde se tienen en cuenta factores como el impacto en el proceso educativo, costos de reparación, entre otros. Este análisis se realizó basado en el listado emitido por el departamento de inventarios de la UPB. El resultado del análisis se agrupara de la siguiente manera: equipos críticos, equipos esenciales y equipos de propósito general.

Al momento de realizar el análisis se contó con la participación del personal a cargo de los equipos, quienes con sus conocimientos facilitaron la recopilación de la información necesaria, para crear la base de datos de los equipos; de igual manera se contó con la participación de algunos de los directores de escuela de las facultades quienes dieron su opinión sobre la importancia del equipo en el proceso educativo y operacional en la institución, con el fin de determinar la

criticidad de estos y determinar de qué manera afectaría el desarrollo académico y operativo de la universidad.

El resultado obtenido en el análisis a los equipos catalogados críticos, ha de servir para diseñar un plan de mantenimiento preventivo a un año, y un cronograma con las rutinas de mantenimiento.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Proponer un plan anual de mantenimiento preventivo para los equipos electromecánicos de la Universidad Pontificia Bolivariana catalogados críticos según la norma Norsok z – 008, haciendo el levantamiento de data sheet, y planteando las rutinas apropiadas para cada equipo en mención.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recuperar y recopilar información existente de los equipos electromecánicos de la UPB, basado en el listado entregado por la oficina de inventarios, mediante inspección visual a cada uno de los equipos con el fin de identificar los equipos electromecánicos de la UPB. Resultado: base de datos con la información recopilada. Indicador: La información recopilada para los equipos electromecánicos será Nombre del equipo, número de placa de inventario, descripción, centro de costo, estado operativo.
- Evaluar la criticidad de los equipos electromecánicos de la UPB, apoyado en la norma Norsok Z–008 [1], utilizando una metodología de jerarquización basada en la evaluación cualitativa del riesgo [2] con el fin de catalogar la criticidad de los equipos electromecánicos. Resultado: Base de datos la cual contendrá la calificación de criticidad de los equipos electromecánicos. Indicador: Análisis de criticidad aplicado al contexto operacional de la UPB apoyado en la norma Norsok Z–008 para cada uno de los equipos electromecánicos listados por el Departamento de Inventarios de la institución.

- Realizar data sheet de los equipos catalogados críticos, con información técnica suministrada por el fabricante e información operacional de cada equipo electromecánico. Resultados: Data Sheet de equipos catalogados críticos, Indicador: Cada data sheet contara con la fotografía del equipo; Referencias generales: Placa de inventario, centro de costo, equipo, clase de equipo, estado del equipo, criticidad, fabricante; Referencias específicas: Características físicas, diámetro, longitud, año de fabricación, sistema de protección, aplicación, operación; Condiciones operacionales: temperatura ambiente, temperatura de operación, presión de operación, accesorios, historial de mantenimiento, ultima reparación.
- Plantear planes de mantenimiento preventivo por familias de equipos, para los equipos catalogados críticos de la Universidad Pontificia Bolivariana. Resultado: Cada familia de equipos contará con los planes de mantenimiento preventivo. Indicador: Cada plan de mantenimiento contiene objetivo, alcance, responsabilidades, precauciones de salud y seguridad, aspectos ambientales, personal requerido, frecuencia, tiempo de ejecución, herramienta y equipos a utilizar en la rutina de mantenimiento.
- Proponer un cronograma anual de rutinas de mantenimientos preventivos para los equipos críticos de la UPB, con base a los procedimientos de las rutinas de mantenimiento preventivo planteadas. Resultado: Un archivo magnético en el cual se estipulan las rutinas de mantenimiento a ejecutar de cada uno de los equipos electromecánicos catalogados como crítico. Indicador: Cronograma anual en el cual se estipulen las posibles fechas de ejecución para las rutinas de mantenimiento preventivo en cada equipo electromecánico catalogado como crítico.

## 1. MARCO TEORICO

El principal objetivo en la gestión de mantenimiento, es incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los activos a bajos costos en la ejecución de las rutinas de mantenimiento, es decir que con el paso del tiempo de operación los equipos sigan cumpliendo con las funciones para las cuales fueron diseñados, siempre que los equipos trabajen dentro de los parámetros operacionales establecidos por los fabricantes.

El Departamento de mantenimiento es recíproco, e interactúa con otros departamentos como marketing, compras, operación, recursos humanos, etc. conforman en conjunto la organización.

Figura 1. Interacción del departamento de mantenimiento en la organización.



Fuente: Darwin Calderón Ellis.



En la gestión de mantenimiento se emplean conceptos como mantenimiento de activos, auditoría de gestión de mantenimiento, normas para establecer y optimizar los programas de mantenimiento, criticidad de equipos y planes de mantenimiento.

### **1.1. MANTENIMIENTO DE ACTIVOS.**

En la actualidad las empresas están enfocando sus esfuerzos en la gestión de activos debido a los altos costos de mantenibilidad en los equipos, para ello realizan estrategias basadas en técnicas de mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo.

Con el mantenimiento de activos se corrigen, previenen y predicen las fallas que se puedan presentar en el ciclo de vida de los activos. Las diferentes estrategias y técnicas ejecutadas para preservar la integridad del activo se pueden agrupar en tres grandes tipos de mantenimientos:

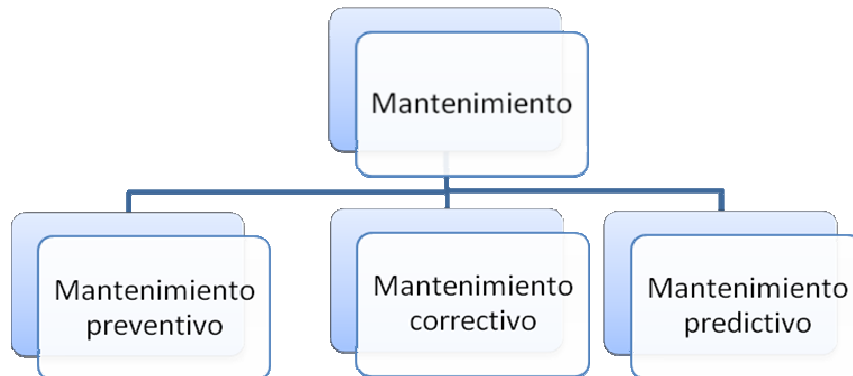
Mantenimiento preventivo: consiste en realizar ciertas reparaciones, o cambios de componentes o piezas, según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de un ítem. Siempre se planifica [1]

Mantenimiento correctivo: efectuado a un ítem cuando la avería ya se ha producido, restituyéndole a condición admisible de utilización, el mantenimiento correctivo, puede o no, ser planificado. [1]

Mantenimiento predictivo: Mantenimiento preventivo basado en el conocimiento del estado de un ítem por medición periódica o continua de algún parámetro

significativo, la intervención de mantenimiento se condiciona a la detección precoz de los síntomas de la avería. [1]

Figura 2. Tipos de mantenimiento.



Fuente: Darwin Calderón Ellis.

En el mantenimiento de activos se incluyen normas y metodologías con el fin de optimizar la gestión, algunas de esas normas están enfocadas a métodos de recopilación y estandarización de datos, parámetros de mantenimiento predictivo, la norma Norsok se enfoca al análisis de criticidad de equipos.

## **1.2. NORMAS NORSOK Y METODOLOGÍA DE JERARQUIZACIÓN BASADA EN LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO.**

La industria petrolera es líder en el desarrollo de estrategias para la gestión de activos, dentro de las cuales se encuentra el análisis de criticidad, que permite jerarquizar la importancia de un equipo en un proceso productivo.

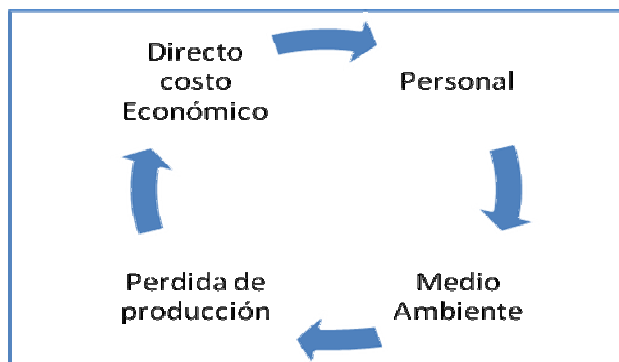
Normas Internacionales (desarrolladas por ISO) y normas europeas (elaboradas por el CEN), forman la base de todas las actividades en la industria petrolera en general. Los expertos de una amplia gama de empresas noruegas y europeas participan fuertemente en el desarrollo de normas internacionales y europeas, a fin

de definir un diseño seguro y económico de los procesos. Sin embargo, el marco de seguridad y las condiciones climáticas de Noruega suele exigir normas propias, o adiciones y suplementos a las Normas Internacionales (ISO) y las normas europeas (EN), las cuales se definen en las normas NORSOK.

Las normas NORSOK son desarrolladas por la industria petrolera noruega para garantizar la seguridad adecuada, agregando valor y rentabilidad para el desarrollo de la industria existente y el futuro del petróleo en Noruega, con proyección a otros países europeos y latinoamericanos, donde las empresas petroleras tienen su línea de trabajo, con el objetivo de proporcionar normas debidamente reconocidas con información que puede ser incluida y avalada por los organismos internacionales con el fin de reducir a futuro la necesidad de normas NORSOK de uso exclusivo,[2]

El propósito de la norma Norsok z – 008 es proporcionar requisitos y directrices para establecer una base para la preparación y optimización de programas de mantenimiento teniendo en cuenta los riesgos mostrados en la figura 3, esta norma es adaptada en sectores que requieren estándares elevados en seguridad industrial, por esta razón se implementa la norma con el fin de preservar la integridad de las personas que hacen parte de la institución.

Figura 3. Riesgos presentes en el análisis de criticidad.

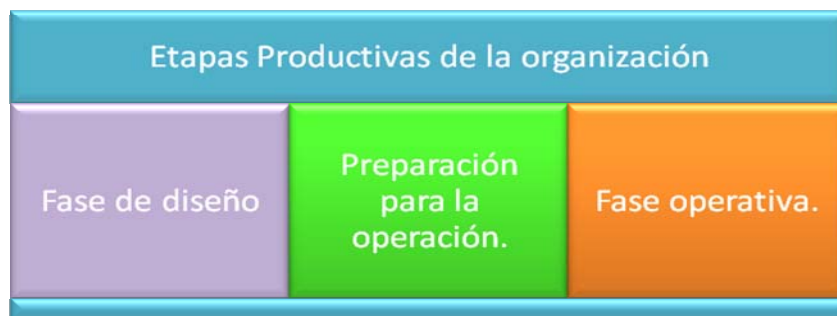


Fuente: Darwin Calderón Ellis.

- Personal  
Es el impacto que puede ocasionar una falla del equipo en las personas que están en el entorno de la operación, desde heridas leves hasta lesiones incapacitantes.
- Medio Ambiente  
Hace referencia a las consecuencias ambientales ocasionadas por una falla del equipo, desde contaminación baja, quejas de la comunidad o sanciones por entes gubernamentales.
- Pérdida de producción.  
Relaciona las pérdidas en la producción asociadas por el fallo del equipo, evaluadas según el costo.
- Directo costo económico (incluye todo excepto las pérdidas por no producción).[2]  
Se totalizan los costos asumidos por las pérdidas de producción y los gastos de mantenimiento.

El resultado de esta norma NORSOK es aplicable como se muestra en la figura 4, para diferentes etapas productivas.

Figura 4. Etapas productivas de la organización.



Fuente: Darwin Calderón Ellis.

- Fase de diseño.

El establecimiento de requisitos de mantenimiento inicial de dotación, identificar fallas ocultas en el equipo crítico y selección de piezas y repuestos.

- Preparación para la operación.

Desarrollo de programas iniciales para su aplicación en la gestión de mantenimiento.

- Fase operativa.

Optimización de programas de mantenimiento existentes y como una guía para dar prioridad a las órdenes de trabajo. [2]

Esta norma es utilizada como base en los análisis de criticidad por empresas como Ecopetrol, Petrobras, Cepcolsa y Gran tierra Energy Colombia Ltd. con el fin de identificar los activos a los cuales se les desarrollan los planes de mantenimiento.

Al implementar el análisis basado en la norma Norsok z – 008 se busca establecer la criticidad de los equipos electromecánicos en la operación de la institución, con el fin de desarrollar los planes de mantenimiento preventivo a los equipos catalogados críticos.

La metodología de jerarquización basada en la evaluación cualitativa del riesgo fue desarrollada por The Institute of Asset Management (IAM), la cual es una organización internacional actualmente con sede en el Reino Unido, esta reúne a involucrados en la adquisición, manejo y cuidado de los activos físicos - especialmente la infraestructura crítica. Este proyecto se puede adaptar a equipos industriales con tiempos de operación muy por debajo de los tiempos de funcionamiento en una industria típica (24 horas), tal como es el caso de la U.P.B. debido a que muchos de los equipos están instalados en los laboratorios de las facultades, los cuales operan en prácticas específicas por lo tanto son tiempos de operación muy cortos; otros equipos cumplen funciones específicas para el funcionamiento de la universidad, con tiempos de operación son de 12 a 16 horas

diarias; también existen equipos los cuales son de respaldo y entran en funcionamiento en ocasiones, por falla del equipo principal o la red eléctrica.

Aun cuando las normas Norsok son propias de una industria con elevadas condiciones de riesgo, su metodología y descripción permite utilizarla en otros campos, por cuanto hace referencia a los riesgos sobre personas, ambiente y costos los cuales no son exclusivos de la industria petrolera, por esta razón el Icontec abre la posibilidad de que las empresas colombianas se puedan certificar en normas Norsok

Para este proyecto se adapta la metodología con el fin de conservar la integridad de las personas y de los activos, debido a los tiempos cortos de operación de los equipos, para tal fin se tiene como base los criterios que se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios aplicados para el análisis de criticidad.

CRITERIO	ALCANCE
Frecuencia de falla (Todo tipo de falla ).	Numero de fallas presentadas en el equipo.
Tiempo promedio para reparar.	Tiempo promedio de reparación medido en horas.
Impacto sobre el proceso educativo o académico.	Afectación del proceso educativo debido a una falla en el equipo
Costo de reparación incluida mano de obra (En SMMLV).	Costo de la mayor reparación ejecutada en el equipo.
Impacto ambiental.	Contaminación ambiental a causa de una posible falla en el equipo.
Impacto en salud y seguridad personal.	Posibles heridas, lesiones o incapacidades que pueda generar una falla en el equipo.
Impacto en satisfacción del cliente. (Dependencias de la universidad a la que se le prestan servicios).	Afecta directamente una dependencia o varias dependencias en la universidad.

Fuente: Darwin Calderón Ellis.

Analizando cada uno de los ítems mencionados anteriormente se tiene la base para realizar el estudio de los equipos electromecánicos, el análisis de criticidad permite a la gestión de mantenimiento enfocar esfuerzos en los equipos catalogados críticos.

### 1.3. CRITICIDAD DE EQUIPOS.

El objetivo del análisis de criticidad es establecer un método que sirva como instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos en una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. [3]

La criticidad se refiere al equipo dentro de la función que desempeña, esta Se establece por el grado de impacto que pueda tener la salida de servicio del equipo en un momento determinado [4]. Su importancia en permitir la jerarquización de los sistemas, instalaciones y equipos en función de su impacto total, al aplicar la metodología para la jerarquización de criticidad de equipos, los resultados pueden ser de tres niveles como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles de clasificación en la criticidad de equipos.

Análisis de criticidad	Criticidad del equipo.	color
Criticidad Alta	Equipo Critico	
Criticidad Media	Equipo Esencial	
Criticidad Baja	Equipo de propósito General	

Fuente: Darwin Calderón Ellis.

Criticidad alta: Equipos cuyo paro afecta directamente la producción o la seguridad de las personas, equipos o medio ambiente.[4] (equipos críticos)

Criticidad media: Equipos esenciales para la producción, pero que tienen al menos un equipo de respaldo o su impacto es de mediana afectación.[4] (equipos esenciales)

Criticidad baja: Equipos de propósito general. es decir son necesarios pero no indispensables.[4] (equipos de propósito general)

La metodología para el análisis de criticidad que se aplica en este proyecto está basada en el método de Woodhouse Partnership Ltd. (TWPL) Es una sociedad limitada que se fundó en 1995 por un grupo de ex directivos de varias organizaciones, entre ellas Shell, la Autoridad de Energía Atómica del Reino Unido, la Real fuerza aérea (Reino Unido), Philips e Ingeniería de Kvaerner y se ha convertido en una autoridad líder en el mundo y fuente de conocimientos en el manejo óptimo y sostenible de los activos físicos.

Al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; adicionalmente permitirá establecer un orden apropiado de la programación y ejecución de órdenes de trabajo.[5]

#### **1.4. PLANES DE MANTENIMIENTO.**

Los planes de mantenimiento se desarrollan con base en frecuencias relacionadas, dependiendo de la aplicación y las condiciones de funcionamiento de los equipos, entendiendo que la mayoría de equipos en la UPB, a pesar de ser tipo industrial, no operan en condiciones de tiempos operacionales similares a una industria típica.



Por tanto se hace por tanto necesario, proponer un mecanismo de gestión o implementación adaptado al ritmo de trabajo académico, para garantizar y asegurar el cumplimiento de las actividades de mantenimiento de los mismos.

Para ello existen las siguientes condiciones:

- Se realiza la actividad con la primera frecuencia que se cumpla, soportado en la información de los proveedores o fabricantes, en las que estipulan condiciones de tiempo cronológico o condiciones de operación (horas reales de operación).
- Los equipos deben tener asociadas las variables de Control que determinan las frecuencias que se están definiendo.
- Se debe generar un plan de mantenimiento por lo menos con la Frecuencia apropiada, la que se defina como predominante (tiempo calendario u horómetro de máquina).
- Es requerido realizar constantemente el registro de las lecturas de Variables de Control como por ejemplo la observada en el horómetro de los generadores en la UPB. [6]

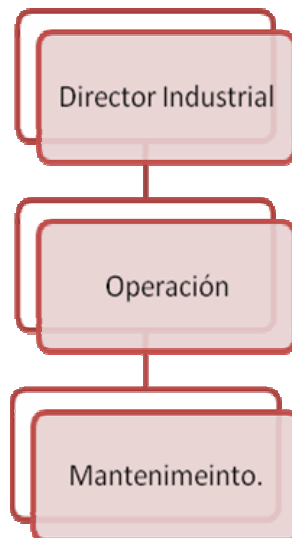
## **1.5. MARCO HISTÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

A finales del siglo XIX con el desarrollo técnico y la mecanización de la industria surgieron las necesidades de las primeras reparaciones, hacia 1914 el mantenimiento empezaba a tener importancia y era ejecutado por los operadores de los equipos.

Así mismo algunos hechos que marcaron el desarrollo del mantenimiento en el mundo fueron la primera guerra mundial y progreso de la producción en serie establecida por Ford, las fábricas empezaron a establecer programas mínimos de

producción y como consecuencia de esto, se creó la necesidad implementar grupos que pudieran ejecutar reparaciones en equipos en funcionamiento en el menor tiempo posible, así se creó un sub grupo en la operación como se indica en la figura 2, este grupo tenía las funciones que conocemos hoy en día como mantenimiento correctivo.

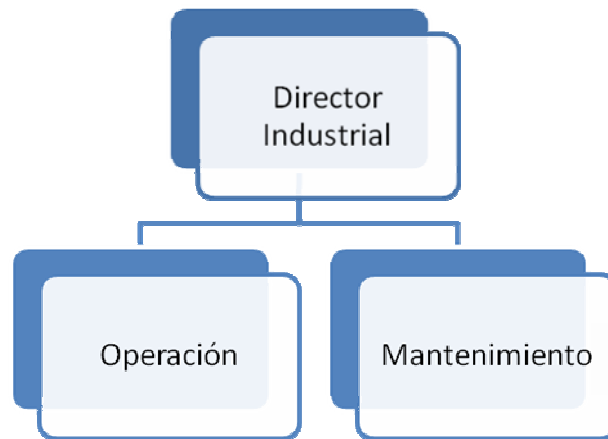
Figura 5. Organigrama del Mantenimiento en 1914.



Fuente: Lourival Tavares, Administración moderna de mantenimiento. Página 9.

Hacia la década de 1930, con el desarrollo industrial que se generó al aumentar la rapidez de producción para suplir las necesidades de la segunda guerra mundial, la alta administración se empezó a preocupar no solo en corregir las fallas sino también en evitar que las mismas ocurriesen, tomaron la decisión que el personal técnico de mantenimiento empezara a desarrollar trabajos en la detección de fallas en los equipos, además de la ejecución de mantenimiento correctivo que realizaban.

Figura 6 - Organigrama del Mantenimiento entre las décadas de 1930 y 1940



Fuente: Lourival Tavares, Administración moderna de mantenimiento. Página 9.

Hacia el año 1950 con el desarrollo de la industria y la necesidad de satisfacer los esfuerzos de la posguerra y la evolución de la aviación comercial, se evidenció que en muchos casos el tiempo empleado para el diagnóstico de las fallas era mayor que el tiempo empleado en la reparación, por tal razón seleccionaron especialistas y crearon un grupo asesor que se llamó Ingeniería de mantenimiento y recibió las funciones de realizar la planificación y el control del mantenimiento preventivo analizando causas y efectos de las fallas.

A partir de 1966, con la masificación de las computadoras, el fortalecimiento de las Asociaciones Nacionales de Mantenimiento y la creación de las normas que rigen el mantenimiento y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la Ingeniería de Mantenimiento pasó a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, con el objetivo de optimizar el desempeño de los grupos de ejecución del mantenimiento. [8]

En la década de 1980 la industria tenía un objetivo bien definido, obtener el máximo de rentabilidad para una inversión dada. Con la expansión de la industria oriental en el mercado occidental el cliente fue considerado un elemento importante en las adquisiciones, se hablaba de calidad entre los productos de la misma especie. Las empresas vieron que la única forma de mantenerse competitivas en el mercado internacional era brindándole calidad al cliente.

Esta exigencia no se debe atribuir exclusivamente a los asiáticos, puesto que en 1975, la Organización de las Naciones Unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como Producción = Operación + Mantenimiento.[8]

La norma Norsok z - 008 se aplica en el sector industrial proporcionando requisitos y directrices para establecer una base para la preparación y optimización de programas de mantenimiento y para la jerarquización de la criticidad de los sistemas, equipos y componentes.

Con el resultado del análisis de la criticidad se prioriza la elaboración de los planes de mantenimiento, en empresas multinacionales como, Petrobras, Chevron, Cepcolsa (Cepsa), Gran Tierra Energy Colombia Ltd., en Colombia Ecopetrol s.a., Pacific Rubiales Energy, Ocesa, Petrominerales.

En la universidad Pontificia Bolivariana se han desarrollado rutinas de mantenimiento para algunos equipos en las facultades de ingeniería electrónica, ingeniería civil e ingeniería mecánica.

Por otra parte, al realizar una búsqueda informática sobre análisis de criticidad de activos aplicados en las universidades colombianas apoyados en la norma Norsok z – 008 no se encontraron mayores registros. Sin embargo en el año 2006 en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia se desarrollo, un proyecto de grado que consistió en el diseño de un sistema de mantenimiento con base en el

análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla apoyado en la norma Norsok z - 008 para la planta de coque de fabricación primaria en la empresa acería paz de rio s.a.

Las normas Norsok son utilizadas por empresas europeas y asiáticas para verificar la confiabilidad de sus contratistas avala requisitos de seguridad, ambientales y de salud ocupacional, entre otros. De acuerdo con el gerente del Icontec, pese a que ya existen normas como la ISO 14.001 que certifica en manejo ambiental, o la OSHAS 18.001 de seguridad ocupacional, esta norma de carácter internacional, avala términos más exigentes, sin embargo, “para las empresas Colombianas que ya cuentan con estas dos será mucho más fácil certificarse en las normas Norsok, según lo expreso en una entrevista realizada en el año 2010 el director del Icontec Fabio Tabón Londoño.

Las auditorias de mantenimiento en Colombia son realizadas en los siguientes sectores: Petróleo & Gas, Energía, Petroquímica; Biodiesel, Cementos y Minería, Siderúrgico.

Estas auditorías se desarrollaron implementando la matriz de la excelencia de mantenimiento propuesta por John Dixon Campbell, y adaptadas a la industria de América Latina, y en Colombia las auditorias de mantenimiento las realizan empresas como AMS GROUP, RMS LTDA, WOOD GROUP, PEDRO SILVA ASESORES, SOPORTE Y CIA LTDA, entre otras empresas.

AMS GROUP es una empresa con amplia experiencia y conocimiento adquirido como resultado de años de trabajo e innovación. Su misión es ayudar a los clientes a alcanzar sus objetivos y expectativas mediante el acompañamiento y la transferencia de conocimiento en la aplicación efectiva de las mejores prácticas de Ingeniería de Confiabilidad, Optimización del Mantenimiento y Gestión de Riesgos.[10]

RMS LTDA es una empresa especializada con enfoque en procesos y con profesionales de amplia experiencia en la industria petrolera y petroquímica, que ofrece servicios de clase mundial en las áreas de Ingeniería de Mantenimiento CBM Confiabilidad e Integridad de Plantas.[11]

Para la gestión de activos y el desarrollo apropiado de planes de mantenimiento, es importante establecer un punto de partida, el cual determine las acciones de mejora que se deben implementar en el departamento de mantenimiento, estas acciones se evidencian en una apropiada auditoría de gestión de mantenimiento basada en la matriz de la excelencia.

#### **1.6. AUDITORIA DE MANTENIMIENTO.**

La auditoria es aquel elemento de gestión que ha de incluir una evaluación sistemática, documentada y objetiva de la eficacia del sistema de prevención para lo cual deberá ser realizada de acuerdo con las normas técnicas establecidas (ISO 9001:2008), o que pueden establecerse, y teniendo en cuenta la información recibida del personal encargado de los activos.[9]

Para la auditoria se hace uso de la matriz de la excelencia de mantenimiento bajo los lineamientos de John Dixon Campbell en su pirámide de la excelencia. [7] la matriz es adaptada al caso Colombiano e implementada en las auditorias de gestión de mantenimiento en la industria petrolera.

Las 10 áreas evaluadas y los lineamientos de cada uno de los ítems en la matriz son:

- Estrategia de mantenimiento

Evaluar la filosofía, la estrategia existente, los tipos de mantenimiento que se están aplicando a los equipos, la existencia o no y el grado de cumplimiento de planes operativos y estratégicos de operación y mantenimiento.

- **Administración y Organización**

Establecer como la organización está estructurada para atender las necesidades de la operación y su interacción e interfaces con las otras áreas funcionales de la empresa (Recursos Humanos <Perfiles, R&R, Competencia, Desempeño, capacitación, motivación>, Cadena de suministros, Finanzas, etc.)

- **Planeación y Programación**

Definir el estado de la planeación, la programación, la ingeniería del mantenimiento como entes organizacionales que deben estar constituidos y dando resultados formalmente.

- **Técnicas de Mantenimiento**

Establecer como la organización del mantenimiento tiene definidas las estrategias tanto de CBM (Mantenimiento basado en condición – para equipos dinámicos mecánicos y eléctricos al igual que para los de instrumentación y control), como en RBI (Inspección basada en riesgo) (para los equipos estáticos principalmente líneas, tanques y vasijas a presión).

- **Medidas de Desempeño**

Verificar la manera como la organización tiene definidos sus indicadores de gestión y de desempeño haciendo especial énfasis en aquellos que aseguran el alineamiento con la producción de la compañía (Disponibilidad de equipos para la docencia) (Indicadores costos de mantenimiento, disponibilidad de maquinaria, confiabilidad, MTBF y MTTR de los equipos y sistemas críticos).

- **Tecnología de la Información y su uso**

Parte fundamental de la gestión moderna de una organización de mantenimiento se establece en el análisis de esta área. La forma como la organización tenga implementado el CMMS ó ERP (Sistema Inteligente de Gestión de Mantenimiento) y la integración que exista entre este y los sistemas

que soporten la demás áreas de la organización (Operaciones, materiales, compras, Finanzas, Recursos Humanos, etc.).

- Involucramiento de los empleados

En este tópico se analiza como la organización está involucrando a sus empleados directos, o a los empleados de los contratistas que prestan servicios a la función mantenimiento a través de actividades que estén “tercerizadas”, en el análisis y aporte en los grupos de mejoramiento. Estos grupos de mejoramiento deben estar formalmente establecidos y su objetivo debe ser el de llevar a cabo de manera periódica los análisis y toma de acciones que permitan mejorar el negocio al cual se dedica la empresa.

- Análisis de confiabilidad

Se analiza la forma como la organización se preocupa por almacenar y analizar la información de las fallas de los equipos y sistemas críticos. También se miran aspectos tales como el uso de herramientas especializadas de confiabilidad simuladores y herramientas de RCM (Mantenimiento centrado en Confiabilidad) entre otros.

- Análisis de procesos

Analizar la gestión y calidad, bajo esquemas normativos ISO 9001, de los procesos administrativos de mantenimiento los cuales como mínimo son: Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, Mantenimiento Día a Día, Mantenimientos Mayores u “Overhaul (Mantenimientos mayores)”, manejo de herramientas, gestión de materiales, costos de mantenimiento.

- Instalaciones e Infraestructura.





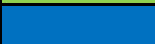
En este punto se analiza la forma como esté estructurada la información relativa a los activos de la organización. Se establece que tan estandarizada está la información a través de las diferentes bases de datos que soportan la operación.

Cada área es evaluada mediante entrevistas directas del responsable del área y con evidencias particularizadas sobre el alcance.



Las puntuaciones en cada una de las áreas de la matriz van desde 1 a 10, en total el rango es de 1 - 100; se realiza la sumatoria general y dependiendo de ésta se clasifica la gestión de mantenimiento como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Niveles de clasificación en la gestión de mantenimiento.

<b>CLASIFICACION DE LAS ORGANIZACIONES DE MANTENIMIENTO SEGÚN SU CLASIFICACION DEL INDICE DE GESTION</b>		
<b>PUNTAJES</b>	<b>NIVELES DE CLASIFICACION</b>	<b>COLOR</b>
Entre 0 -10	Mantenimiento "INOCENTE"	
Entre 11 - 20	Mantenimiento "INSATISFACTORIO"	
Entre 21 - 50	Mantenimiento "CONSCIENTE "	
Entre 51 - 70	Mantenimiento "DE LO MEJOR EN SU CLASE "	
Entre 71 - 100	Mantenimiento "CLASE MUNDO"	

Fuente: RMS LTD.

Es recomendado en que se desarrollen anualmente una auditoría interna y una externa con el fin de determinar el estado de la gestión de mantenimiento, y generar planes de acción para el mejoramiento de la función mantenimiento.

## **2. AUDITORIA “GESTIÓN DE MANTENIMIENTO” CON BASE EN LA MATRIZ DE LA EXCELENCIA.**

La auditoría de gestión de mantenimiento permite establecer el nivel de esta, y para el caso del proyecto se cuenta con la colaboración del líder del proceso en cabeza del jefe de Servicios generales. El nivel de gestión se mide en función de las fortalezas y debilidades encontradas.

### **2.1. FORTALEZAS EN LA GESTIÓN.**

En términos generales, se cuenta con un grupo de trabajo competente y empoderado por el cumplimiento de sus funciones. La integración de los empleados como parte de una sola empresa facilita la gestión por parte del grupo y permite generar equipos interdisciplinarios que ayudan en la solución de problemas.

Se destaca el compromiso por el cambio y el mejoramiento continuo, enfocado a la búsqueda de la excelencia.

En este trabajo se relaciona las 10 áreas y los lineamientos de cada una de ellas según la matriz de evaluación mencionada en el marco teórico.

- **Estrategia de Mantenimiento**

Se destaca la elaboración del plan de desarrollo anual en el cual se establecen las directrices para el funcionamiento de la Jefatura de servicios Generales.

La universidad asigna un presupuesto para el mantenimiento de equipos según solicitud basada en los criterios de cada unidad académica, como herramienta de

gestión es importante generar el cuadro integrado de mando ó Balance score card que permita llevar control a la operación y gestión de la Jefatura de servicios generales y mediante el análisis de los indicadores respectivos, generar planes de mejoramiento.

- **Organización y administración**

Se trabaja en la elaboración de planes de mantenimiento, que deben estar alineados con los requerimientos en el desarrollo de la docencia, debido a que la operación de la mayoría de los equipos no es continua por ser de uso académico.

Se tiene definida la misión de la jefatura de servicios generales, con el respectivo organigrama. Sin embargo, esta información debe ser divulgada a todos los niveles de la jefatura y se debe establecer claramente la cadena de mando dentro de la ejecución.

El hecho de no contar con una herramienta CMMS para evidenciar la gestión de mantenimiento dificulta la labor. Ante esto sería viable un modulo de mantenimiento en el nuevo software que se implementara en la universidad.

- **Planeación y Programación**

La importancia del proceso debe radicar en la consolidación del proceso en sí, es decir implementar programas de planeación semanales divulgadas a las demás áreas de la universidad, en los cuales se evidencien en cada orden de trabajo recursos humanos, materiales, tiempos de ejecución de las actividades para poder costear la ejecución de las rutinas de mantenimiento.

Para esto se deben generar procedimientos claros y concertados y se debe establecer el flujo de la Orden de Trabajo como herramienta para llevar

seguimiento a las actividades de planeación y programación, con el fin de establecer el porcentaje de ejecución de mantenimiento preventivo con respecto a la ejecución de mantenimiento correctivo para generar planes de acción.

Se evidencia el esfuerzo general en la implementación de planes de mantenimiento en los aires acondicionados y ventiladores, así mismo el aseguramiento del cumplimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo.

- **Técnicas de mantenimiento**

En cuanto a las técnicas se hace referencia a las técnicas aplicadas de mantenimiento basado en condición, en la actualidad en la universidad no se ejecutan rutinas de mantenimiento predictivo.

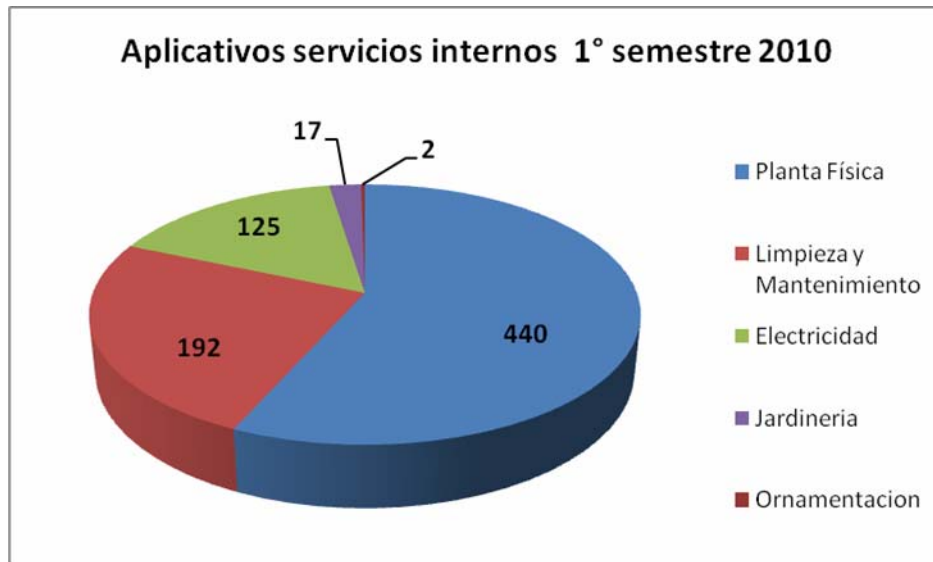
En las recomendaciones de este proyecto de grado se documentaran las posibles técnicas de mantenimiento predictivo que se pueden aplicar en la universidad.

- **Medidas de desempeño**

El proceso de mantenimiento de un equipo se inicia con la solicitud que hace el usuario la cual genera un reqsis, posteriormente en el departamento de servicios generales atienden la solicitud y generan la orden de trabajo, la eficiencia del proceso se calcula con el tiempo de la atención de dicha solicitud.

En el primer semestre de 2010 se generaron en total 776 solicitudes en el departamento de servicios generales, las cuales se catalogaron como se muestran en la figura 7:

Figura 7. Solicitudes generadas 1° semestre 2010



Fuente: departamento de servicios generales UPB

Se lleva el indicador de tiempo de respuesta de solicitud, para los requerimientos netamente de servicios generales, aplicativos internos (Reqser) esto quiere decir que no cuenta el tiempo en que las solicitudes están en gestión de compras, que es otro departamento.

Se debe asegurar la inclusión de nuevos indicadores de éxito que aseguren la correcta gestión de la jefatura de servicios generales, en los cuales se puedan medir objetivos que beneficien el desarrollo de este Departamento.

- **Tecnología de la información y su uso**

No se cuenta con un sistema computarizado de mantenimiento CMMS (Computerized Maintenance Management System) que facilite la gestión de mantenimiento, en el cual se pueda obtener trazabilidad de mantenimientos ejecutados, listados de repuestos, costos de mantenimiento.

- **Involucramiento de empleados**

Dentro de las reuniones sistemáticas establecidas por la jefatura de servicios generales se cuenta con una reunión semanal del personal operativo en las cuales se abordan temas propios de la operación y temas de seguridad industrial y salud ocupacional.

Se tiene definido un plan de capacitación anual que debe estar alineado a las necesidades de la universidad. La capacitación del personal es elemental para asegurar el éxito de la estrategia de mantenimiento y operaciones.

El plan de capacitaciones debe estar incluido como un indicador con el cual se evidencie el mejoramiento de las competencias del personal como punto clave para asegurar una mejor estrategia.

- **Análisis de Confiabilidad**

No se tiene estructurado el proceso de confiabilidad, en el área eléctrica se cuenta con registros de mantenimientos preventivos y correctivos para los aires acondicionados y ventiladores con los cuales se pueden establecer tiempos medios entre fallas y realizar un análisis para aumentar la confiabilidad de estos equipos.

- **Análisis de procesos**

En el análisis de procesos, se debe generar un plan de acompañamiento en calidad que permita llevar un control en las áreas de planta física, electricidad, jardinería, ornamentación que permita asegurar los procedimientos de las labores que se realizan en la UPB con el fin de realizar los panoramas de riesgo y

minimizar los posibles accidentes que afecten la integridad de los trabajadores a cargo de la jefatura de servicios generales.

- **Información sobre infraestructura**

Se han realizado inventarios de los activos pertenecientes a la UPB Bucaramanga, el cual se debe actualizar cada año para tener un mayor control en los equipos.

Se deben elaborar herramientas que mejoren el control sobre los activos de la universidad, identificando la ubicación de los equipos y mecanismos que ayuden en la trazabilidad de los equipos.

## **2.2. RESULTADO GENERAL.**

Los resultados generales establecen una calificación utilizando la metodología de la matriz de la excelencia de 10,25 puntos como se muestra en la tabla 4, lo cual ubica a la universidad dentro del rango de mantenimiento insatisfactorio.

Tabla 4 - Resultado auditoria matriz de la excelencia.

No.	Evaluación Organización de Mantenimiento	PUNTAJE MÁXIMO	PUNTAJE OBTENIDO
1	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	10	1,5
2	ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN	10	1
3	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	10	1
4	TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO	10	1
5	MEDIDAS DE DESEMPEÑO	10	2
6	TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y SU USO	10	0,75
7	INVOLUCRAMIENTO DE LOS EMPLEADOS	10	1
8	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	10	0,5
9	ANÁLISIS DE PROCESOS	10	0,5
10	INFORMACIÓN SOBRE INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES	10	1
	TOTAL	100	10,25

Fuente: Darwin Calderón Ellis

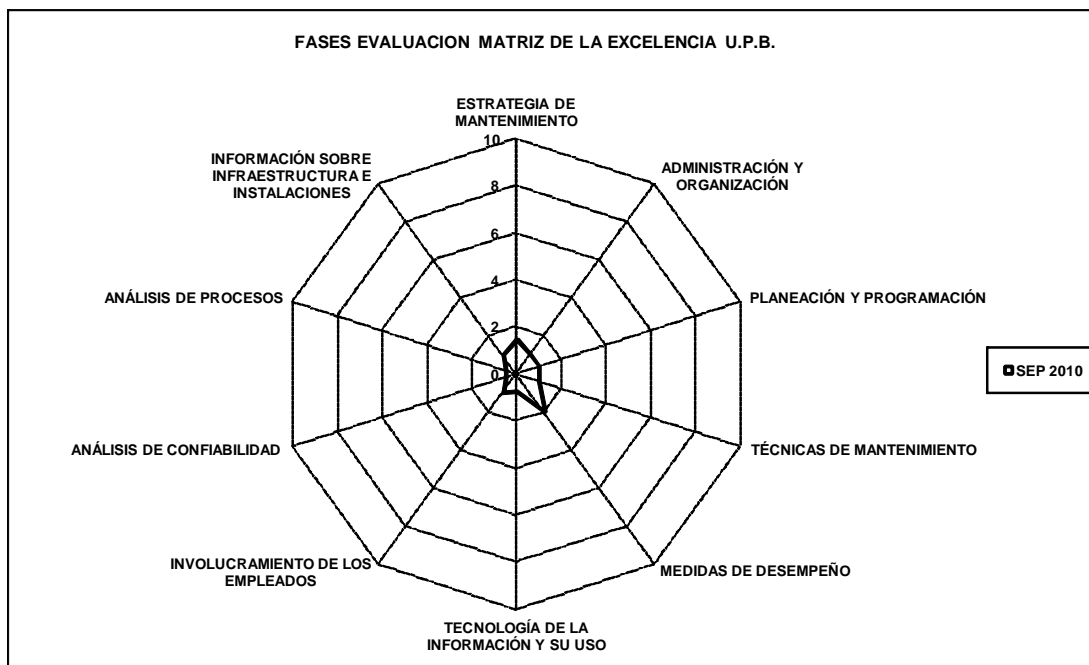
De la auditoria se puede establecer que falta un trabajo más profundo en el análisis de confiabilidad, evaluando los datos de mantenimiento como lo son tipos de mantenimiento ejecutado, tiempo de parada, tiempo medio entre falla, ítem mantenible (elemento que fallo), con el fin de generar recomendaciones para disminuir los mantenimientos correctivos asociados a esa causa de falla.

Por otra parte en el ítem de análisis de procesos, se deben estandarizar las actividades de mantenimiento preventivo periódicas, con el fin de crear procedimiento para asegurar la calidad de las rutinas de ejecución.

Esta calificación sirve de modelo comparativo para otras organizaciones y permite establecer el grado de relevancia que tiene el proceso de mantenimiento dentro de la organización como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Fases evaluación matriz de la excelencia



Autor: Darwin Calderón Ellis.

### 2.3. RECOMENDACIONES.

Desarrollar los procedimientos de las actividades de mantenimiento que se desarrollan en las áreas de jardinería, ornamentación, planta física y electricidad para que todas las rutinas ejecutadas por el personal a cargo de la jefatura de servicios generales estén bajo estándares de calidad y cumplan con los requisitos técnicos propios de cada actividad.

- **Estrategia de Mantenimiento**

Socializar formalmente la misión y la visión y el organigrama del grupo de mantenimiento. Asimismo, socializarlo a todos los niveles de la organización.

El resultado del presente trabajo una vez implementado hará parte de esta estrategia la cual nos permite disponer de planes de mantenimiento preventivo a los equipos catalogados críticos, alineados con la norma Norsok z – 008.

- **Organización y administración**

Se recomienda trabajar en conjunto con el proceso de compras debido a que todos los requerimientos de mantenimientos en talleres externos y peticiones de garantías son gestionadas por el sistema de compras. Los tiempos de reparaciones se podrían reducir al ser gestionados estos requerimientos por el departamento de servicios generales.

- **Planeación y Programación**

Se recomienda establecer el procedimiento de planeación y programación. Este procedimiento debe ser divulgado y aplicado a todos los niveles de la organización.

Se recomienda establecer el flujo de la Orden de Trabajo, el cual debe establecer la responsabilidad durante su ejecución. el cual debe ser socializado y divulgado, asegurando su cumplimiento.

Se recomienda adquirir un CMMS que se adapte a las necesidades de la Universidad.

La elaboración del stock de mínimos y máximos en bodega debe ser una tarea continua que asegure la consecución de recursos críticos y que facilite la tarea de planeación y mantenimiento. Para esto se debe elaborar un plan de implementación de mínimos y máximos.

- **Técnicas de mantenimiento**

Basado en la visita a campo de cada uno de los equipos electromecánicos de la institución se recomienda aplicar las siguientes técnicas de CBM (Mantenimiento basado en condición).

Análisis de vibraciones en el equipo rotativo, bombas centrifugas catalogadas críticas.

Análisis de aceites en los motores Cummins de las plantas generadoras de energía.

Análisis de variables operacionales en el aire acondicionado del edificio J y el auditorio mayor.

Termografías en los tableros de transferencia automática de las plantas de generación.

Análisis fisicoquímico de aceite dieléctrico en los transformadores de tensión eléctrica.

- **Medidas de desempeño**

Es importante tener bien definido los indicadores para la gestión de la jefatura de servicios generales, se podrían aplicar los siguientes indicadores en la gestión del mantenimiento.

Cumplimiento de Programación: (OT'S Ejecutadas / OT'S Programadas)

Workload (Mide la carga de trabajo del equipo de mantenimiento en semanas ideal que este entre 4 - 6 semanas): (Horas Hombre Planeadas/ Horas Hombre Disponibles de ejecución en la semana).

- **Tecnología de la información y su uso**

Es importante realizar la implementación de un CMMS que permita alinear las labores de administración del mantenimiento para todos los niveles y dependencias de la organización.

Con la implementación de este software podríamos calcular los costos de mantenimiento, las ejecuciones de rutinas de mantenimiento, los repuestos asociados, a un equipo en particular.

- **Involucramiento de empleados**

Es muy importante para el departamento de servicios generales que todos integrantes estén abarcados dentro de una matriz de capacitaciones con el fin de mejorar sus conocimientos y habilidades en el desarrollo de las actividades propias de su labor.

- **Análisis de Confiabilidad**

Se puede hacer un trabajo de recopilación de datos con los registros de fallas que se manejan por medio del supervisor, con el fin de obtener tiempos medios entre fallas, e identificar los componentes con más probabilidades de falla.

- **Análisis de procesos.**

Se debe fortalecer la implementación de los procedimientos de la ejecución de las labores diarias para así asegurar la calidad en las ejecuciones de las labores.

- **Información sobre infraestructura.**

Al finalizar el proyecto se implementaran las datas sheet de los equipos catalogados críticos y los centros de costos del equipo lo cual ayuda al control de la infraestructura.

De igual manera, se debe establecer una base de datos para los equipos la cual contenga, información como: el número de inventario, datos de placa, información del equipo, fotografía del equipo.

### **3 TRABAJO DE CAMPO: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION**

A continuación se presenta la secuencia realizada en la recopilación de la información técnica de los equipos electromecánicos presentes en la universidad.

Para tal fin, se dio inicio con la familiarización con los activos existentes en el departamento de inventarios de la institución, la información suministrada hace referencia a las dependencias de: Ingeniería Electrónica, Civil, Ambiental, Mecánica, Industrial, Psicología, Comunicación Social, Administración de Empresas y Servicios Generales.

Posteriormente, con la información suministrada de los activos existentes en cada dependencia, se determina cuales equipos cumplen con las características (Equipos de funcionamiento eléctrico y/o mecánico), para clasificarlos dentro del grupo de equipos electromecánicos [anexo 1], de los equipos clasificados como electromecánicos, se verifica el estado de operación de cada uno de ellos, para recopilar la información técnica necesaria, la cual ha de ser estudiada y utilizada en el análisis de criticidad.

En cada dependencia se realiza una inspección con el acompañamiento del personal a cargo de cada equipo, con el fin de verificar el estado funcional y aprovechando su experiencia en la operación de los mismos, se conoció el estado funcional de cada equipo, los parámetros operacionales, las medidas de seguridad con la que es operado cada uno de los equipos, se verifico el historial de mantenimientos.

Durante las respectivas visitas que se realizaron en las diferentes dependencias se noto la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos,

debido a que a la mayoría de atenciones la realiza el personal de servicios generales (mantenimiento) cuando se presentan fallas, en algunos casos los equipos se operan solo durante un lapso breve de tiempo, para evitar que sus partes mecánicas de deterioren.

### **31. INFORMACIÓN GENERAL DE MANTENIMIENTO UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA**

Para cualquier empresa la gestión de mantenimiento es muy importante, debido a que los equipos se requieren con una mayor disponibilidad para satisfacer las necesidades internas y externas de operación o institucionales. La universidad no es la excepción.

Los equipos con el paso del tiempo se van envejeciendo, y el no tener parámetros establecidos de operación, así como la no implementación de planes de mantenimiento preventivo, hacen que los costos de mantenimiento no sean los adecuados, resultando, generalmente, más elevados de los normal.

En la Universidad Pontificia Bolivariana, se conto con el presupuesto para gastos de mantenimiento establecido para el año 2010, como se muestra en la tabla 5

Tabla 5 - Presupuesto UPB Bucaramanga año 2010.

Centro de Costo.	Presupuesto año 2010
Comunicación social	\$ 1.200.000,00
Ingeniería Ambiental	\$ 5.000.000,00
Ingeniería Industrial	\$ 2.500.000,00
Ingeniería Electrónica	\$ 21.000.000,00
Ingeniería Mecánica	\$ 7.000.000,00
Ingeniería Informática	\$ 500.000,00

Centro de Costo.	Presupuesto año 2010
Ingeniería Civil	\$ 7.000.000,00
Laboratorio de Química	\$ 1.200.000,00
Laboratorio de Física	\$ 580.000,00
Bienestar Universitario	\$ 1.185.000,00
Nuevas Tecnologías	\$ 6.500.000,00
Biblioteca	\$ 200.000,00
Planta de aguas residuales	\$ 3.000.000,00
Departamento de Sistemas	\$ 3.200.000,00
Servicios Generales	\$ 46.000.000,00

Fuente: departamento de presupuesto UPB

La ejecución del presupuesto está a cargo del director de cada dependencia, y generalmente es destinado a actividades de carácter de mantenimiento correctivo.

### **32. ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

En el desarrollo del proyecto la organización de la información fue muy importante, debido a que el listado entregado por parte de la oficina de inventarios tenía un total de 960 activos los cuales pertenecen a cuarenta y cuatro (44) centros de costos diferentes, en este momento del proyecto se tenía una información básica: Placa de inventario, lote, descripción, nombre referencia, centro de costo.

La información suministrada se organizo por centros de costos, para analizar cuáles de estos activos cumplían con el requisito de ser equipos electromecánicos, debido a que el listado entregado por la oficina de inventarios era general de todos los activos de la UPB, teniendo esta información estructurada se realizo una inspección a los equipos previamente seleccionados, con el fin de



comprobar que el número de placa de inventario hiciera referencia a la descripción del equipo y asegurar que eran de funcionamiento electromecánico.

Al realizar el análisis de funcionamiento electromecánico, se determinaron doscientos quince (215) equipos, de catorce (14) centros de costos (anexo1). En este punto del proyecto la información que se tenía era la base para empezar a desarrollar entrevistas en cada uno de los centros de costos a los cuales pertenecían los equipos, para obtener la información necesaria para ejecutar el análisis de criticidad.

### **33. ENTREVISTA PARA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Para el análisis de criticidad es fundamental obtener información técnica, operacional y la importancia dentro del proceso educativo del los activos electromecánicos, para tal fin se realizaron entrevistas en la diferentes facultades con los encargados de operar los equipos.

Se investigaron datos como, horas de operación, años de servicio, datos operacionales, frecuencias de mantenimiento, reparaciones realizadas, fallas presentadas, tiempos de reparación, impacto sobre el proceso educativo, costos de las reparaciones, impacto ambiental, impacto en salud y seguridad personal, impacto en la satisfacción del cliente.

A continuación, se presenta el formato que se aplico en las respectivas entrevistas, las cuales se realizaron con el personal encargado de la operación de cada equipo en las diferentes dependencias en la universidad, con el fin de tener la información apropiada para realizar el análisis de criticidad.

Tabla 6 - Parámetros a evaluar en el análisis de criticidad.

<b>1. FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA )</b>	<b>PUNTAJE</b>
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 4 por año	2
Entre 5 y 8 por año	3
Entre 9 y 12 por año	4
Más de 12 por año ( Más de una parada mensual por cualquier tipo de falla)	5
<b>2.TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. MTTR.</b>	<b>PUNTAJE</b>
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	4
Más de 48 horas	5
<b>3. IMPACTO SOBRE EL PROCESO EDUCATIVO O ACADEMICO</b>	<b>PUNTAJE</b>
No afecta el proceso de educación	0,05 F
25% de impacto proceso de educación	0,3 F
50% de impacto proceso de educación	0,5 F
75% de impacto proceso de educación	0,8 F
Afecta totalmente EL proceso	1 F
<b>4. COSTO DE REPARACIÓN INCLUIDA MANO DE OBRA ( EN SMMLV)</b>	<b>PUNTAJE</b>
Menos de 3 SMMLV	3
Entre 3 y 6 SMMLV	5
Entre 6 y 10 SMMLV	10
Más de 10 SMMLV	25

<b>5. IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>PUNTAJE</b>
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja, no rebasa los límites del salón.	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la universidad.	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios	25
<b>6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</b>	<b>PUNTAJE</b>
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25
<b>7. IMPACTO EN SATISFACCIÓN CLIENTE. (DEPENDENCIAS DE LA UNIVERSIDAD A LA QUE SE LE PRESTAN SERVICIOS).</b>	<b>PUNTAJE</b>
Afecta en forma leve, en lo económico o al proceso educativo en su dependencia	0
Afecta más que levemente a su dependencia	5
Afecta a su dependencia y a otra dependencia de la universidad	10
Afecta a su dependencia , y a otras instituciones internas o externas a la universidad	20

Fuente: Darwin Calderón Ellis.

En cada uno de los 7 ítem establecidos en el formato como se muestra en la tabla 6, el encargado de la operación del equipo seleccionaba la opción adecuada, para establecer un criterio valido en: frecuencia de falla del equipo, tiempo promedio de reparación, impacto sobre el proceso educativo o académico, costo de

reparación incluida mano de obra (en smmlv), impacto ambiental, impacto en salud y seguridad personal, impacto en satisfacción cliente. (Dependencias de la universidad a la que se le prestan servicios).

### 34. BASE DE DATOS

Los entregables de este proyecto se requieren de forma dinámica y de fácil acceso con el fin de que se pueda consultar el análisis de criticidad de los equipos electromecánicos, al inicio del proyecto se desarrollo una base de datos sencilla amigable con el usuario, en donde se mostraba la información recopilada en forma tabulada y el resultado del análisis de criticidad.

Dado el volumen de información que se tiene de entregables como lo son el resultado del análisis de criticidad, planes de mantenimiento preventivo a un (1) año por familias de equipos, cronograma de actividades, data sheet de los equipos catalogados críticos, se desarrollo una base de datos en el software NetBeans IDE 6.9.1 la cual tiene una interfaz grafica amigable con el usuario, en donde encontrara toda la información con la cual se desarrollo este proyecto.

Figura 9. Menú principal de la base de datos



Fuente: Darwin Calderón Ellis.

En la figura 9 se muestra el menú principal, de la base de datos en donde se encuentra los principales entregables del proyecto como lo son análisis de criticidad, planes de mantenimiento, data sheet, cronogramas de mantenimiento.

Esta base de datos cuenta con la opción ingresar y realizar el análisis de criticidad a nuevos equipos, como se muestra en la figura 10

Figura 10. Análisis de criticidad a equipos nuevos.

**Sistema de Inserción de Equipo**

Persona Responsable  Placa Inventario

Centro de Costo  Equipo

No sabe como completar el formulario?

Especificaciones

1. FRECUENCIA DE FALLA	2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR, MTTR.	3. IMPACTO SOBRE EL PROCESO EDUCATIVO O ACADEMICO (N° FALLAS)	4. COSTO DE REPARACIÓN INCLUIDA MANO DE OBRA	5. IMPACTO AMBIENTAL	6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	7. IMPACTO EN SATISFACCIÓN CLIENTE
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Procesar      Regresar

Fuente: Darwin Calderón Ellis.

#### 4. ANALISIS DE CRITICIDAD

Con la información recopilada en cada una de las entrevistas realizadas, y el formato diligenciado (anexo 2), para cada uno de los equipos catalogados críticos, con base en estos datos, se implementa la siguiente fórmula:

$$ER = (FF) * ((CR + SS + IA + IC) + (IA * TR))$$

Dónde:

ER = Ranking del equipo

FF= Frecuencia de falla

CR= Costo de reparación incluida mano de obra

SS= Impacto en salud y seguridad personal

IA = Impacto ambiental

IC = Impacto en satisfacción cliente.

IA = Impacto sobre el proceso educativo o académico x (n° fallas)

TR = Tiempo promedio para reparar.

El valor de cada uno de estos ítems fue asignado por los encargados de la operación de los equipos, al momento de diligenciar el formato establecido. Se reemplaza el puntaje predeterminado para cada aspecto, el cual es tenido en cuenta en el análisis de criticidad, el resultado de esta fórmula determina el ranking de cada equipo, el máximo valor de ranking de equipo obtenido se divide en tres (3) con el fin de obtener los rangos equitativos de los niveles de clasificación.

De acuerdo al resultado del ranking del equipo obtenido se determina la clasificación de criticidad, del equipo de acuerdo a la tabla 7:

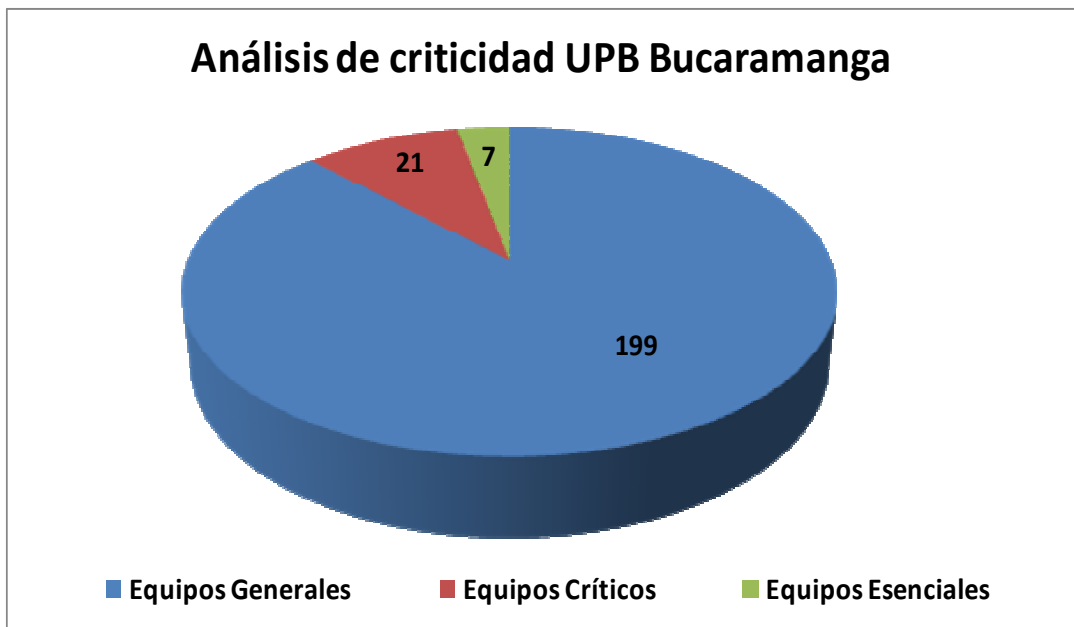
Tabla 7 - Estado de criticidad evaluado según ranking del equipo.

CATEGORÍA DE CRITICIDAD	RANKING DEL EQUIPO	PRIORIDAD	TIEMPO DE ATENCIÓN
CRITICO	83 – 124	1	INMEDIATA
ESENCIAL	42 – 82	2	HASTA 48 HORAS
PROPÓSITO GRAL	0 - 41	3	MÁXIMO 4 SEMANAS

Fuente: Darwin Calderón Ellis.

Con los valores del ranking de los equipos se establecen los tres (3) grupos de criticidad, en este análisis con base al ranking del equipo las categorías de criticidad y el numero de activos se muestran en la figura 11: Equipos de propósito general (0 - 41 puntos) equipos esenciales (42 - 82 puntos) y equipos críticos (83 - 124 puntos). Estos puntos hacen referencia al ranking del equipo.

Figura 11. Resultado del análisis de criticidad UPB Bucaramanga



Fuente: Darwin Calderón Ellis.

El análisis de criticidad se realizó para un total de 227 equipos electromecánicos, como resultado se evidencia que el 88% de los equipos son de función general, el 3% tiene una función esencial, el 9% tiene una función crítica en el actividad de la UPB Bucaramanga.

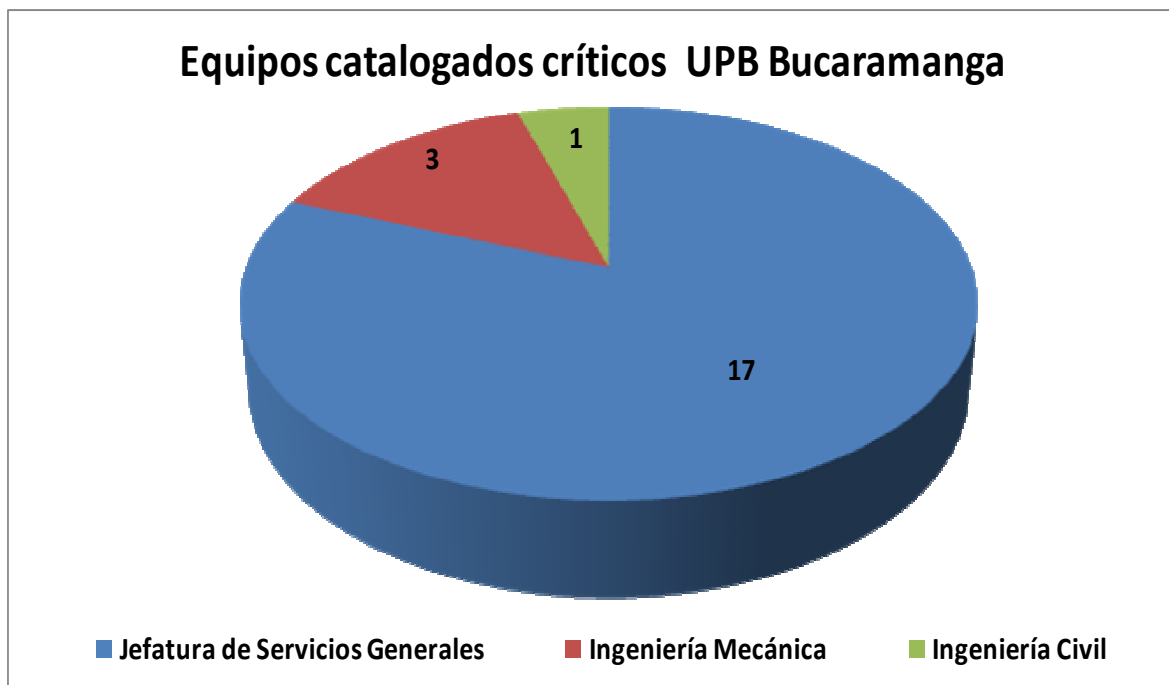
Este 9% que son equipos catalogados críticos, al momento de presentar una falla que altere el normal funcionamiento en la operación, se vería reflejado en la afectación del normal desarrollo académico, debido a que en la UPB Bucaramanga no se cuenta con herramienta especializada, repuestos y personal técnico certificado para reparar estos equipos de forma inmediata.

#### **4.1. EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS CATALOGADOS CRÍTICOS DE LA UPB BUCARAMANGA**

Del resultado del análisis de criticidad se establece un total de veintiún (21) equipos críticos los cuales pertenecen a los siguientes centros de costos: Ingeniería Civil, ingeniería Mecánica y Servicios Generales, como se muestra en la figura 12, a los que se les planteara una propuesta de plan de mantenimiento preventivo por familias de equipos a un (1) año, cronograma de actividades (rutinas de mantenimiento), data sheet para cada uno de los equipos.



Figura 12. Centros de costos equipos catalogados críticos UPB Bucaramanga



Fuente: Darwin Calderón Ellis.

A continuación se presenta el listado total de los equipos catalogados críticos en la tabla 8, del análisis realizado.

Tabla 8 - Equipos catalogados críticos UPB Bucaramanga

CENTRO DE COSTO	EQUIPO	RANKIG DEL EQUIPO
Jefatura de Servicios Generales	Generador Electrico Edificios A-B-C	<b>124</b>
Jefatura de Servicios Generales	Generador Electrico Edificio J	<b>124</b>
Jefatura de Servicios Generales	Generador Electrico Edificio D	<b>124</b>
Jefatura de Servicios Generales	Generador Electrico Edificios H-E-F-G-I	<b>124</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #1 C.I. Edificios D-E-F-G-H	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #2 C.I. Edificios D-E-F-G-H	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #1 Edificios D-E-F-G-H	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #2 Edificios D-E-F-G-H	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #3 Edificios D-E-F-G-H	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #1 Edificios A-B-C	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #2 Edificios A-B-C	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #1 C.I. Edificio J	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #1 Edificio J	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Bomba centrifuga #2 Edificio J	<b>116,9</b>
Jefatura de Servicios Generales	Ascensor Edificio D	<b>114</b>
Ingeniería Mecánica	Turbina	<b>108</b>
Ingeniería Mecánica	Caldera	<b>94</b>
Ingeniería Civil	Maquina universal	<b>84</b>
Ingeniería Mecánica	Banco de Intercambiadores	<b>83</b>
Jefatura de Servicios Generales	A. acondicionado Auditorio Mayor	<b>86</b>
Jefatura de Servicios Generales	Aire acondicionado Sheller	<b>83,6</b>

Fuente: Darwin Calderón Ellis.

Las principales características de estos equipos, al no estar en estado operativo o presentar una falla en el funcionamiento, es que afectan el desarrollo de las actividades académicas o causan un impacto negativo en la satisfacción del cliente.

## **5. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRÍTICOS.**

La estrategia de mantenimiento busca tener planes estructurados, procedimientos de las actividades a realizar, formatos para obtener trazabilidad, frecuencias de actividades planeadas y programadas, suficiente personal técnico capacitado, recursos como herramientas, equipos especiales; dada la cantidad de equipos electromecánicos los más de doscientos cincuenta (250) que posee institución, se requeriría de un gran grupo de personas para poder ejecutar los planes de mantenimiento preventivo a todos los equipos, lo cual generaría un costo elevado en el mantenimiento.

Debido a esta razón se estableció un análisis de criticidad con el fin de estructurar una estrategia que ayude a prevenir, predecir o corregir las fallas que se presentan en los equipos, para ello se generaron planes de mantenimiento a un (1) año, procedimientos de las actividades, cronograma de las rutinas, de los equipos que afectan el normal desarrollo de las actividades académicas.

### **5.1. CLASIFICACIÓN POR FAMILIA DE EQUIPOS**

Dada la gran cantidad de equipos, que posee la universidad es importante clasificarlos para ejecutar una estrategia de mantenimiento que se pueda aplicar a varios equipos, de lo contrario se tendría que establecer una estrategia para cada equipo en particular.

Esta clasificación se aplica en los equipos que realizan la misma función operacional, en la mayoría de las ocasiones estos activos son de marcas, modelos, referencias, capacidades operacionales diferentes. en este proyecto los

equipos que se clasificaron por familias fueron: generadores eléctricos, motores de combustión interna, aire acondicionado tipo industrial, conjunto motor bombas centrifugas.

Al momento de realizar la clasificación es importante verificar que el principio del funcionamiento de los equipos a familiarizar sea al mismo, en el caso de las bombas centrifugas manejan el mismo tipo de fluido, el tipo de corriente y el voltaje de alimentación del motor es la misma; en los motores de combustión interna tienen las mismas características de funcionamiento y se da el nombre de la familia por el tipo de combustible que utilizan todos los motores. En los generadores eléctricos el tipo de corriente y el voltaje que emiten es el mismo. La familia de los aires acondicionados se estableció dado al ciclo de funcionamiento.

## **5.2. PLANES DE MANTENIMIENTO POR FAMILIAS DE EQUIPOS.**

La elaboración de los planes se realizó con base en los manuales de operación y mantenimiento estipulados por los fabricantes, teniendo en cuenta que algunos de los equipos tienen periodos de operación cortos y variaciones constantes en los parámetros operaciones como lo es el caso de los equipos instalados en los laboratorios.

Basado en la experiencia del autor y el director del proyecto en el sector del mantenimiento industrial, cimentado en las necesidades de la UPB Bucaramanga se desarrollaron las rutinas de mantenimiento de: Conjunto motor de combustión interna - generador eléctrico, Conjunto motor eléctrico - bomba centrifuga, Turbina, Caldera, Banco de intercambiadores, Maquina Universal; en los equipos como el ascensor y los aires acondicionados tipo industrial se contó con la colaboración y experiencia de los contratistas que están a cargo del mantenimiento de estos equipos.

El plan de mantenimiento para cada familia de equipos está constituido de una o varias rutinas las cuales tienen frecuencias en horas de operación o en tiempo calendario, estos se han desarrollado teniendo la precaución de que los tiempos operacionales de los equipos en la academia son diferentes a los del sector industrial, los ítems que se establecieron en las rutinas fueron los siguientes: objetivo, alcance, responsabilidades, personal requerido, frecuencia, tiempo de ejecución, herramientas y equipos, elementos de protección personal, y el procedimiento de la actividad a realizar.

A continuación se mostrara la rutina de mantenimiento de una planta eléctrica de generación cada 250 horas o 3 meses.

#### **5.2.1. Inspección 250 Horas O 3 Meses**

##### **Objetivo:**

Describir las actividades en la inspección de 250 horas o 3 meses para el plan de mantenimiento preventivo a las plantas eléctricas de emergencia Cummins para garantizar su correcto funcionamiento y disponibilidad.

##### **Alcance:**

Este procedimiento abarca todas las actividades que deben realizarse en la inspección de 250 horas o 3 meses de todas las plantas eléctricas de emergencia de la U.P.B Bucaramanga.

##### **Responsabilidades:**

Encargado del equipo: Asegurar la vigencia del procedimiento y el cumplimiento de las reglas de seguridad industrial y salud ocupacional.

Ejecutante: Asegurar el seguimiento pasó a paso de este procedimiento y dar el adecuado manejo del cambio ante cualquier situación que se presente en el desarrollo de esta labor.

**Personal Requerido:**

Este mantenimiento debe ejecutarse por personal calificado (por ejemplo una empresa contratista.)

**Frecuencia:**

3 meses o cada 250 horas de operación

**Tiempo de ejecución estimado:**

3 Horas

**Herramientas y equipos requeridos:**

Caja de herramientas manuales

Bayetilla.

Cartel equipo en mantenimiento.

**Elementos de protección personal necesarios:**

Protectores auditivos, gafas de seguridad, guantes de vaqueta, guantes de nitrilo, ropa de dotación, zapatos de seguridad con puntera de acero.

**5.2.2. Procedimiento.** Todos los controles de mantenimiento e inspección que figuran en los intervalos de mantenimiento anterior también se deben realizar en este momento.

### **Desconecte la batería para su seguridad.**

Figura 13. Batería.



Los bornes de las baterías que están ubicados como se muestra en la figura 13, para evitar que el motor encienda en una transferencia automática.

Revisar los niveles de agua y limpiar los bornes de la batería con un cepillo de bronce para evitar que la batería se sulfate.

Autor: Darwin Calderón Ellis

### **Verificar la Restricción del filtro de aire**

**PRECAUCIÓN** Nunca opere el motor sin el filtro de aire. El aire de admisión debe ser filtrado para evitar que la suciedad y los residuos entren en el motor y causar el desgaste prematuro.

**NOTA:** No retire la arandela de filtro. La arandela de filtro absorbe la humedad.

Figura14. Restricción filtro de aire.



El indicador de restricción mecánica está disponible para indicar la restricción excesiva del aire a través de un filtro de aire de tipo seco. Como se muestra en la figura 14. Este instrumento está montado en el filtro de aire de salida.

Autor: Darwin Calderón Ellis

La bandera roja en la ventana poco a poco se levanta como el cartucho de cargas con suciedad. Cuando la restricción de aire se indica el filtro de aire debe ser reemplazado. Después de cambiar o reemplazar el cartucho, restablecer el indicador pulsando el botón de reinicio.

### **Limpiar el Enfriador de aire.**

Figura 15. Enfriador de aire.



Inspeccione y limpie el enfriador de aire para evitar el bloqueo de la suciedad y los escombros de las aletas ubicadas como se muestra en la figura 15. Compruebe si hay grietas, agujeros u otros daños. Si encuentra algún daño, avisar al encargado del equipo.

Autor: Darwin Calderón Ellis.

### **Estado de las tuberías de aire.**

Figura 16. Tuberías de aire



Inspeccione visualmente la entrada de las tuberías para los puntos de desgaste y averías de las tuberías, abrazaderas flojas, o perforaciones que pueden dañar el motor.

Autor: Darwin Calderón Ellis.



Reemplazar las tuberías dañadas como se muestra en la figura 16, y apriete las abrazaderas sueltas, según sea necesario, para evitar que el sistema de aire se filtre.

### **Bomba del combustible**

Figura 17: Bomba de combustible



Inspeccione, tuercas de montaje, incluyendo el soporte de la cola, piezas sueltas o dañadas en la bomba de inyección de combustible, para tener mayor referencia observar la figura 17.

Autor: Darwin Calderón Ellis.

### **Mangueras del radiador**

Revise todas las mangueras en busca de grietas, cortes o muescas.

NOTA: La manguera de refrigerante del motor de silicona presentará hinchazón debido a la elasticidad de la manguera.

### **Presión de la tapa del radiador**

La tapa de presión del sistema está diseñada para utilizar una tapa de presión para evitar la ebullición del refrigerante. Verificar visualmente el estado de la tapa del radiador en caso de estar averiada, se recomienda cambiar.

NOTA: El mal funcionamiento de la tapa del radiador puede resultar en la pérdida de líquido refrigerante y el motor encendido se puede recalentar.

### **Cambio de aceite lubricante y filtros de aceite.**

Drenar el aceite lubricante.

#### **ADVERTENCIA**

Evitar la inhalación de los vapores, ingestión y el contacto directo en la piel con el aceite de motor usado. Si no se reutiliza, eliminar de acuerdo con las regulaciones ambientales locales.

NOTA: Use un recipiente que puede contener al menos 26 litros de aceite lubricante. Retire el tapón de vaciado de la parte inferior del cárter.

Figura 18: Filtro de aceite lubricante.



Retire el filtro de aceite.

Limpie el área alrededor de la cabeza del filtro de aceite lubricante. El filtro de aceite se muestra en la figura 18. Limpiar la superficie de la junta de la cabeza del filtro.

Autor: Darwin Calderón Ellis

NOTA: El empaque se puede pegar en la base de la cabeza del filtro. Asegúrese de que se quita antes de instalar el nuevo filtro.

Instale el nuevo filtro de aceite

Llene el filtro con aceite lubricante limpio antes de la instalación. Aplique una capa ligera de aceite lubricante a la junta de la superficie de sellado antes de instalar el filtro.

#### PRECAUCIÓN

El ajuste excesivo del filtro puede distorsionar los hilos o dañar el sello elemento filtrante. Instalar el filtro según lo especificado por el fabricante del filtro.

Limpie la superficie de sellado del tapón del cárter. Compruebe que el tapón de drenaje tenga los hilos limpios.

Instale el tapón de drenaje.

Carter de acero de 60 N. m [44 pies-lb]

Carter de aluminio 30 N. m [22 pies-lb]

Agregue aceite lubricante.

Llene el motor con aproximadamente 10,5 galones con aceite lubricante limpio y verifique el nivel adecuado entre los valores de H y L.

Compruebe si hay fugas de aceite en los filtros y tapón de vaciado.

#### **Nivel de aceite lubricante**

#### PRECAUCIÓN

Nunca opere el motor con el nivel de aceite por debajo de la marca L (bajo) o por encima de la marca o H (alto). Puede presentar bajo rendimiento o fallas en el motor.

El motor debe estar nivelado cuando compruebe el nivel de aceite para asegurarse de que la medición es correcta si está entre los niveles de H y L.

Apague el motor para una lectura precisa. Espere por lo menos 15 minutos después de apagar el motor para comprobar el nivel de aceite. Esto da tiempo para que el aceite se drene en el cárter.

La información del procedimiento es tomado del manual de operación y mantenimiento de Cummins Inc.

Los planes de mantenimiento diseñados en este proyecto, están estructurados según las horas de operación de los equipos y las necesidades académicas de la UPB Bucaramanga; las rutinas de inspección están organizadas para que se ejecuten de forma consecutiva y de manera cíclica con el fin de asegurar una mayor disponibilidad y confiabilidad en los activos.

## 6. ENTREGABLES.

- Resultado del análisis de criticidad
- Data Sheet Generador Eléctrico Edificios A-B-C
- Data Sheet Generador Eléctrico Edificio J
- Data Sheet Generador Eléctrico Edificio D
- Data Sheet Generador Eléctrico Edificios H-E-F-G-I
- Data Sheet Bomba centrífuga #1 C.I. Edificios D-E-F-G-H
- Data Sheet Bomba centrífuga #2 C.I. Edificios D-E-F-G-H
- Data Sheet Bomba centrífuga #1 Edificios D-E-F-G-H
- Data Sheet Bomba centrífuga #2 Edificios D-E-F-G-H
- Data Sheet Bomba centrífuga #3 Edificios D-E-F-G-H
- Data Sheet Bomba centrífuga #1 Edificios A-B-C
- Data Sheet Bomba centrífuga #2 Edificios A-B-C
- Data Sheet Bomba centrífuga #1 C.I. Edificio J
- Data Sheet Bomba centrífuga #1 Edificio J
- Data Sheet Bomba centrífuga #2 Edificio J
- Data Sheet Ascensor
- Data Sheet Turbina
- Data Sheet Caldera
- Data Sheet Maquina universal
- Data Sheet Banco de Intercambiadores
- Data Sheet A. acondicionado Auditorio Mayor
- Data Sheet Aire acondicionado Sheller
- Plan de mantenimiento preventivo Generadores eléctricos
- Plan de mantenimiento preventivo conjunto motor - bomba centrífuga
- Plan de mantenimiento preventivo turbina

- Plan de mantenimiento preventivo caldera
- Plan de mantenimiento preventivo banco de intercambiadores
- Plan de mantenimiento preventivo Maquina universal
- Plan de mantenimiento preventivo ascensor
- Plan de mantenimiento preventivo aire acondicionado tipo industrial

## CONCLUSIONES

- La norma Internacional Norsok z-008 que fue creada para el sector petrolero se puede adaptar a cualquier otro sector, en este proyecto la norma se aplicó al sector académico; dando como resultado la priorización en la integridad de las personas que operan los equipos, medio ambiente y la preservación de los activos que hacen parte de la UPB Bucaramanga.
- Del resultado del análisis de criticidad se establece, que los equipos catalogados críticos en el momento que presenten una falla afectan considerablemente el desarrollo normal de las actividades académicas o presentarían un impacto negativo en la satisfacción del cliente debido a que son equipos que prestan servicios a personal externo a la UPB Bucaramanga.
- Con la catalogación de los equipos críticos se estructura una línea base, con la cual se implementan planes de mantenimiento, planeación y programación de las rutinas de mantenimiento, stock de mínimos y máximos en bodega de materiales, data sheet para generar trazabilidad en los equipos, con lo cual se optimiza la gestión de mantenimiento en la institución.
- Con base en los tiempos de operación propios de la UPB Bucaramanga, y los parámetros operacionales de los equipos en los laboratorios, que son completamente diferentes al sector industrial, se desarrollaron los planes de mantenimiento preventivo por familias de equipos los cuales tienen la característica de que se ejecutan según lo primero que ocurra, por tiempo calendario u horómetro del equipo.

## RECOMENDACIONES GENERALES

- Realizar planeación y programación de las actividades semanales que se ejecutaran por parte de servicios generales y sean divulgadas a todas las dependencias de la UPB Bucaramanga.
- Realizar la identificación de los tag o cedula de una forma grafica en los equipos, basados en las normas ISO 14224, debido a que en el momento que se realicen reparaciones externas simultaneas, se tenga plenamente identificado el lugar a donde cada equipo debe regresar, para tener la trazabilidad en los datos históricos.
- Realizar la identificación de una forma grafica mediante el método de código de colores según la aplicación operativa de los equipos, basados en las normas norma internacional de colores ral, asme a13.1-1996 "scheme for the identification of piping systems", ntc 3458 higiene y seguridad, identificación de tuberías y servicios 1992-11-18, ISO r 508 identification colours for pipes conveying fluids in liquid or gaseous condition in land installations on board ships", oct 1966 NFPA 170 "símbolo de seguridad contra el fuego." 1999, ntc 1461 hs "colores y señales de seguridad" 1987, ansi-z-535-1 codigo de colores de seguridad".



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. 3a ed. Madrid: Fundación, pagina 533.
- [2] Norwegian Technology Centre CRITICALITY ANÁLISIS FOR MAINTENANCE PORPUSES, NORSOK STANDARD Z-008 Rev 2, November 2001.
- [3] CLUB DE MANTENIMIENTO. Publicación periódica página 12: “El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional”. Aplicación del Análisis de Criticidad en Petróleos de Venezuela. PDVSA E & P Occidente. Autor. Ing. Rosendo Huerta Mendoza.
- [4] Silva Ardila Pedro, Mantenimiento en la practica 2009 primera edición, pagina 68.
- [5] CLUB DE MANTENIMIENTO. Publicación periódica página 12: “El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional”. Aplicación del Análisis de Criticidad en Petróleos de Venezuela. PDVSA E & P Occidente. Autor. Ing. Rosendo Huerta Mendoza.
- [6] Soporte y Cía. Ltda. Frecuencias relacionadas en los planes de mantenimiento. [www.rcm2-soporte.com](http://www.rcm2-soporte.com)
- [7] UPTIME: Strategies for Excellence in Maintenance Management.
- [8] Lourival Tavares, Administración moderna de mantenimiento, pagina 8.

[9] <http://www.serforem.com/auditoria/auditconc.pdf>

[10] <http://www.amsgroup.com.co/site/index.php/es/nosotros>

[11] <http://www.rms.com.co/nosotros.html>