



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS
MAESTRIA EN GESTION DE MANTENIMIENTO
VERSIÓN 3**

Propuesta de un plan de mantenimiento basado en los
tipos de mantenimiento de la norma EN 13306, en el
nuevo Centro de Gestión de la Empresa Pública
EMMAIPC EP

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Master en Gestión de Mantenimiento

Autor: Ing. Jorge Padilla Guarnizo
Director: Ing. Gustavo Álvarez Coello

Cuenca – Ecuador

2021

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme tener el discernimiento que ha guiado mi vida. Agradezco a los docentes de la Universidad del Azuay que han compartido sus conocimientos en aras del desarrollo profesional y en especial al Ing. Gustavo Álvarez.

Dedicatoria

Dedico este trabajo investigativo a mis padres que han sido pilar fundamental en el cumplimiento de mis metas propuestas, a mi hermano, hermana y sobrinas que siempre me han apoyado.

Abstract.- This work reviews the Yurak Kasha Management Center, the plants that comprise it, their systems, and its operational context. A quantitative diagnosis was carried out about the maintenance management of the company, the criticality analysis to evidence the critical system, the choice of maintenance types according to standard UNE-EN 13306 aligned with the objectives of the company to analyze its frequency maintenance. Finally, this study proposes a maintenance plan that allows the operation of the processes in the plant treatment of inorganic materials helping to maintain the useful life of the landfill.

Keywords - UNE-EN 13306, criticality analysis, maintenance plan, AMFE matrix

A handwritten signature in blue ink on a light blue background. The signature reads "Magali Aiteaga" in a cursive script.

Translated by

A handwritten signature in blue ink on a light blue background. The signature is stylized and appears to read "Jorge Padilla".

Jorge Padilla

Propuesta de un plan de mantenimiento basado en los tipos de mantenimiento de la norma EN 13306, en el nuevo Centro de Gestión de la Empresa Pública EMMAIPC EP

Jorge Luis Padilla Guarnizo
Departamento de Postgrados, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador
Email: jorge_bnj3@hotmail.com

Resumen.- El presente trabajo realiza una revisión del Centro de Gestión de Yurak Kasha, las plantas que lo conforman, sus sistemas, el contexto operacional en el que se encuentra, se realiza un diagnóstico cuantitativo de la gestión del mantenimiento, el análisis de criticidad que permite evidenciar el sistema más crítico, la elección de los tipos de mantenimiento según la norma UNE-EN 13306 alineados a los objetivos de la empresa, hace una análisis de frecuencia de mantenimiento y finalmente propone un plan de mantenimiento que permita tener operativos los procesos en la planta de tratamiento de materiales inorgánicos ayudando a mantener la vida útil del relleno sanitario.

Abstract. - This work reviews the Yurak Kasha Management Center, the plants that comprise it, the plants that comprise it, their systems, and its operational context. A quantitative diagnosis was carried out about the maintenance management of the company, the criticality analysis to evidence the critical system, the choice of maintenance types according to standard UNE-EN 13306 aligned with the objectives of the company to analyze its frequency maintenance. Finally, this study proposes a maintenance plan that allows the operation of the processes in the plant treatment of inorganic materials helping to maintain the useful life of the landfill.

Índice de Términos – UNE-EN 13306, análisis de criticidad, plan de mantenimiento, matriz AMFE.

GLOSARIO

EMMAIPC EP	Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari
PET	Tipo de plástico – Politereftalato de Etileno
PEAD	Polietileno de alta densidad
PEBD	Polietileno de baja densidad
PNGIDS	Programa Nacional de Gestión Integrada de Desechos Sólidos
UNE - EN	Una Norma Española – European Norm

I. INTRODUCCIÓN

La EMMAIPC EP es una empresa pública creada en el año 2011 para implementar la gestión integrada de desechos sólidos [1] en la mancomunidad del pueblo Cañari, conformado por 4 municipios: Cañar, Biblián, Tambo y Suscal, con el objetivo de solucionar los problemas ambientales críticos, que el manejo de la basura les ha generado a los municipios en años anteriores a la creación de la empresa. La misma cuenta con un centro de gestión ubicado en el sector de Yurak Kasha a 15 minutos de la

ciudad del Cañar, la cual está formada por una planta de tratamiento de materiales inorgánicos, una planta de tratamiento de materiales orgánicos y un relleno sanitario.

En la actualidad el centro de gestión de Yurak Kasha procesa 23 toneladas (con la nueva planta de inorgánicos) diarias de basura proveniente de los 4 cantones [2], y opera 8 horas diarias de lunes a sábado. En la figura 1 se observa la disposición de la planta de orgánico e inorgánico y sus sistemas.

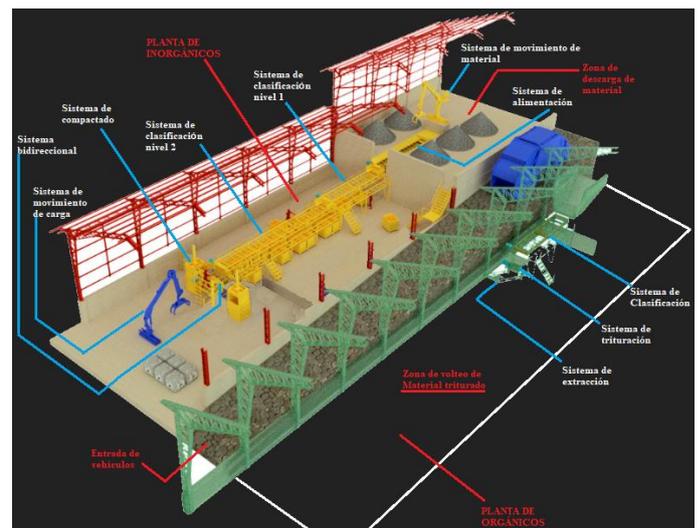


Fig. 1 Planta de orgánicos, inorgánicos y los sistemas que los conforman.

Fuente. – EMMAIPC EP

El proceso de tratamientos de los desechos sólidos empieza con la clasificación de la basura en la fuente (hogar), luego el personal de recolección lleva esta desde los hogares hasta el centro de gestión donde es pesada al ingreso con su respectivo registro y su posterior procesamiento.

Dependiendo del día, se realiza la recolección de la basura orgánica o inorgánica (lunes, miércoles, viernes material orgánico y martes, jueves, sábado el material inorgánico) para su posterior descarga en su planta respectiva.

Planta de materiales inorgánicos: El objetivo de esta planta es realizar la recuperación de los materiales inorgánicos (PET, PEAD, PEBD, Cartón, Papel, Cobre, Hierro, Aluminio, entre otros) a través de la clasificación en sus líneas. Los materiales recuperados son pesados y embalados para su posterior venta a recicladoras calificadas, mientras que los no recuperado son procesados con el fin de

producir pacas embaladas en plástico estirable y sujetadas a través de zunchos (balas), la dimensión de estas es de 1x1x0.8 metros cúbicos por unidad, finalmente son pesadas con su respectivo registro y depositadas en las celdas del relleno sanitario, la cantidad de unidades producidas por día es de 48 unidades promedio. El proceso en la línea de la planta de inorgánicos se observa en el anexo 1.

En esta planta el trabajo realizado es diario, un día de para implica que la basura es depositada de forma directa (cruda) en el relleno sanitario puesto que la zona de descarga de material necesita un flujo constante de movimiento por los volúmenes manejados lo cual afecta su rendimiento al tener un uso ineficiente de las celdas [3], los volúmenes recuperados de material se observan en la tabla número 1.

Tabla. 1. Volúmenes de trabajo planta de inorgánico año 2019

EMMAIPC Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal								
AÑO:2019								
MES	PESO DE INORGÁNICO INGRESADO/ MES (TON)	VOLUMEN INORGÁNICO INGRESADO/ MES (M3)	VOLUMEN DIARIA INGRESADO (M3)	PESO PACAS (TON)	VOLUMEN PACAS (M3)	VOLUMEN POR DIA OCUPADO EN EL RELLENO SANITARIO (M3)	VOLUMEN RECUPERADO POR EL TRATAMIENTO DE MATERIALES INORGANICOS	%DE MATERIAL INORGANICO RECUPERADO
ENERO	590,03	2670,26	190,73	413,28	795,84	28,42	162,31	85,10%
FEBRERO	504,73	2242,41	186,87	451,28	854,80	32,88	153,99	82,41%
MARZO	539,345	2739,71	210,75	412,74	796,80	26,56	184,19	87,40%
ABRIL	533,28	1941,61	149,35	459,47	898,20	30,97	118,38	79,26%
MAYO	564,93	2016,52	155,12	464,19	946,24	31,54	123,58	79,67%
JUNIO	487,05	1666,03	128,16	325,40	701,88	24,20	103,95	81,11%
JULIO	542,95	1742,32	134,02	423,69	882,88	29,43	104,60	78,04%
AGOSTO	494,15	1592,47	113,75	446,80	1292,48	46,16	67,59	59,42%
SEPTIEMBRE	502,989	2339,29	194,94	431,95	936,00	36,00	158,94	81,53%
OCTUBRE	481,43	2261,95	161,57	428,41	1025,28	34,18	127,39	78,85%
NOVIEMBRE	493,09	2311,04	177,77	432,83	1055,21	39,08	138,69	78,02%
DICIEMBRE	505,85	2547,14	195,93	482,72	1019,41	33,98	161,95	82,66%
TOTAL INGRESADO	6239,82	26070,75	168,79	5172,76	11205,02	37,88	130,91	76,09%

Fuente. – EMMAIPC EP

En la tabla 2 se observa los días perdidos de vida útil del relleno sanitario debido a su mal uso, tomando los datos del año 2019 y desde el mes (agosto) que empezó el funcionamiento de la nueva planta de inorgánicos.

Tabla. 2. Volúmenes relleno sanitario

Volumen total del relleno sanitario (m ³)	56025,10
Volumen total ocupado (m ³)	44820,08
Volumen total por ocupar (m ³)	11205,02
Vida útil del relleno sanitario (días)	295,80
Número de días ocupados en el relleno sanitario por cada día de parada de la planta de inorgánicos (días)	2,23

Fuente. – EMMAIPC EP

Planta de materiales orgánicos: El objetivo de esta planta es el procesar los materiales orgánico convirtiéndolo en abono (Compost y biol), mismo que son comercializados para su uso en cultivos, espacios verdes, mejora de pastizales, etc. El proceso realizado en esta planta se describe anexo 2.

Celdas del relleno sanitario: Es el espacio final dispuesto para colocar los desechos sólidos no recuperados, en la misma se van colocando las balas de forma ordenada con el fin de optimizar los espacios. En la figura 2 se observa el trabajo realizado de la máquina en las celdas [3].



Fig. 2 Relleno sanitario de Yurak Kasha

Fuente. – EMMAIPC EP

El eficiente uso de las celdas permite obtener un adecuado rendimiento del relleno sanitario, la obtención de licencias ambientales por parte del Ministerio del Ambiente y Agua [5] y la aprobación de la viabilidad técnica por parte del PNGIDS [14] implica cumplir una serie de requisitos bajo normativas ambientales estrictas según los acuerdos ministeriales establecidos para su funcionamiento, adicionalmente el impacto social que un relleno sanitario produce hace difícil el conseguir un espacio destinado para dicho propósito, es por eso que optimizar estos recursos es de vital importancia desde el punto de vista ambiental y social.

Las características del sector en donde el centro de gestión se encuentra emplazado según [4] son: precipitación anual media de 534.7 mm, con velocidades de viento variable entre los 2 m/s a 7 m/s, bajas temperaturas (entre 8 a 10 °C promedio), niebla densa a partir de las 5 de la tarde.

La estructura de las plantas del centro de gestión es semiabierto, permiten gran cantidad de polvo, humedad que a lo largo del tiempo afecta al funcionamiento de los activos, si no se realiza el mantenimiento adecuado.

En el centro de gestión actualmente el mantenimiento llevado es correctivo de acuerdo con las necesidades que se han ido presentando y con una pequeña implementación de mantenimiento preventivo.

Un punto importante al hablar de mantenimiento es utilizar una terminología unificada ya que los términos empleados pueden ser definidos desde diferentes perspectivas y en función de la necesidad de cada autor, por lo cual emplear una terminología estandarizada como la propuesta en la norma UNE-EN 13306 aporta en gran medida a una mejor interpretación de los conceptos.

Según UNE-EN 13306 la mantenibilidad es “capacidad de un elemento bajo condiciones de utilización dadas, de ser preservado, o ser devuelto a un estado en el que pueda realizar una función requerida, cuando el mantenimiento se ejecuta bajo condiciones dadas y utilizando procedimientos y recursos establecidos” y la disponibilidad es la “capacidad de un elemento de estar en un estado en el que puede cumplir una función de la manera y en el momento requerido en las condiciones dadas, asumiendo que se proporciona los recursos externos necesarios” [6], cumplir adecuadamente con estos dos criterios a través de un plan de mantenimiento estructurado aporta a la continuidad del servicio del centro de gestión de la EMMAIPC EP.

Este trabajo persigue generar una propuesta de un plan de mantenimiento basado en los tipos de mantenimiento de la norma EN 13306 a través de:

- Evaluar el estado actual de la planta y el mantenimiento realizado en ella.
- Análisis de los tipos de mantenimiento según la norma EN 13306, la selección de la frecuencia de mantenimiento y los indicadores de rendimiento de mantenimiento según la norma EN 15341, para aplicar al contexto operacional del centro de gestión.
- Determinar el plan de mantenimiento que más se ajuste a la realidad de la planta.

II. MÉTODO APLICADO

Previo al presente trabajo en el año 2018 en la antigua planta de inorgánicos se planteó realizar un auto mantenimiento, el mismo fue determinado, planteado y ejecutado, después de un tiempo de su ejecución se volvieron a tener inconvenientes en los sistemas llegando a tomar acciones correctivas y volviendo a las paradas inesperadas, el seguimiento realizado del mismo fue inadecuado por diversos factores como: Continua rotación del personal de mantenimiento, falta de compromiso de la parte administrativa, falta de capacitación del personal, etc., heredando de estas actividades simples, realizados a los sistemas que no tienen complejidad en sus elementos.

La nueva planta de inorgánicos tiene características diferentes a la planta antigua, en cuanto al volumen manejado de basura, a su estructura, al número de equipos, a la ubicación. Por lo cual, es conveniente determinar otro tipo de mantenimiento que aporte al objetivo de mantener los equipos en óptimas condiciones para cumplir un funcionamiento continuo.

A lo largo del desarrollo del presente trabajo se busca plantear una propuesta de plan de mantenimiento a través del levantamiento de los sistemas de las plantas y sus partes, entrevistas con el personal que labora en el centro de gestión con el fin de conocer el contexto operacional donde funcionan los activos, revisión de la información existente en cuanto a mantenimiento, realización del diagnóstico cuantitativo que permitirá evaluar el grado de calidad con que el mantenimiento emplea las mejores técnicas y medios de control para alcanzar sus objetivos, el análisis de criticidad con el fin de determinar el sistema más crítico que aporte a la toma de decisión de distribución de recursos de mantenimiento y realización de la matriz AMFE que ayuda a evaluar el modo de falla-efecto, para luego realizar la elección del tipo de mantenimiento a emplearse en función de la Norma UNE-EN 13306 y la frecuencia con que se va a aplicar.

A. Diagnóstico de la gestión de mantenimiento

La evaluación y medición de la gestión de mantenimiento es efectiva cuando se tiene un amplio análisis de múltiples factores que en su conjunto son el aporte del mantenimiento al cumplimiento de los objetivos de la empresa. No existe reglas fijas o formulas simple para medir el mantenimiento, el planteamiento de su análisis debe realizarse con la suficiente flexibilidad que abarque todas las áreas. El diagnóstico es un análisis detallado y calificado de cada función característica de la gestión de mantenimiento, las mismas son agrupadas según las áreas básicas que

constituye su campo de acción. El método se basa en la asignación de pesos o ponderaciones a cada área de actuación y su posterior totalización. Según el valor que vayan ponderando a cada área podemos determinar los puntos que necesitan mayor atención y establecer las acciones correctivas para mejorarlas. El diagnóstico cuantitativo se basa en 7 áreas, que a su vez se subdividen en sub áreas, esto nos permite que alcancemos un grado de evaluación considerable por lo cual se evaluarán distintos segmentos [7].

Las áreas evaluadas son:

1. Organización, Personal, Relaciones: Se evalúa el organigrama su distribución y organización funcional, el personal en cuanto a su formación y motivación y la bondad de relaciones dentro del departamento y con otros.
2. Preparación y Planificación del trabajo: Se evalúa la organización de los trabajos desde el momento que se detecta la necesidad hasta su finalización.
3. Ingeniería, inspección, mantenimiento preventivo: Se evalúa aspectos más técnicos que existen en el departamento de mantenimiento.
4. Compras y Almacenamiento de Material: Se evalúa aspectos relacionados con la adquisición de materiales para mantenimiento.
5. Contratación: Se evalúa aspectos relacionados a la contratación de trabajos de mantenimiento
6. Presupuestos de Mantenimiento - Control de Costos: Se evaluará los aspectos económicos relacionados a la gestión mantenimiento
7. Eficiencia: Se evalúa si existen criterios para evaluar resultados y el nivel de estos.

B. Análisis de criticidad

El objetivo de la criticidad es realizar una jerarquización de equipos, sistemas y procesos de una línea de producción. En el desarrollo de la metodología de criticidad, los criterios a evaluarse varían según las oportunidades y las necesidades de la empresa, algunos criterios comunes dentro del proceso de jerarquización [8] se presentan a continuación:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo)
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en las seguridad, ambiente e higiene
- Costo de paradas y de mantenimiento
- Frecuencia de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operaciones (temperaturas, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos.

Matriz de criticidad por riesgo: Es un método que toma como referencia el método MCR diseño para los activos de producción Off-shore del área de Magallanes, este se basa en la estimación del factor de riesgo que resulta de la multiplicación de la frecuencia de fallo por la consecuencia del mismo obteniendo la siguiente ecuación [8]:

$$\text{Riesgo} = FF \times C \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

FF = Frecuencia de fallos (número de fallas en un tiempo determinado)

C = Consecuencias de los fallos a la seguridad, ambiente, calidad, producción, etc., calculado con la siguiente expresión:

$$C = (\text{Impacto en Seguridad y Medio Ambiente (SHA)} \times 0,2) + (\text{Impacto en Calidad (IC)} \times 0,2) + (\text{Impacto Producción (IP)} \times 0,2) + (\text{Impacto por Baja Mantenibilidad (BM)} \times 0,2) + (\text{Costos de Mantenimiento (CM)} \times 0,2)$$

Los criterios ponderados en la presente metodología MCR son descritos a continuación:

- Factor de frecuencia de fallos (FF)

Factores de Consecuencias

- Impacto Seguridad y Medio Ambiente (SHA)
- Impacto en Producción (IP)
- Impacto por baja Mantenibilidad (BM)
- Impacto en Costo de Mantenimiento (CM)

Los resultados del análisis son presentados en una matriz de 5x5 en la cual existe 4 zonas de criticidad o jerarquización como se observa a continuación:

Zonas de criticidad:

- B= Baja criticidad
- M=Media criticidad
- A=Alta criticidad
- MA=Muy alta criticidad

Tabla 3. Matriz de criticidad

FRECUENCIA	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
	1	2	3	4	5	
	CONSECUENCIA					

Fuente. – [8]

C. Tipos de mantenimiento según la norma EN 13306

En la actualidad existen diversas formas de clasificar los tipos de mantenimiento según el autor u organización que los describa, sin embargo, actualmente la norma UNE-EN 13306 es un documento normativo en cuanto a la terminología de mantenimiento, acogido en 28 países de la UE y tomada como referencia en países de latino América, África, Asia, Oceanía y Norteamérica, lo cual resalta su importancia al hablar de estandarización de conceptos. La importancia de tener una estandarización de los tipos de mantenimiento radica en que se tenga una mejor interpretación evitando contradicciones e incomprensiones debido a la existente de diversas clasificaciones de diferentes autores enfocados a sus propios conceptos, alcances y sentidos [10].

Según Luis Felipe Sexto en su artículo técnico “tipos de mantenimiento: ¿cuáles y cuantos son? la norma UNE-EN 13306 define los tipos de mantenimiento en 2 escenario respondiendo las preguntas:

1. ¿Se modifican las características originales de diseño del activo?

2. ¿Es posible establecer fechas y recursos para la ejecución de las actividades con anticipación?

Según el anexo 3, existe el determinante principal “sí/no” hay cambios en las características intrínsecas del activo, si las hay el mantenimiento es mejorativo, si no existe, el mantenimiento se divide en mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

El mantenimiento mejorativo es la unión de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión que ayudan a mejorar la fiabilidad intrínseca y/o la mantenibilidad y/o la seguridad de un activo físico, sin modificar la función original del activo [6].

Entre el mantenimiento preventivo y correctivo existe el determinante antes de la falla o después de la falla respectivamente, si es preventivo sin un análisis previo de la condición del activo deriva en un mantenimiento predeterminado (realizado en función de intervalos de tiempo establecidos o con un número determinado de unidades de funcionamiento [6]), si existe una evaluación de las condiciones físicas del activo, el mantenimiento es basado en condición (mantenimiento preventivo que combina la evaluación de las condiciones físicas, el análisis de las características conocidas y posibles acciones de mantenimiento [6]), y el mantenimiento predictivo (MBC siguiendo una predicción basada en el análisis de las características conocidas y evaluación de parámetros significativos de degradación del activo [6]) que es una variación del mantenimiento basado en condición, finalmente existe el mantenimiento activo que después de la evaluación de la condición puede generar una orden de trabajo (preventiva o correctiva). Si el mantenimiento es correctivo puede ser mantenimiento correctivo inmediato (se realiza sin retraso después de detectarse una avería) o mantenimiento correctivo diferido (no es realizado inmediatamente después de la falla se retrasa según reglas establecidas) [10].

En el anexo 4 se puede observar que el determinante principal en esta clasificación se da por si puede ser programado o no.

Si existen actividades de mantenimiento que puede ser programadas, tenemos el mantenimiento predeterminado realizado en función de intervalos de tiempo establecidos, el mantenimiento basado en condición y manteniendo correctivo diferido. Para el segundo caso que no es posible programar las actividades, tenemos el mantenimiento correctivo inmediato y mantenimiento de oportunidad (mantenimiento preventivo o correctivo realizado cuando se realizan otras acciones de mantenimiento o eventos particulares es decir no son programados) [10].

D. Matriz AMFE

El análisis de modo de falla y efecto es una metodología que ayuda a estimar y predecir fallos que pueden suceder a un producto o sistema, aplicable a cualquier tipo de procesos en donde los fallos pueden tener grandes consecuencias.

La matriz AMFE contiene los siguientes ítems.

- Función o componente de servicio
- Modo de falla
- Causa de modo de falla
- Modo de detección
- NPR (nivel de prioridad de riesgo)

Nivel de prioridad de Riesgo: Es igual a la multiplicación de tres factores, la gravedad, la frecuencia y la detectabilidad.

La Gravedad representa el impacto que tiene el modo de falla, la frecuencia es la probabilidad que la causa potencial produzca un modo de falla y la detectabilidad es la probabilidad de que la cause que produce los modos de falla sea detectado con antelación para así evitar sus daños [16].

III. RESULTADO

A. Diagnóstico de la gestión de mantenimiento

El punto de partida del diagnóstico consiste en determinar los criterios para realizar la evaluación, en nuestro caso en la tabla 4 se muestra el empleado para el presente trabajo.

Tabla 4. Criterios empleados para la evaluación cuantitativa

Calificación	Estado
C<50	No aceptable
50<C<90	Aceptable
90<C<100	Excelente

Fuente: EMMAIPC EP

Donde se pueden observar los siguientes estados:

- **No aceptable:** Se da cuando el valor de la ponderación es menor al 50% si bien existe gestión en las diferentes áreas de la evaluación hay brechas que deben ser tomadas en cuenta con más énfasis para ser solventadas.
- **Aceptable:** Se da cuando el valor oscila entre el 50% y el 90%, lo cual indica que la empresa ha tenido un proceso de evolución, y continúa aprendiendo en busca de mejores resultados y está dispuesto a implementar los cambios necesarios.
- **Excelente:** Se da cuando el valor oscila entre el 90% y el 100% lo cual significa que la empresa está realizando correctamente la gestión de mantenimiento y le falta pulir ciertos detalles.

Tras el diagnóstico realizado, la herramienta de evaluación arrojó un resultado general de 53.5 sobre 100 puntos que corresponde a un estado aceptable según el criterio considerado.

Como se puede observar en la tabla 5, en forma individual el área que tiene menor puntuación y necesita mayor atención es la de Ingeniería, inspección, mantenimiento preventivo.

Tabla 5. Resumen de la evaluación cualitativa por área

Área funcional	Actualidad	Meta	Porcentaje
Organización, Personal, Relaciones	6,94	14	49,60%
Preparación y Planificación del trabajo	6,33	13	48,70%
Ingeniería, inspección, mantenimiento preventivo	6,61	15	44,10%
Compras y almacenes de mantenimiento	7,84	14	56,00%
Contratación	6,81	13	52,38%
Presupuesto de Mantenimiento	8,76	16	54,8%
Eficiencia	10,18	15	67,90%

Fuente: EMMAIPC EP

En la figura 3 se puede observar el gráfico del radar, el cual muestra las 7 áreas funcionales y se compara entre la

meta establecida y el valor actual obtenido, el mismo indica que si bien de forma general las áreas se encuentran en un estado de conforme se tiene que seguir trabajando con el fin de elevar la puntuación hasta llegar a la excelencia.

Principalmente se tiene que poner un mayor énfasis en las áreas que arrojan un estado no aceptable tomando las acciones correctivas pertinentes.



Fig.3 Gráfico de radar - autoevaluación, subárea: compras y almacenamiento de material
Fuente. – EMMAIPC EP

Las áreas que muestran un estado no aceptable son: Organización, personal y relaciones, Preparación y planificación del trabajo e Ingeniería, inspección, mantenimiento preventivo, debido a que:

El mantenimiento se encuentra dentro de la dirección técnica como una unidad, no cuenta con una estructura interna que le permita tener una independencia, por lo cual deben pasar por la aprobación de otras áreas para realizar compras de materiales, equipos, herramientas o contratación de proveedores para mantenimiento.

Si bien gerencia tiene la predisposición de estar abierto a realizar planes de formación, estos no se llegan a materializar, debido a que el personal de mantenimiento tiene que realizar la petición a recursos humanos, y es en este paso donde existe una brecha por lo cual personal de mantenimiento ha recibido poca capacitación.

El área técnica de mantenimiento maneja solicitudes de compra de Bienes y Servicios en el cual se da una justificación general de lo que se va a hacer, pero no se pide información detallada en cuanto a que tipo de mantenimiento que se va a realizar o el por qué se produjo la falla, las causas que indujeron a que el equipo pare, o el área a intervenir, etc.

Cumplir con las fechas para la culminación de trabajos es importante, por cuestiones logísticas estas no se realizan a cabalidad por lo cual es necesario realizar un mejor manejo de los tiempos y movilización de materiales y herramientas.

El cambio continuo del personal de mantenimiento no permite continuar con los procesos de forma adecuada, no se tiene un correcto manejo de información en cuanto a historiales de mantenimiento, registro de averías, mantenimientos realizados, etc.

El proceso de compra de materiales o contratación de servicios en la empresa con llevan cierta dificultad ya que estos deben ser manejados a través del portal de compras públicas.

Tener una cartera de proveedores limitada en servicio de mantenimiento y venta de materiales genera inconvenientes, por lo cual es necesario ampliar la cartera con el fin de mejorar los tiempos empleados para realizar los trabajos.

La bodega donde se encuentran los repuestos y herramientas está ubicada en la oficina central en la ciudad del Cañar, no se cuenta con un espacio establecido en el centro de gestión, las herramientas y materiales deben ser transportadas en todo momento, lo cual genera dificultad, ya que motiva a que los tiempos establecidos para el mantenimiento no sean adecuados o que las fechas que se planifiquen no se cumplan.

B. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es realizado para la línea de producción de la Planta de Inorgánicos, luego de la revisión conjunta con el personal de las diferentes áreas que cumple sus funciones en el centro de gestión se determinó que es en esta en donde se produce la mayor cantidad de fallos, existe una mayor cantidad de equipos y la consecuencia de su parada tiene mayor impacto sobre el relleno sanitario.

La elaboración de un análisis de criticidad ayuda a emplear los recursos en equipos que afectan significativamente a la producción, en el contexto operacional en el que se desarrolla, teniendo en cuenta el uso eficiente de las celdas del relleno sanitario. El volumen de producción promedio diario es de 38 metros cúbicos, el no procesar la basura significa que esta tiene que ser despachada directamente al relleno sanitario con un volumen mayor por lo cual es importante reconocer que equipo es el que necesita una mayor atención para evitar paradas que tengan grandes repercusiones en el relleno.

En el presente estudio aplicamos el modelo de criticidad semicuantitativo MCR la cual toma en cuenta aspectos como la frecuencia de falla, el impacto en la seguridad y medio ambiente, en la producción, en la redundancia de los sistemas y en los costos de mantenimiento, siendo el conocimiento de los equipos y el contexto operacional en el que operan muy importante, haciendo que la participación del personal de operación, técnico del centro de gestión, de mantenimiento y seguridad y salud ocupacional sea importante [8].

A continuación, se observa la tabla 6 que muestra el cálculo de criticidad de los 6 sistemas existentes en la planta de inorgánicos del centro de gestión en función de los valores ponderados a cada uno de los criterios evaluados según su impacto dentro del proceso.

Tabla 6. Cálculo de criticidad en función de la frecuencia y su consecuencia

Ítem	Sistema	Frecuencia	Consecuencia				Criticidad
		FF	SHA	IP	BM	CM	
1	Sistema de Movimiento de Material	4	1	1	3	2	5,60
2	Sistema de alimentación	3	1	2	3	1	4,20
3	Sistema de clasificación nivel 1	3	3	4	5	1	7,80
4	Sistema de clasificación nivel 2	3	3	4	5	1	7,80
5	Sistema bidireccional	3	3	4	5	1	7,80
6	Sistema de compactado	5	3	5	5	2	15
7	Sistema de movimiento de carga	4	1	1	3	2	5,60

Fuente. – EMMAIPC EP

La criticidad calculada en la tabla 6, puede ser descrita en la matriz que se observa en la tabla 7 donde en la zona de muy alta criticidad aparece el ítem 6 correspondiente al sistema de compactado.

Tabla 7. Matriz de criticidad

FRECUENCIA	5	A	MA	MA(6)	MA	MA
	4	A (1-7)	A	A	A	A
3	M (2)	M	M	M (3-4-5)	A	MA
2	B	B	B	B	M	M
1	B	B	B	B	M	M
	1	2	3	4	5	
CONSECUENCIA						

Fuente. – EMMAIPC EP

En función de los valores de criticidad de la tabla 6 de cada uno de los sistemas se puede formar la matriz de jerarquización general de la planta de inorgánicos, según el nivel de importancia (de mayor a menor) por cada uno de los 7 sistemas.

Tabla 8 Matriz de jerarquización

6	Sistema de compactado	5	3	5	5	2	15
3	Sistema de clasificación nivel 1	3	3	4	5	1	7,80
4	Sistema de clasificación nivel 2	3	3	4	5	1	7,80
5	Sistema bidireccional	3	3	4	5	1	7,80
1	Sistema de Movimiento de Material	4	1	1	3	2	5,60
7	Sistema de movimiento de carga	4	1	1	3	2	5,60
2	Sistema de alimentación	3	1	2	3	1	4,20

Fuente. – EMMAIPC EP

Como podemos observar el sistema que resulta más crítico es el de compactado, puesto que es el que cuenta con la mayor cantidad de elementos, la parada de la misma provoca que no se pueda realizar el compactado de la materia clasificada para formar las balas depositas en el centro de gestión.

C. Tipos de mantenimiento según la norma EN 13306

Según Santiago García en su libro Ingeniería del mantenimiento existe una serie de razones que impulsa a una empresa a plantearse cuál es el mantenimiento óptimo que esta debe tener, tomando en cuenta los siguientes puntos [13]:

- Un alto costo que se tienen por pérdida de producción, ya que en muchas ocasiones este supera al valor de reparación o reposición del activo físico, en este caso en particular el costo ambiental producido.
- Las instalaciones deben estar disponibles y ser fiables para cumplir las proyecciones de producción planteada, para este caso particular a la vida útil del relleno sanitario.
- La seguridad y el cuidado ambiental son aspectos que van tomando importancia por lo cual es necesario gestionarlos, tomando en cuenta que la EMMAIPC EP tiene dentro de sus objetivos el adecuado manejo de los desechos sólidos.

Según la norma UNE-EN 13306 se describe al mantenimiento como el conjunto de las acciones técnicas, administrativas, y de gestión que se realizan al activo físico dentro de su ciclo de vida con el objetivo de conservarlo y devolverlo a un estado donde puede desempeñar la función requerida [7], se busca el tipo de mantenimiento que mejor se adapte al objetivo principal de la planta de inorgánicos en el contexto operacional en que laboran sus activos.

Para el presente trabajo realizaremos el análisis del tipo de mantenimiento según la clasificación mostrada en el anexo 3, en el cual se considera que no existe cambios en las

características intrínsecas de los activos ya que se están respetando los conceptos del diseño por lo tanto no se modifica ni la función original del equipo ni la fiabilidad, mantenibilidad y seguridad, por lo cual pasamos al segundo determinante que hace referencia a que si queremos realizar el mantenimiento antes o después del fallo, según el enfoque discutido en reunión con el personal del centro de gestión se trata de que sea antes del fallo, llegando a obtener dos opciones, el mantenimiento predeterminado y el mantenimiento basado en la condición, para el presente caso no se va a realizar MBC por lo cual nos queda el mantenimiento predeterminado que es un mantenimiento cíclico, realizado de acuerdo a intervalos de tiempos establecidos, recordando que el objetivo principal de la planta es tener una producción continua por lo cual, prevenir las averías, reducir los tiempos muertos de reparación, alargar la vida de los equipos son ventajas de este tipo de mantenimiento que aportan al cumplimiento de los objetivos.

D. Matriz AMFE

Luego de determinar el equipo crítico de la planta de inorgánicos se procede a realizar el análisis de modo falla y efecto con la ayuda del personal que labora en el centro de gestión en este caso para el sistema de compactado, cuyos resultados se pueden observar en el anexo 5.

E. Frecuencia del mantenimiento

Luis Felipe Sexto en su artículo ¿Cómo determinar la frecuencia de mantenimiento? Seis criterios de decisión, establece criterios a ser aplicado para determinar la frecuencia de las actividades de mantenimiento, los cuales son:

1. Criterio Contractual
2. Criterio del fabricante
3. Criterio estadístico
4. Criterio basado en la experiencia
5. Criterio de evaluación de la condición
6. Criterio de la información del activo no contextualizado

Para el presente trabajo emplearemos los criterios 2, 3, 4 y 6 siguiendo la recomendación de elegir mínimo 2 criterio para determinar la frecuencia. Si bien es cierto cada criterio tiene sus ventajas y desventajas, lo que se busca es consolidar la frecuencia con la mayor cantidad de recursos posibles en nuestro caso buscamos unir las ventajas de las características de los diferentes criterios con el fin acertar en la elección de la frecuencia.

F. Indicador clave de rendimiento

El correcto funcionamiento del plan de mantenimiento predeterminado se analizará a través de un indicador clave de desempeño, en este caso con el cálculo de disponibilidad, mostrado a continuación:

$$\frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Tiempo total de funcionamiento} + \text{tiempo de indisponibilidad por fallos}} \times 100$$

Si actuamos sobre el sistema más crítico con actividades y frecuencias establecidas debemos mejorar la disponibilidad en función de los fallos presentado para nuestro caso deben disminuir incrementando la disponibilidad del sistema estudiado.

IV. CONCLUSIONES

Una vez realizadas las entrevistas con el personal del centro de gestión y las visitas en campo se pudo conocer el contexto operacional, además de todo el equipamiento y los sistemas que componen las diferentes plantas, y se pudo constatar como estas son afectadas por el medio ya que al tener una planta semiabierta están expuestas a una gran cantidad de polvo, humedad, cambios de temperatura en el ambiente, etc. De esta manera se pudo obtener una mejor visión para el desarrollo del plan, recordando que un mismo equipo en contextos operaciones diferentes no tiene el mismo plan de mantenimiento.

El diagnóstico cuantitativo realizado abarcó una amplia variedad de factores (áreas), el análisis de cada una de ellas nos ayudado a tener un punto de partida al establecer acciones correctivas para los estados no aceptables encontrados, sin embargo el valor obtenido del diagnóstico general muestra un 53.5% traduciéndose como un estado aceptable lo cual nos indica que se debe trabajar en todas las áreas en busca de mejoras, la misma serán evaluadas por el personal de mantenimiento con la herramienta aplicada para el presente trabajo con el fin de tener un seguimiento del proceso.

Es importante contar con información confiable para los diferentes análisis (diagnóstico cuantitativo, criticidad) pues de la veracidad de dicha información dependerá la exactitud de los resultados-

El aporte de las personas que trabajan diariamente en el centro de gestión es fundamental, ya que ellos son quienes conocen a detalle los equipos, sistemas, la planta y el contexto operacional en el cual se desarrollan.

El análisis de criticidad realizado se basa en el concepto del riesgo la cual se puede entender como la consecuencia de la multiplicación de la frecuencia de fallo por la severidad que tiene el sistema, esto nos permite analizar varios aspectos dentro de la criticidad como el impacto que se tiene en la seguridad y medio ambiente, así como el impacto en producción, en el costo de mantenimiento, impacto por baja mantenibilidad, en nuestro caso el sistema mas crítico que tiene un impacto que afecta directamente a la vida útil del relleno sanitario es el sistema de compactado ya que si no se compacta la basura no clasificada no se obtiene las pacas con los volúmenes establecidos para ser montados en las celdas, por lo cual en el presente trabajo dirigimos los recursos a este sistema.

La elección del tipo de mantenimiento se basa en maximizar la disponibilidad del sistema de compactado por lo cual las características del mantenimiento predeterminado se ajustan a nuestro objetivo ayudándonos a alargar la vida útil del mismo.

Al realizar el análisis de modo de falla y efecto nos permitió establecer los modos de falla que tiene un mayor impacto en el sistema de compactado, con lo cual se pudo establecer las actividades necesarias para mitigar los efectos negativo, ver anexo 6.

V. RECOMENDACIONES

Las acciones correctivas propuestas para las áreas que tengan estados no aceptables deben ser ejecutas en el menor tiempo posible con el fin de tener una continuidad en el proceso.

Es necesario comprender que la formación del personal permite desarrollar mejor sus destrezas, con la adquisición

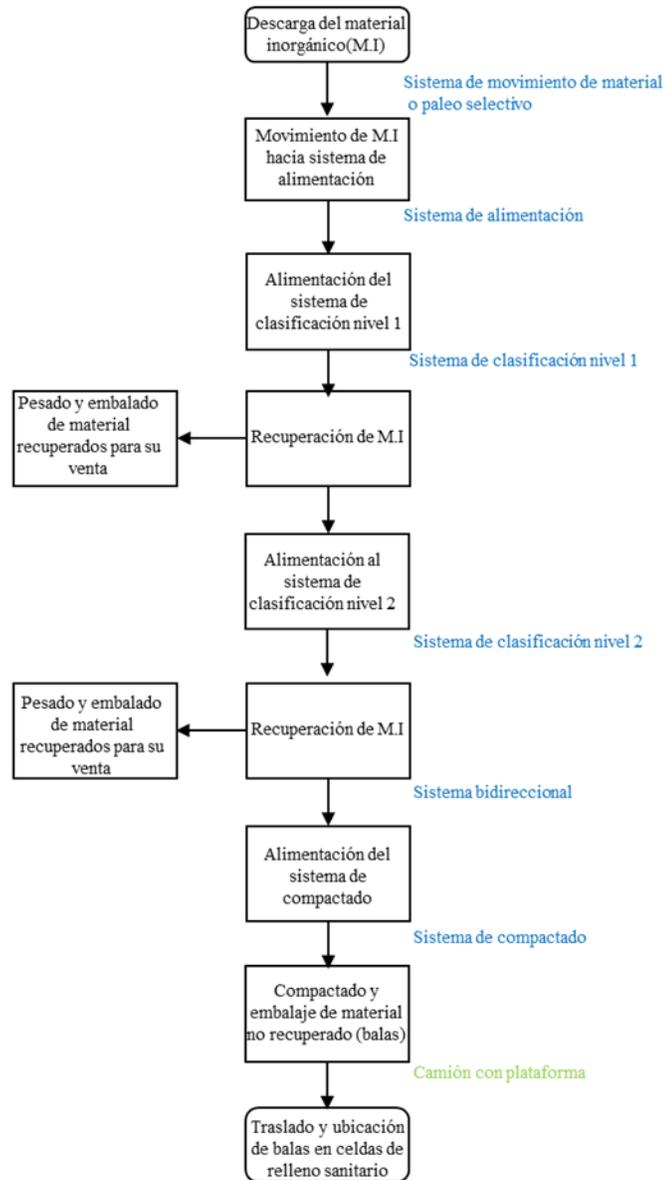
de conocimiento el rendimiento laboral se mejora, cumpliendo con las acciones encomendadas en cada puesto de trabajo.

El uso de terminología homologada permite hablar en un mismo idioma, evita interpretaciones diferentes dadas por distintas clasificaciones de diferentes autores por lo cual el uso de una norma empleada en países de Latinoamérica, Europa y otros continentes es recomendada para el correcto desarrollo del mantenimiento.

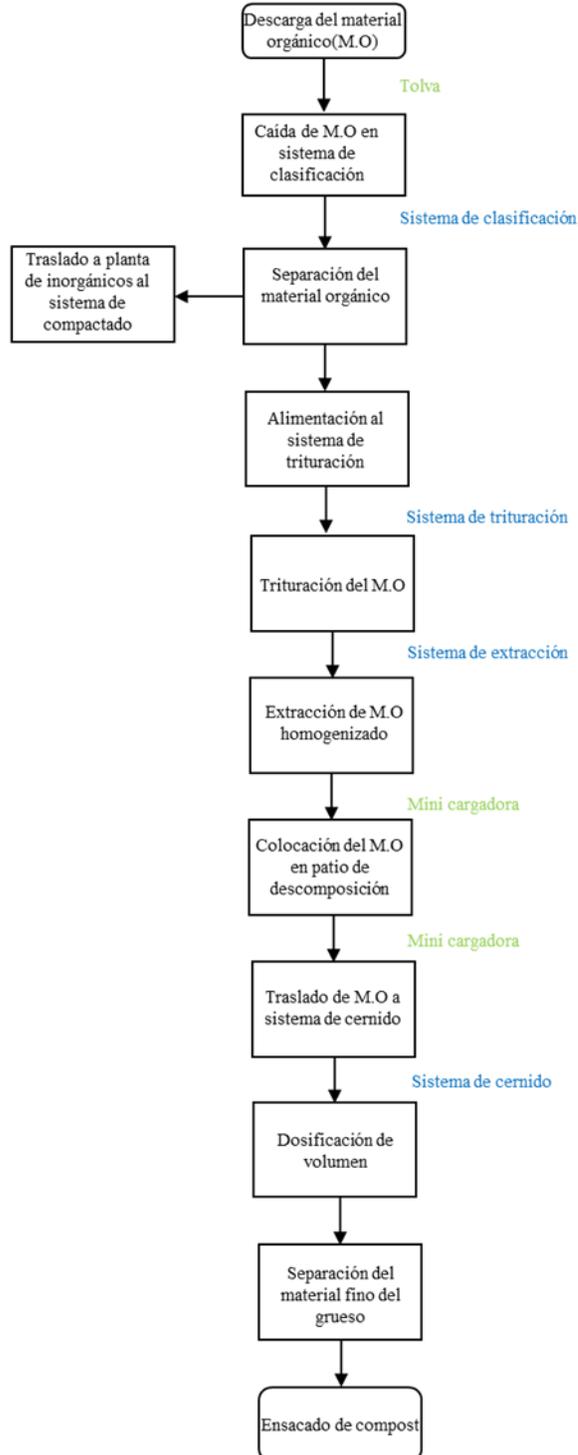
REFERENCIAS

- [1] Concejales Municipales del Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal, Ordenanza de constitución de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los Cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal pp.2-3, Gafete oficial, Alcaldía de Biblián, 2011.
- [2] Documentación interna departamento técnico empresa EMMAIPC EP, Resumen Final, 2018.
- [3] Documentación interna departamento técnico empresa EMMAIPC EP, Centro de Gestión, 2014.
- [4] Clavijo Gonzalo, Saneamiento de los botaderos de basura del Cantón Cañar / EMMAIPC-EP, 2011.
- [5] Ministerios del Ambiente y Agua, Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria, acuerdo No 061, 052, 031, 2015.
- [6] CTN 151. Norma: MANTENIMIENTO, Terminología del mantenimiento, UNE-EN 13306, 2018.
- [7] Lobato F, “Elaboración de un modelo de gestión de mantenimiento en el hospital básico Baños”, pp. 72-98,2015.
- [8] Parra Márquez & Crespo Márquez, Técnicas de ingeniería de mantenimiento de Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de activo, nota técnica 5: Métodos de análisis de criticidad y Jerarquización de activos, INGEMAN (Asociación para el desarrollo de la ingeniería de mantenimiento), 2012.
- [9] Santiago García G, Ingeniería de mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. Objetivos de mantenimiento, pp.1-4, 2012.
- [10] Sexto L, Tipos de mantenimiento ¿Cuántos y cuáles son?, Radical management, 2018.
- [11] Sexto L, ¿Cómo determinar la frecuencia de mantenimiento? Seis criterios de decisión, Radical management, 2017.
- [12] AEN/CTN 151. Norma: MANTENIMIENTO, Indicadores principales de desempeño, UNE-EN 15341, 2007.
- [13] M. Andrade, Implementación de un programa de mantenimiento autónomo en el para de tratamiento de desechos inorgánicos en el centro de Gestión de Yurak Kasha de la EMMAIPC-EP, 2017.
- [14] Programa Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, términos de referencia tipo.
- [15] Belloví M, Ramos R, parís C, Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004.

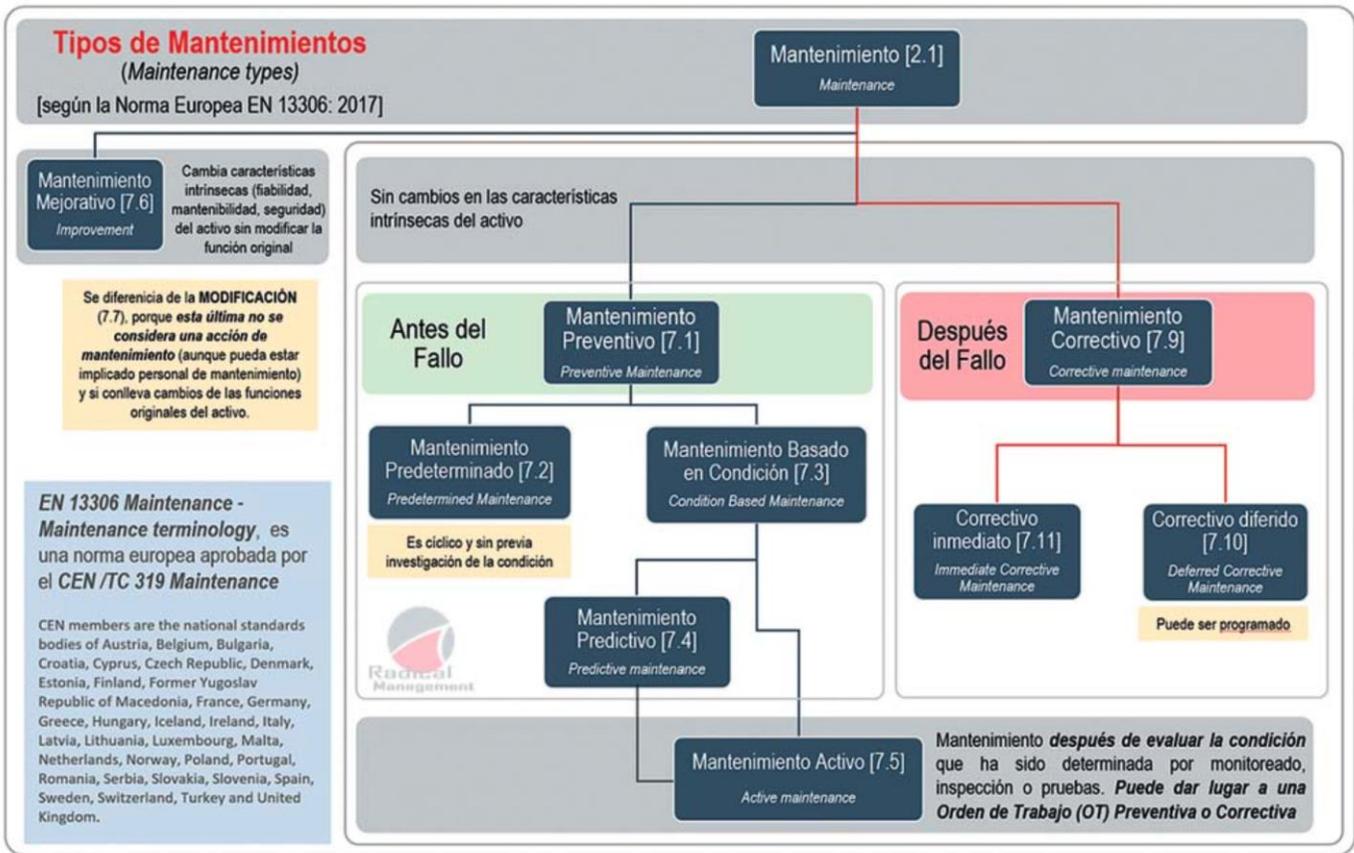
Anexo 1.- Proceso realizado en la planta de inorgánico

PROCESO DE LA PLANTA DE INORGÁNICOS

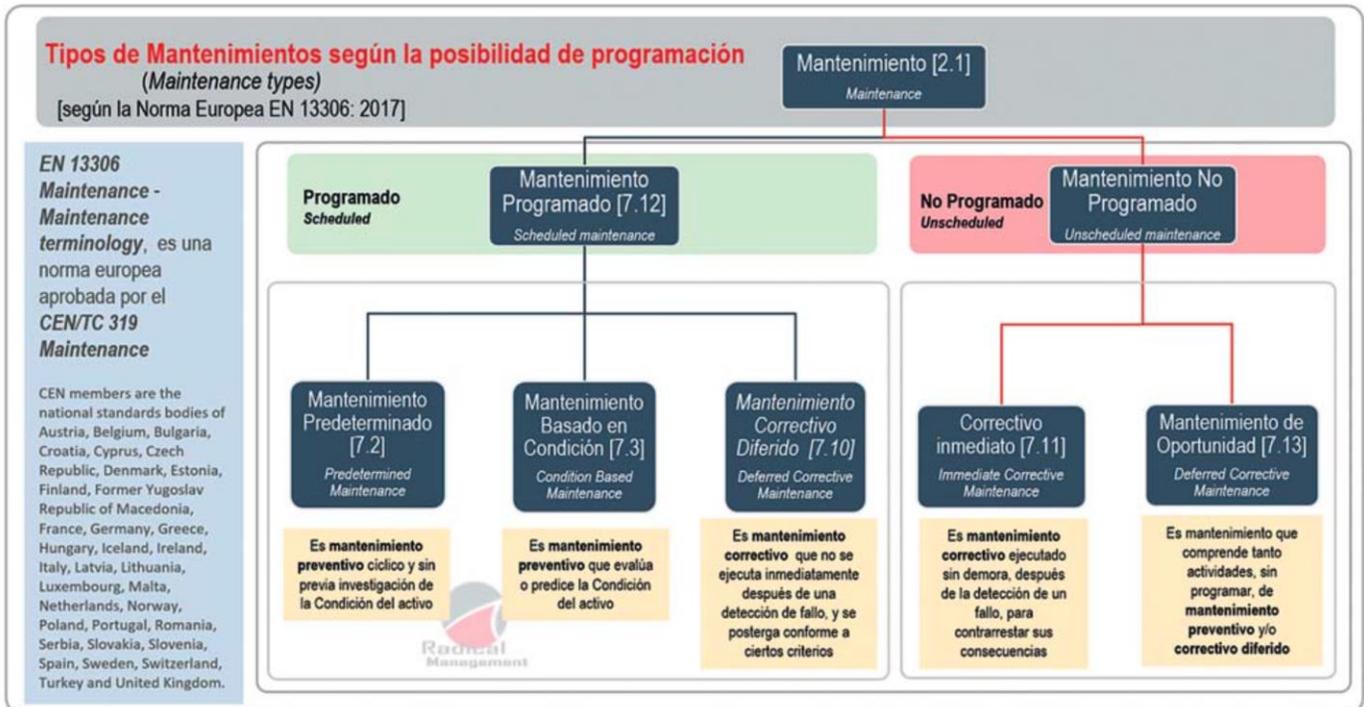
Anexo 2.- Proceso realizado en la planta de orgánicos

PROCESO DE LA PLANTA DE ORGÁNICOS

Anexo 3.- Tipos de mantenimiento, según efecto de cambios intrínsecos en el activo [10]



Anexo 4.- Tipos de mantenimiento: programado vs. No programado [10]



Anexo 5.- Formato de ejemplo de la matriz AMFE empleado en el sistema de compactado.

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMFE)															
Nombre del Sistema (Título):		Sistema de compactado								Fecha AMFE:					
Responsable (Dpto. / Área):										Fecha Revisión					
Responsable de AMFE (persona):															
MATRIZ AMFE PARA SISTEMA DE COMPACTADO															
Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable	Acción Tomada	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR final
Sistema de compactado de la planta de inorgánicos del centro de gestión	Salto de protecciones - relé térmico	Aumento de temperatura en el motor	Planta semiabierta, equipo expuesto una gran cantidad de polvo, aceites , humedad	Inspección visual del área de trabajo y de todas las partes del motor	5	5	3	75	Limpieza externa del motor de 10 HP	Unidad técnica de mantenimiento	Revisión de procesos a implementar				0
		Sobrecalentamiento anormal	Acople forzado por des alineamiento	Detección de ruido anormal	5	5	3	75	Ajuste de pernos de anclaje, revisión de corrosión en parte de contacto (soporte)	Unidad técnica de mantenimiento	Revisión de procesos a implementar				0
	Reducción de torque en el motor	Aumento de temperatura en el devanado	Desbalance de voltaje	Medición de resistencia de aislamiento	4	3	7	84	Medición de niveles de energía desde la fuente, limpieza y ajuste de contactos y revisión de conexiones de puesta a tierra	Unidad técnica de mantenimiento	Revisión de procesos a implementar				0
	Perdida de presión en compactado	Balas no compactadas de acuerdo a especificaciones	Rotura de manguera	Revisión visual de mangueras	6	6	2	72	Cambio de manguera averiada	Unidad técnica de mantenimiento	Revisión de procesos a implementar				0
	Tiempo de trabajo de compactado, alto	Tiempo de prensado elevado con balas de diferentes dimensiones	Desgaste normal de sello	Revisión del cilindro en estado manual	3	3	7	63	Cambio de kit de sellos del cilindro	Unidad técnica de mantenimiento	Revisión de procesos a implementar				0

Anexo 6.- Plan de mantenimiento para el sistema de compactado según los modos de falla de la matriz AMFE

Acciones	Ejecuta	Frecuencia	Recursos
Limpieza externa del motor de 10 HP	Auxiliar de mantenimiento	Cada 2 semanas	Compresor de aire, Guaípe, desengrasante, EPP, equipo de señalización
Ajuste de pernos de anclaje, revisión de corrosión en parte de contacto (soporte)	Auxiliar de mantenimiento	Cada 3 semanas	Herramientas básica, DW-40, Guaípe
Medición de niveles de energía desde la fuente, limpieza y ajuste de contactos y revisión de conexiones de puesta a tierra	Técnico de mantenimiento	Anual	Megger, amperímetro de gancho, herramienta básica, DW-40, Óhmetro
Inspección visual de mangueras del sistema hidráulico	Técnico de mantenimiento o auxiliar de mantenimiento	Diario	Kit de mangueras para prensa hidráulica en bodega
Cambio de kit de sellos del cilindro	Técnico de mantenimiento y auxiliar de mantenimiento	Anual	Kit de sello de cilindro en bodega