



**Análisis de criticidad de activos para la empresa HB Fuller Colombia S.A.S**

Juan Pablo Castellanos Cadena

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesora

Viviana Andrea Ramírez Montoya, Especialista (Esp) en Alta gerencia

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

- 
- Referencia** [1] J.P. Castellanos Cadena, “Análisis de criticidad de activos para la empresa HB Fuller Colombia S.A.S”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2021.

Estilo IEEE (2020)

---



CENDOI UdeA.

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

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

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Pedro León Simancas.

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

## TABLA DE CONTENIDO

I.	RESUMEN.....	7
II.	INTRODUCCIÓN .....	9
III.	OBJETIVOS.....	10
A.	Objetivo general .....	10
B.	Objetivos específicos.....	10
IV.	MARCO TEÓRICO.....	11
V.	METODOLOGÍA .....	14
C.	Recopilación de la información.....	14
D.	Identificación de sistemas.....	16
E.	Agrupación de activos .....	17
F.	Definición de criterios .....	18
1)	Seguridad: .....	19
2)	Medioambiente: .....	22
3)	Calidad:.....	25
4)	Mantenimiento y producción: .....	27
5)	Costos anuales:.....	34
G.	Elaboración de la matriz:.....	38
6)	Información de los activos:.....	39
7)	Evaluación en la matriz:.....	40
8)	Resultados de la calificación:.....	41
VI.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	42
H.	Resultados generales.....	42
I.	Resultados específicos.....	43
9)	Resultados en seguridad:.....	43
10)	Resultados en calidad:.....	44
11)	Resultados en producción y mantenimiento: .....	45

VII. CONCLUSIONES .....	47
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49
IX. ANEXO.....	50



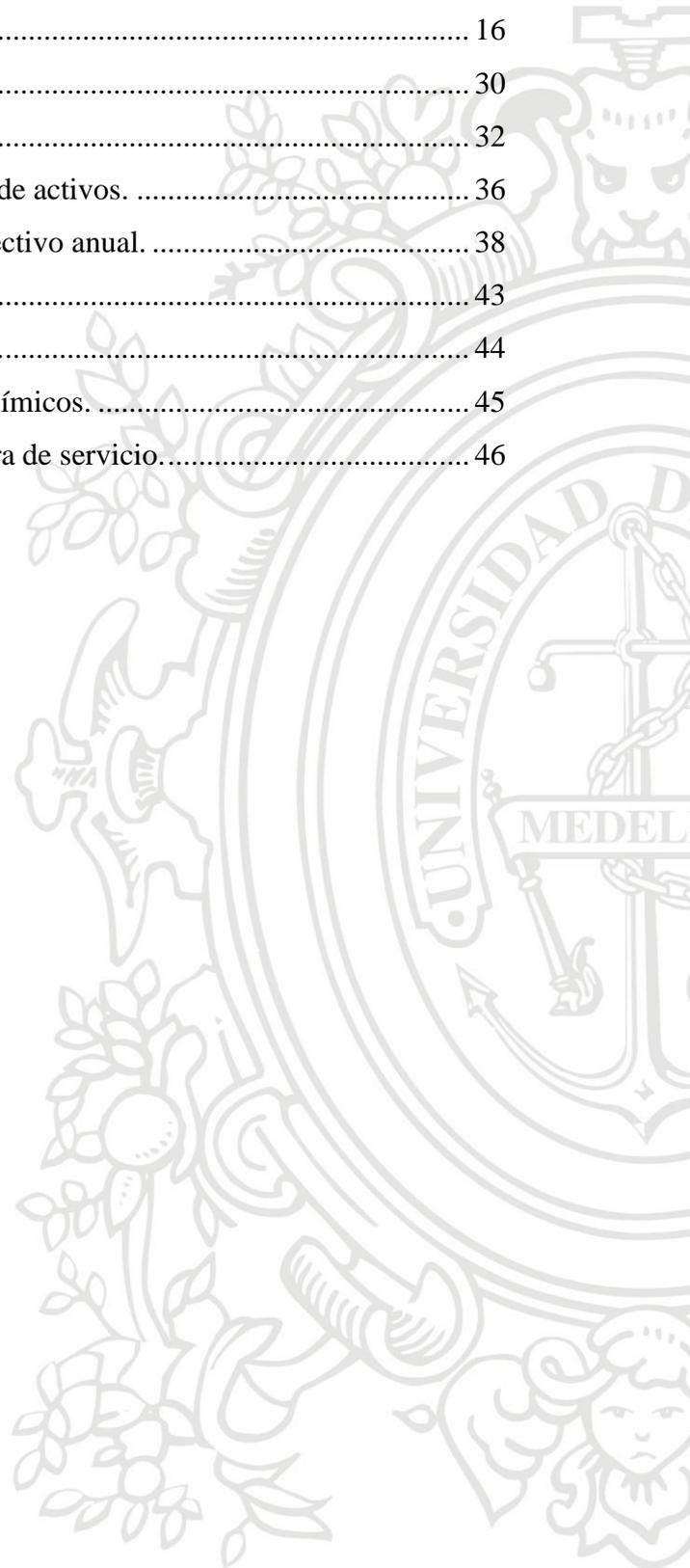
## LISTA DE TABLAS

TABLA 1.....	13
TABLA 2.....	14
TABLA 3.....	15
TABLA 4.....	20
TABLA 5.....	21
TABLA 6.....	23
TABLA 7.....	24
TABLA 8.....	25
TABLA 9.....	27
TABLA 10.....	28
TABLA 11.....	30
TABLA 12.....	31
TABLA 13.....	32
TABLA 14.....	33
TABLA 15.....	35
TABLA 16.....	35
TABLA 17.....	37
TABLA 18.....	37
TABLA 19.....	39
TABLA 20.....	40
TABLA 21.....	41
TABLA 22.....	42



## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Agrupación de activos.....	12
Fig. 2. Plano de la planta HB Fuller Colombia S.A.S.....	16
Fig. 3. Distribución de horas fuera de servicio. ....	30
Fig. 4. Distribución de horas de reparación. ....	32
Fig. 5. Distribución de costos anuales por reparación de activos. ....	36
Fig. 6. Distribución de costos de mantenimiento correctivo anual. ....	38
Fig. 7. Distribución de criticidad de activos.....	43
Fig. 8. Distribución de activos en riesgo de seguridad.....	44
Fig. 9. Distribución de activos en eventos físicos y químicos. ....	45
Fig. 10. Distribución de activos en mayor tiempo fuera de servicio.....	46



## I. RESUMEN

Este informe fue realizado para mostrar los resultados encontrados, después de llevar a cabo un análisis de criticidad de activos para la planta de fabricación de adhesivos de HB Fuller.

Inicialmente el área de mantenimiento de la planta se enfocaba principalmente en mantenimientos correctivos, con el pasar de los años y el crecimiento de la empresa a nivel mundial, la demanda de producto aumentó, esto significó un incremento en la producción que a su vez dio como resultado la adquisición equipos y maquinaria, esto produjo un crecimiento también en el área de mantenimiento, con ello fue necesario estandarizar algunas actividades e implementar mantenimientos preventivos.

Con el pasar del tiempo, se logró establecer de manera organizada y periódica el mantenimiento preventivo de los equipos con la ayuda del software argentino “Mantenimiento fácil”. Posteriormente con el cambio del jefe de mantenimiento (Daniel Montoya), surgió la necesidad de seguir mejorando en la gestión del mantenimiento, logrando mayor eficiencia en el uso de los recursos.

Actualmente la meta del área es lograr establecer un mantenimiento RCM (mantenimiento basado en confiabilidad) a corto plazo y a largo plazo TPM (mantenimiento total productivo), para ello se identificó que uno de los problemas era la falta de información de los activos, lo que conlleva a distribuir los recursos destinados para su mantenimiento de manera ineficiente.

Debido a lo anteriormente descrito, se desarrolló un análisis de criticidad de activos precisamente para lograr recopilar la mayor cantidad de información posible y jerarquizar de una manera objetiva la importancia de los diferentes activos. Este análisis fue el primer paso para comenzar a implementar un mantenimiento RCM y TPM.

Este trabajo dio como resultado una lista organizada de todos los activos involucrados, donde de acuerdo a unos criterios establecidos y gracias a la calificación cuantitativa e información recopilada en los años anteriores, se logró darle un orden a este listado de activos encontrando cuáles activos son más críticos para la compañía y cuáles son los menos críticos.

Durante la ejecución del proyecto, en la etapa de recopilación de la información se inició con la elaboración de fichas técnicas para los activos, logrando estandarizar la información sobre los equipos y sus repuestos.



## II. INTRODUCCIÓN

HB Fuller es una empresa multinacional fundada en 1887 en Estados Unidos, dedicada principalmente a la fabricación y distribución de adhesivos para uso industrial. Su presencia en Colombia inició en el departamento de Antioquia en el municipio de Itagüí, actualmente se encuentran ubicados en el municipio de Rionegro donde se producen principalmente dos tipos de adhesivos, a base de agua y aceite.

Debido al crecimiento de la demanda nacional e internacional fue necesario aumentar la producción, por lo cual se tomó la decisión de trasladar la planta hacia Rionegro, con el objetivo de expandir el tamaño de la misma, adquirir nuevos activos necesario para la producción y aprovechar la cercanía al aeropuerto José María Córdova para transportar la mercancía. Esto significó un crecimiento del área de mantenimiento, donde inicialmente se realizaban solo mantenimientos correctivos cuando eran necesarios, en la actualidad se realiza una gestión más organizada del mantenimiento incluyendo mantenimientos preventivos periódicos bien definidos y se ha incursionado en mantenimientos predictivos. En aras de seguir mejorando y con el cambio del jefe de mantenimiento (Daniel Montoya), se ha propuesto como meta dentro del área establecer inicialmente un mantenimiento RCM (mantenimiento basado en la confiabilidad) y posteriormente TPM (mantenimiento total productivo).

Para lograr implementar este tipo de mantenimientos es necesario tener una base sólida de información, realizar ajustes a los planes de mantenimiento, distribuir bien los recursos, etc. Por esto se decidió realizar un análisis de criticidad de activos, el cual es el primer paso para asentar toda la información y recopilar nueva.

Un análisis de criticidad de activos es un estudio mediante el cual los elementos (maquinaria, infraestructura, etc.) que están involucrados directa e indirectamente en la producción se evalúan y clasifican según una serie de criterios definidos en relación con todas las principales áreas que participan activamente en el proceso de producción. Dicho análisis se realiza con el objetivo de priorizar y jerarquizar los activos, por lo general hace parte de una evaluación de riesgos de los mismos. Durante la evaluación y clasificación de los activos, el foco de atención estará en la magnitud de las consecuencias si un activo falla, dependiendo del criterio evaluado en el momento.

### III. OBJETIVOS

#### A. *Objetivo general*

Realizar el análisis de criticidad de activos para evaluar y clasificar los activos, con el fin de priorizarlos y facilitar la toma de decisiones.

#### B. *Objetivos específicos*

- Recopilar información sobre todos los activos de la planta involucrados directa e indirectamente en el proceso de fabricación de los productos.
- Identificar los sistemas bajo los cuales los activos se pueden agrupar, tomando como referencia principal la ubicación del activo y la línea de producción.
- Establecer las relaciones entre los diferentes activos agrupándolos bajo la función que realizan dentro de la línea de producción.
- Definir los criterios bajo los cuales se realizará la evaluación y jerarquización de los activos.
- Realizar la matriz de criticidad y evaluar los activos bajo los criterios previamente establecidos, reuniendo representantes de las distintas áreas de la empresa.

#### IV. MARCO TEÓRICO

El análisis de criticidad de activos es una evaluación y clasificación que refleja la magnitud de las consecuencias que resultan de la falla de un activo. Además, el análisis de criticidad de los activos puede incluir evaluaciones de impacto en el medio ambiente, la salud humana, la seguridad, la calidad, la producción y la reputación corporativa, siendo estos algunos de los criterios más usados a la hora de realizar la evaluación[1].

Cada compañía o planta de producción se comporta de diferente manera, existen infinitas variables que pueden alterar el comportamiento de los activos, como puede ser su ubicación geográfica, horas de trabajo al año, condiciones y parámetros de funcionamiento, entre otras. Si a esto se le suma la multitud de diferentes productos y servicios que se ofrecen actualmente en el mundo, imposibilita establecer los criterios bajo los cuales se realiza la evaluación, razón por la cual, diferentes autores proponen ciertos criterios generales que abarcan los puntos más importantes a tener en cuenta respecto a los activos, pero sugieren que se identifiquen y elijan los criterios más convenientes para la compañía a la cual se le está realizando el análisis.

Independientemente de los criterios, la base para realizar este análisis es la información, por lo cual el paso inicial en un análisis de criticidad de activos es recopilarla. La forma de recopilar esta información es a través de un inventario de activos, y se espera que además de listar los activos también se encuentre información útil como planos o dibujos esquemáticos.

Dado el tamaño de algunas plantas, es posible que el número de activos ascienda a una cifra muy alta, dificultando la evaluación y en general el análisis, por esto es necesario agrupar los activos y establecer relaciones para disminuir su número y facilitar la evaluación y el análisis.

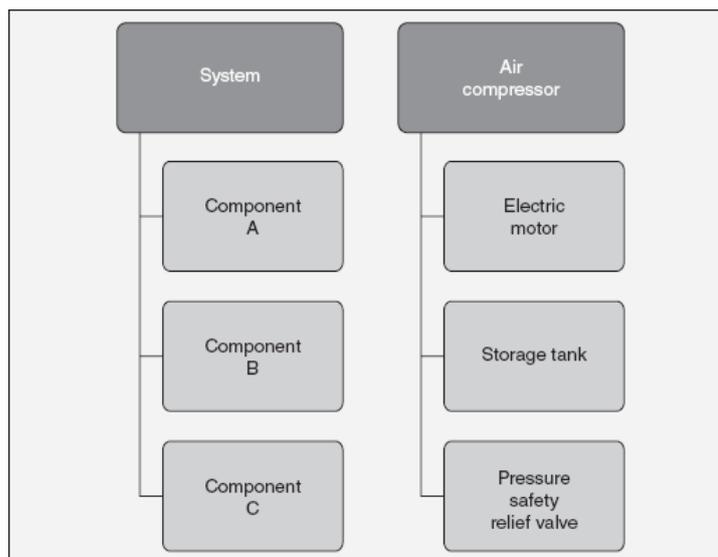


Fig. 1. Agrupación de activos.

Nota: Ejemplo de agrupación de activos bajo un sistema. Tomado de “criticality análisis”, por M.B.B.R Keith Monley, 2014, New York. McGraw-Hill Education. Available: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071826617/chapter/chapter21>

Como anteriormente se explicó los criterios, pueden ser seleccionados en función del entorno operativo empresarial u organizativo. Una vez se ha recopilado toda la información disponible y se definieron los criterios es necesario utilizar una herramienta donde combinar todo lo anterior y realizar la evaluación. Dicha herramienta es una matriz creada en una hoja de cálculo en la cual se realiza la calificación de activos.

La calificación de activos se realiza cuantitativamente y cualitativamente, donde se reúne un grupo interdisciplinario con el fin el obtener diferentes puntos de vista, debido al impacto que tiene el análisis no solo en el área de mantenimiento sino también las otras áreas de la compañía. La metodología que se usó, fue a través de reuniones periódicas, durante las cuales, los diferentes integrantes del grupo calificador expresan sus opiniones, puntos de vista e inquietudes, sobre todos los criterios definidos previamente, y posteriormente de manera individual califican cada activo. Dada la variedad en los criterios evaluados, es necesario que el grupo este compuesto por representantes de la mayor cantidad de áreas posibles, para abarcar efectivamente todos los puntos de vista. Finalmente se obtiene un promedio para cada criterio y al final se suma cada resultado de los criterios y se obtiene un puntaje de criticidad.

En base al valor final, se puede establecer una jerarquía en los activos, siendo aquellos con el puntaje más alto, los equipos más críticos. Usualmente un conjunto de activos se divide en tres rangos de criticidad[2]:

- Críticos
- Semi-críticos
- No críticos

TABLA 1  
CLASIFICACIÓN DE NIVELES DE CRITICIDAD

Criticality level	% of assets	Criticality value interval	Assets	Area color in matrix (Fig. 18&2)
Critical	20%	326-670	g, i	Dark grey
Semi-critical	30%	90-325	b, d, h	Grey
Not critical	50%	0-89	a, c, g, e, f, j	White

*Nota: Ejemplo de la clasificación final de los activos, una vez finalizada la evaluación. Tomado de "Criticality análisis for maintenance purposes. A study for complex in-service engineering assets", por A. Crespo Márquez, P. Moreu De León, A. S. Rosique, and J. F. Gómez Fernández.*

Como se muestra en la tabla 1, los rangos de criticidad corresponden a un porcentaje del número de total de activos, siendo aquellos más críticos la minoría y en los cuales se deben enfocar los esfuerzos para disminuir su calificación.

Una vez se finaliza toda la evaluación luego de realizada la matriz, se obtiene la jerarquía de todos los activos, facilitando reconocer los activos que requieren mayor atención y necesitan acciones inmediatas. De no definir correctamente la prioridad de los activos se puede caer en lo siguiente[3]:

- Horas de trabajo desperdiciadas en activos de relativa, baja importancia.
- Incumplimiento de tareas críticas por acumulación de mantenimientos.
- Área de producción insatisfecha.
- Pérdida de credibilidad del área de mantenimiento.

## V. METODOLOGÍA

### C. Recopilación de la información

Inicialmente mediante recorridos guiados con el personal del área de mantenimiento, se realizó una identificación de todos los equipos que actualmente están operando en la planta. Adicionalmente durante el proceso de recopilación de la información, se profundizó en ciertas características detalladas de algunos equipos y posteriormente se crearon unas fichas técnicas, con el objetivo de ayudar en la gestión y planificación del mantenimiento.

TABLA 2

SECCIÓN DE LA TABLA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Zona	Activo	Estado
Zona mixer 11	Motor principal	Activo
	Transmisión - polea	Activo
	Reductor principal	Activo
	Transmisión - cadena	Activo
	Motor variador de velocidad	Inactivo
	Rodamientos eje principal	Activo
	Chumaceras eje principal	Activo
	Caja estopera lado motor	Activo
	Caja estopera lado opuesto motor	Activo

En la tabla 2, se muestra una sección del documento de Excel donde se recopiló la información, como se observa, la tabla está compuesta de tres columnas donde se registró inicialmente la locación del activo con el fin de relacionarlo a una zona y facilitar su ubicación. Posteriormente se nombró el activo incluyendo la mayor cantidad de información posible logrando al mismo tiempo una corta descripción.

Por último, se registró si el activo se encuentra operativo o fuera de servicio, esta información permite identificar cuáles activos actualmente son innecesarios para el proceso de producción o no se tenía conocimiento de su estado.

TABLA 3

## EJEMPLO DE FICHA TÉCNICA REALIZADA

H.B. Fuller		FICHA TÉCNICA			
<b>Nombre del equipo</b>	Mesa giratoria L2	<b>Versión</b>	1	<b>Fecha de actualización</b>	27/07/2021
<b>Código</b>					
DIMENSIONES					
Guarda		Contenedor		Soporte	
<b>Diametro</b>	720 mm	<b>Diametro</b>	695 mm	<b>Largo</b>	650 mm
<b>Altura</b>	355 mm	<b>Altura</b>	280 mm	<b>Ancho</b>	600 mm
<b>Material</b>	Acero inoxidable	<b>Material</b>	Acero inoxidable	<b>Alto</b>	595 mm
		<b>Material</b>		<b>Material</b>	Acero al carbono
MOTORREDUCTOR					
<b>Marca</b>	NORD	<b>Modelo</b>	SK 80L/4	<b>Potencia</b>	0,86 KW
<b>Voltaje</b>	265/460 V	<b>Frecuencia</b>	60 Hz	<b>Corriente</b>	3,64/2,10 A
<b>Eficiencia</b>	75,90%	<b>RPM</b>	1650	<b>Temperatura de trabajo</b>	-20 a 45 °C
<b>Relación</b>	80				
COMPONENTES					
Item	Cantidad	Marca	Referencia	Observaciones	
Rodamiento	4	FAG	3203-BD-XL-2Z-TVH	Base de giro	
Chumacera	1	-	F210	-	
Rodamiento	1	Pendiente	Pendiente	-	
Lampara LED	1	-	-	-	
Led driver	1	Dalí	24 W	Input: AC 85 - 265 V 50/60 Hz 300 mA Output: DC 72 - 96 V	

En la tabla 3 se muestra un ejemplo de una ficha técnica finalizada, creada a partir de la información recolectada durante el primer paso para el desarrollo del análisis de criticidad de activos. Todas las fichas técnicas creadas durante este proyecto buscan recopilar la mayor cantidad posible de información relevante para el área de mantenimiento.

En la parte superior encontramos la información necesaria para la identificación del activo al igual que la información sobre cuántas actualizaciones se han realizado y la fecha de la última.

Luego se encuentra la información estructural acerca de los componentes que integran el activo, sus dimensiones y materiales, esta información es importante para referenciar espacialmente al activo y en caso de ser necesaria realizar alguna adecuación o mejora, tener toda la información disponible.

Posteriormente se registra la información sobre el sistema de potencia del activo en caso de tenerlo. Esta sección de la ficha técnica es de especial cuidado e importancia y se registra toda la información disponible dada su relevancia para el funcionamiento del activo y la complejidad del sistema.

Por último, se registra toda la información sobre los componentes que pueden ser reemplazados más fácilmente y de menor tamaño, algunos de estos componentes pueden ser consumibles que el equipo con el tiempo utiliza y es necesaria su constante renovación, por lo cual identificar esta información facilita y agiliza la adquisición de estos componentes. Adicionalmente se adjuntan las imágenes necesarias para ayudar a la identificación del activo visualmente.

#### D. Identificación de sistemas

Una vez se finalizó con la recopilación de la información se procedió con la identificación de los diferentes sistemas que componen el proceso de producción, para esto se tuvo como principal referencia la ubicación de los activos dentro y fuera de la planta de producción.

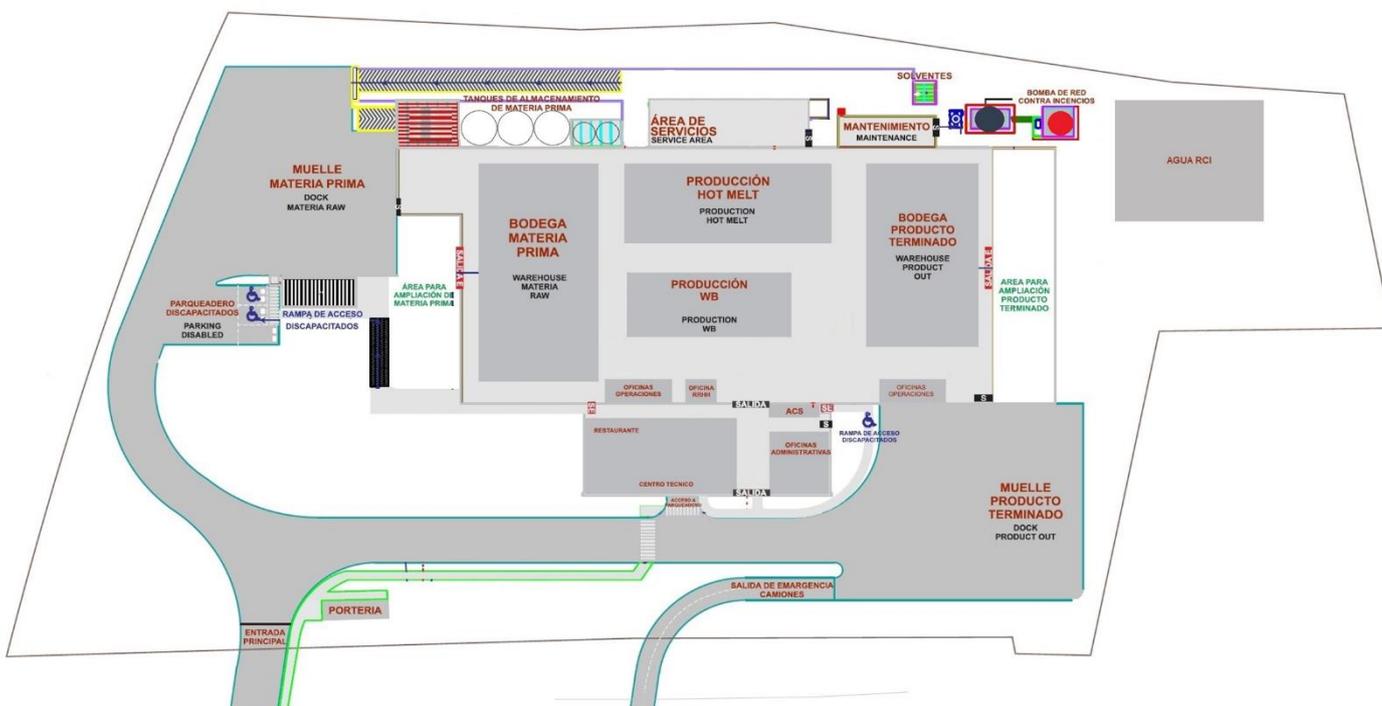


Fig. 2. Plano de la planta HB Fuller Colombia S.A.S.

En la figura 2, se observa un plano de la planta que cuenta con información sobre la distribución de ciertas zonas importantes dentro de la planta. Aprovechando la información existente gracias a previos trabajos realizados por diferentes áreas de la compañía y se utilizó dicha distribución para realizar la identificación de los sistemas ubicándolos dentro de la planta en las siguientes áreas:

- Bodega de materia prima: Bodegas donde se almacenan todos los productos que se utilizan para la creación del adhesivo.
- Hot Melt: Zona donde se producen todos los adhesivos a base de aceite.
- WB: Zona donde se producen todos los adhesivos a base de agua.
- Bodega de producto terminado: Bodegas donde se almacenan todos los lotes de adhesivos empacados, en espera de su despacho.

Adicionalmente se agregaron unas zonas para mejorar la clasificación y facilitar la distinción de los activos dentro del proceso de producción.

- Empaque: Zona ubicada dentro de hot melt donde se realiza el proceso de empacado del adhesivo. Esta zona a pesar de estar ubicada dentro de hot melt, se decidió separarla debido a la diferencia entre las actividades que ejecutan los activos.
- Zona externa: En esta categoría se clasifican todos los equipos ubicados fuera de la planta.
- Servicios generales: Existen también ciertos activos que no operan directamente en el proceso de producción, son de vital importancia para el funcionamiento de la planta, por lo cual se creó esta categoría para agruparlos y evaluarlos.
- CCM: Siglas para abreviar el nombre de la zona (“Centro de control de motores. En esta zona se encuentran todos los gabinetes de control eléctrico y automatización de la planta.

#### *E. Agrupación de activos*

Durante este paso y una vez finalizados los pasos anteriores se buscó simplificar el número de activos y agruparlos para facilitar su posterior evaluación.

Como se observó en el primer paso, el listado es muy detallado por lo cual el número de activos crece en gran manera, la cifra de activos asciende por encima de los 600 elementos. Esta cantidad de activos dificulta la evaluación de los mismos, y alarga el proceso, por lo cual es necesario agruparlos.

- Para agruparlos inicialmente se tuvo en cuenta los siguientes factores:
- Equipo del cual hacen parte: Dentro del listado inicial, muchos activos pertenecían a un equipo de mayor tamaño.
- Función que desempeña: Algunos activos realizan las mismas funciones.
- Línea de trabajo: Ciertos activos a pesar de que ejecutan tareas diferentes, hacen parte de un proceso, adicionalmente, si falla uno el proceso para.
- Luego de agruparlos, se logró reducir el número hasta 228 activos, los cuales según el paso anterior están divididos en sus respectivas zonas.

#### *F. Definición de criterios*

Finalizados los anteriores pasos, se procedió a definir los criterios bajo los cuales se evaluarían los activos, cabe recalcar que este paso es el más importante y con el cual se tuvo más cuidado. Una correcta definición de criterios, da como resultado una evaluación íntegra, precisa y puede ofrecer información más confiable.

Para definir los criterios que se iban a usar, inicialmente se realizó una investigación en la literatura. Como punto de partida se tomaron los siguientes criterios:

- Seguridad
- Medioambiente
- Calidad
- Mantenibilidad
- MTBF (Tiempo medio entre fallas)

Como se observa todos los criterios están relacionados directamente con las áreas más importantes dentro de la planta, por lo cual se modificaron un poco los nombres y se añadió

otro criterio para cubrir la totalidad las áreas más significativas, como resultados se definieron finalmente los siguientes criterios:

- Seguridad: Criterio donde se evalúa todo aspecto relacionado con la seguridad de las personas al momento de estar en contacto con el activo.
- Medioambiente: Criterio relacionado estrictamente con el impacto que puede llegar a causar un activo en el medioambiente.
- Calidad: Criterio donde se evalúa la relación del activo con la calidad final de producto terminado.
- Mantenimiento y Producción: Criterio de vital importancia donde se evalúa el impacto de los activos en la cadena de producción.
- Costos: Criterio donde se evalúa todos los costos relacionados con los activos.

Luego de definir estos criterios se establecieron unas subdivisiones, con el fin de recolectar la mayor cantidad de información posible en cada uno, dentro de estas subdivisiones, también se tuvo en cuenta la información recolectada en el pasado.

### *1) Seguridad:*

Como anteriormente se explicó, este criterio se enfoca en cómo afecta los activos la seguridad de todas las personas en la planta. Para ellos se dividió el criterio en dos secciones.

#### *a) Riesgos en seguridad:*

Como su nombre lo indica, con ayuda del grupo interdisciplinario reunido se evaluó el impacto que puede tener el activo en la seguridad de las personas, tomando como referencia el peor escenario posible, la falla más catastrófica.

TABLA 4

## CRITERIO DE RIESGOS EN SEGURIDAD

RIESGOS EN SEGURIDAD		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
No existe riesgo para las personas	1	Muy Bajo
Daños leves sin secuelas ni tratamiento	2	Bajo
Daños considerables sin secuelas despues del tratamiento	3	Medio
Daños graves con secuelas permanentes despues de tratamiento	4	Alto
Riesgo de muerte inminente	5	Muy Alto

Para realizar la evaluación se definieron 5 niveles de impacto en la seguridad de las personas por parte de los activos, como se muestra en la tabla 4, luego se asignó un valor numérico para realizar una evaluación cuantitativa y una calificación cualitativa. Los activos fueron evaluados de acuerdo a los peores escenarios propuestos por los calificadores y cada uno asignó un impacto, valor y calificación independientemente según su criterio.

*b) Trazabilidad:*

Adicionalmente también se evaluó cómo se comportó el activo en términos de seguridad en el pasado año. Para esto se utilizó la información recopilada por la empresa usando la herramienta “Velocity”, donde se registran los reportes de incidentes y accidentes ocurridos en la planta.

Luego de realizar dicha investigación y seleccionar los reportes relacionados a los activos se utilizó en colaboración con el área de EHS (seguridad, medioambiente y salud en el trabajo), una matriz de riesgos que previamente fue diseñada por la compañía para realizar la clasificación de dichos eventos, esta matriz se encuentra en el anexo 1.

TABLA 5  
CRITERIO DE TRAZABILIDAD PARA LA SEGURIDAD

TRAZABILIDAD		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
Ninguno	1	Muy Bajo
Cuasi incidente e incidente	2	Bajo
Accidente 3	3	Medio
Accidente 4	4	Alto
Accidente 5	5	Muy Alto

En aras de alinear el análisis con el trabajo previamente realizado por el área de EHS, se utilizaron los siguientes impactos de la matriz de riesgos:

- Ninguno: Ningún evento ocurrido en el último año.
- Cuasi incidente e incidente: Evento a un paso de convertirse en incidente o evento que requirió atención en el sitio, primeros auxilios. No requiere traslado a centro médico ni incapacitación.
- Accidente 3: Accidente de 3er nivel, requiere atención.

- especializada fuera de la planta. Se reporta a la ARL, no genera incapacidad.
- Accidente 4: Accidente de 4er nivel, requiere atención especializada fuera de la planta. Se reporta a la ARL y genera incapacidad.
- Accidente 5: Accidente de 5to nivel, incapacidad permanente o muerte.

A partir de los impactos definidos, se clasificaron los eventos seleccionados y se les asignó un valor y calificación. Dado que esta información ya está registrada, no se calificó este criterio con el grupo de trabajo.

## 2) *Medioambiente:*

Esté criterio está enfocado exclusivamente, en el efecto que pueden causar los activos al medioambiente, para lo cual se usaron, igual que en criterio anterior dos secciones.

### c) *Riesgos ambientales:*

Al igual que en el criterio de riesgos en seguridad, en esta sección del criterio de medioambiente se evaluó con el grupo, cómo podrían llegar a afectar los activos en el peor escenario posible.

TABLA 6

## CRITERIO DE RIESGOS AMBIENTALES

RIESGOS AMBIENTALES		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
No produce daño ambiental	1	Muy Bajo
Produce daño ambiental leve reversible	2	Bajo
Produce daño ambiental grave reversible	3	Medio
Produce daño ambiental no reversible dentro de la compañía	4	Alto
Produce daños ambientales no reversibles dentro y fuera de la compañía	5	Muy Alto

En la tabla 6, se muestra cómo se dividieron los 5 niveles de impacto, de acuerdo a los niveles de riesgos que pueda representar un activo al medio ambiente, posteriormente se asignó un valor numérico y una calificación para realizar la evaluación. En este criterio fue de especial ayuda el representante del área de EHS, debido a su amplio conocimiento normativo sobre las reglas que regulan a las empresas, para proteger el entorno.

*d) Trazabilidad:*

Al igual que en criterio anterior y con la ayuda de la misma herramienta (Velocity), la empresa tiene recolectada información adicional sobre los incidentes y accidentes ambientales, por lo cual haciendo uso de esta información se estableció una sección dentro del criterio de medioambiente, donde se pudiera aprovechar la información recolectada.

A su vez también se utilizó la matriz de riesgos de la empresa debido a que contiene una clasificación para ciertos peligros ambientales.

TABLA 7  
CRITERIO DE TRAZABILIDAD PARA EL MEDIOAMBIENTE

TRAZABILIDAD		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
Ninguno	1	Muy Bajo
Cuasi incidente e incidente	2	Bajo
Accidente 3	3	Medio
Accidente 4	4	Alto
Accidente 5	5	Muy Alto

La matriz de riesgos (anexo), en el tema ambiental principalmente se enfoca en caracterizar los derrames, razón por la cual los impactos fueron enfocados en este tema. Iniciando desde ningún incidente o accidente registrado, hasta lo más graves, que corresponde a un derrame o accidente ambiental que afecte el entorno fuera de la compañía y que dé como resultado multas por parte de las autoridades correspondientes.

### 3) Calidad:

En este criterio se evalúa el impacto de los activos en la calidad de los productos. Es vital remarcar que la empresa maneja una política interna de “cero defectos”, donde se busca que, como su nombre lo dice, el producto finalizado no tenga ningún defecto, y no se admite ninguna cantidad ni porcentajes de productos defectuosos. Debido a esto la evaluación de este criterio es más estricta y al igual que los anteriores criterios se dividió en dos secciones.

#### e) Eventos físicos y químicos:

En esta división se evalúa si existe la forma en la que el activo de debido a una falla o mal funcionamiento, pueda afectar la calidad del producto físicamente, como lo son componentes externos, materiales extraños, inclusiones o suciedad. A su vez también se tiene en cuenta si el activo puede alterar químicamente la composición del producto. Materiales como lubricantes, aceites o agua cambian la composición química del producto alterando características como la viscosidad y densidad, dando como resultado en un producto defectuoso.

TABLA 8.

#### CRITERIO DE EVENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

EVENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
No genera defectos en la calidad	1	Muy Bajo
Altera las características del producto (Tiene contención aguas abajo)	3	Medio
Altera las características del producto (Sin contención aguas abajo)	5	Muy Alto

Como se muestra en la tabla 8, se dividió el impacto en solo tres categorías, incrementado la rigurosidad en la evaluación, siendo la calificación “muy bajo”, si no existe manera de que el activo altera la calidad, “medio” si altera pero existe una manera de identificar el evento y lograr que no llegue el producto defectuoso al cliente, o “muy alto” si existe, en el peor de los escenarios, alguna manera en la que el producto defectuoso llegue al cliente y esto genere un reclamo. De igual manera también se asignó un valor numérico para realizar la calificación cuantitativa.

*f) Trazabilidad:*

Como anteriormente se explicó, existe información recopilada por la empresa que nos puede ayudar para realizar la evaluación, para los temas de calidad la empresa realiza el siguiente procedimiento.

Todo comienza con un reclamo, si el cliente realiza un reclamo, esto indica que el producto, de alguna manera no cumplió con las especificaciones solicitadas, luego se procede a corregir lo más rápido posible el reclamo y por último se realiza la investigación para encontrar la causa de este reclamo y procurar que no ocurra de nuevo.

El contenido de esta investigación se guarda en documentos y archivos de la compañía, en dichos documentos se realizó la investigación para determinar cuáles reclamos, según la investigación realizada fueron causados por los activos y no por error humano.

TABLA 9  
CRITERIO DE TRAZABILIDAD DE CALIDAD

TRAZABILIDAD		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
Sin reclamaciones (durante el último año)	1	Muy Bajo
Al menos una reclamación (durante el último año)	5	Muy Alto

Luego de seleccionar aquellos eventos producidos por los activos y siguiendo el lineamiento de la política de “cero defectos”, se dividió el impacto en dos, como se muestra en la tabla 9, donde se calificó “muy bajo” si no existían reclamaciones y “muy alto”, si se presentó algún caso en el anterior año.

#### 4) *Mantenimiento y producción:*

Esté criterio se encarga de evaluar el comportamiento del activo y como este puede afectar la producción, para ello debido a que involucra dos áreas, a diferencia de los anteriores criterios fue necesario dividirlo en tres secciones.

##### g) *Mayor tiempo fuera de servicio:*

Esta división se utilizó para evaluar con la ayuda del grupo calificador, el peor escenario en el cual el activo, pudiera estar fuera de servicio el mayor tiempo posible, esto incluye la pérdida total del activo. Adicionalmente se tuvo en cuenta si el activo actualmente posee algún repuesto, equipo de reserva o similares, esto con el objetivo de posteriormente evaluar si es viable adquirir repuestos para los activos más críticos.

TABLA 10

## CRITERIO DE MAYOR TIEMPO FUERA DE SERVICIO

MAYOR TIEMPO FUERA DE SERVICIO		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
Menor a 2 horas	1	Muy Bajo
Menor a 5 horas	2	Bajo
Menor a 12 horas	3	Medio
Menor a 24 horas	4	Alto
Mayor a 24 horas	5	Muy Alto

Como se muestra en la tabla 10, al igual que en los otros criterios se dividió el impacto en cinco secciones, donde se establecieron unos tiempos para definir el valor y la calificación del activo.

Para definir estos tiempos inicialmente, con ayuda del jefe del área de producción y mantenimiento se determinó que tiempo representaba el peor escenario, y a partir de ese valor se utilizó la siguiente ecuación.

$$y = B^x + C \quad (1)$$

Donde (1), corresponde a la forma básica de una ecuación exponencial. La variable “y” corresponde a las horas y “x” el valor asignado para calificar.

Con esta información inicialmente encontramos las constantes “B” y “C”, reemplazando los valores iniciales de las variables “x” y “y”.

$$0 = B^1 + C \quad (2)$$

$$B = -C \quad (2)$$

Luego se obtiene la siguiente ecuación.

$$(3) \quad y = B^x - B$$

Con la ecuación (3), y utilizando la siguiente pareja de datos, se halla la constante “B”.

$$24 = B^5 - B \quad (3)$$

$$B = 1.91742$$

Una vez encontrada la constante, se reescribe la ecuación y se resuelve.

$$y = 1.91742^x - 1.91742 \quad (4)$$

TABLA 11

RELACIÓN ENTRE CALIFICACIÓN DEL IMPACTO VS HORAS, PARA EL CRITERIO DE MAYOR TIEMPO FUERA DE SERVICIO

Calificación del impacto	Horas
1	0,0
2	1,8
3	5,1
4	11,6
5	24,0

De la tabla 11, tomando los valores para “x”, como la calificación del impacto, obtenemos gracias a la ecuación, la distribución de las horas, como se muestra a continuación.

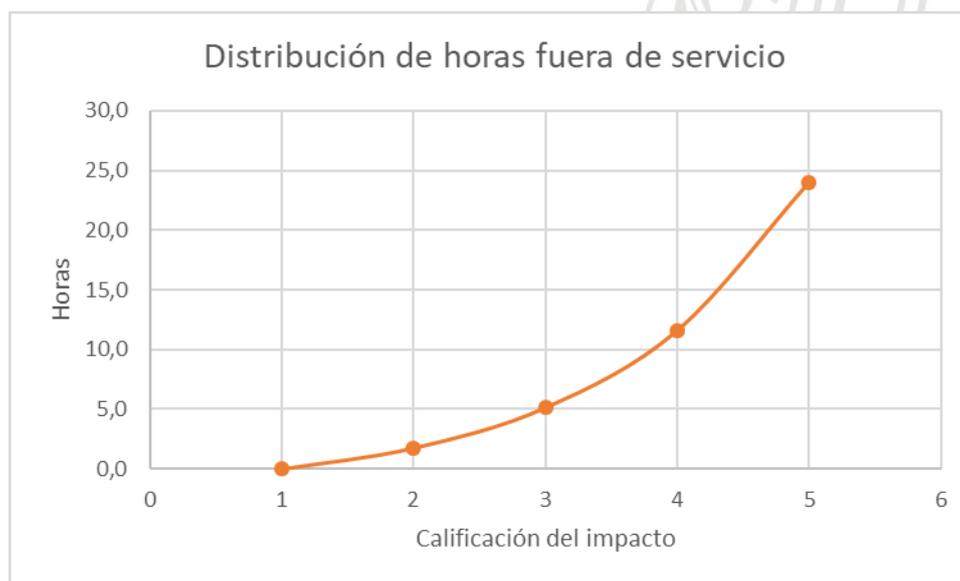


Fig. 3. Distribución de horas fuera de servicio.

Esta distribución exponencial se utilizó debido a que la mayoría de activos no presentan tiempos por encima de las 8 horas, utilizando esta distribución es posible clasificarlos en diferentes intervalos en la zona baja de la gráfica.

*h) Tiempo de reparación:*

Esta división del criterio inicial se usó, con el objetivo de utilizar la información recopilada por las áreas de producción y mantenimiento. Dicha información actualmente se usa para evaluar la productividad global de la planta y no solamente se evalúan los activos, sino también la parte operativa de la compañía, donde intervienen los operarios, por lo cual es necesario seleccionar la información relacionada a los activos para poder realizar la evaluación. Como se trata de información existente, este criterio no se calificó con el grupo.

En este criterio se evaluó el mayor tiempo registrado, que fue necesario para reparar un activo y que desencadenó en un paro en la producción.

TABLA 12

CRITERIO DE MAYOR TIEMPO DE REPARACIÓN.

TIEMPO DE REPARACIÓN		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
Menor a 1 hora	1	Muy Bajo
Menor a 3 horas	2	Bajo
Menor a 6 horas	3	Medio
Menor a 12 horas	4	Alto
Mayor a 12 horas	5	Muy Alto

Al igual que con el “mayor tiempo fuera de servicio”, con ayuda del jefe del área de mantenimiento se determinó el tiempo más crítico, y a partir de este, utilizando la ecuación (1), se determinó la siguiente información.

TABLA 13

RELACIÓN ENTRE CALIFICACIÓN DEL IMPACTO VS HORAS, PARA EL CRITERIO DE MAYOR TIEMPO DE REPARACIÓN.

Calificación del impacto	Horas
1	0,0
2	1,2
3	3,1
4	6,4
5	12,0

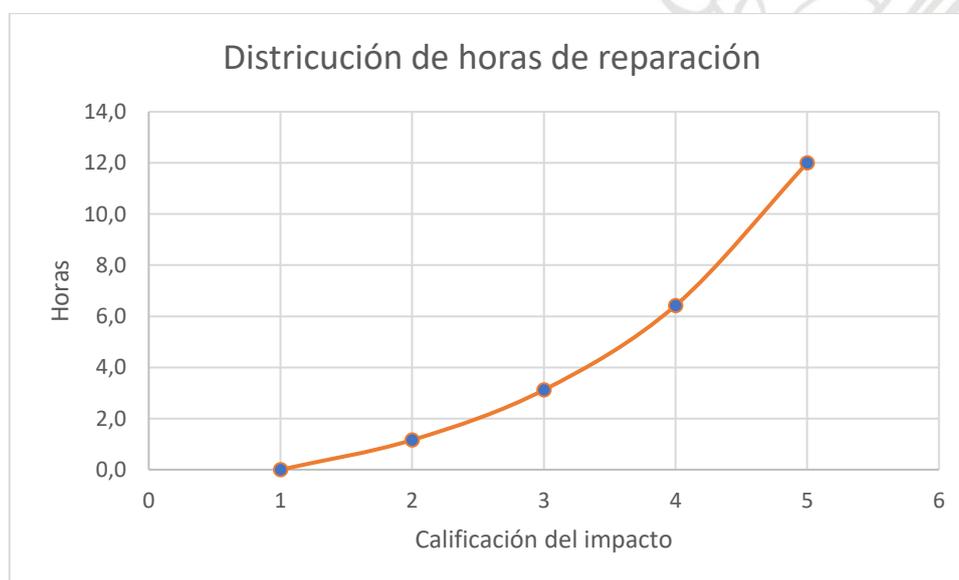


Fig. 4. Distribución de horas de reparación.

A diferencia del “Tiempo fuera de servicio”, para esta evaluación, se redujo las horas críticas, debido a la necesidad de intervenir el equipo en el menor tiempo posible y teniendo en cuenta que algunos activos poseen repuestos, o equipos en reserva, buscando reducir este tiempo en caso de emergencia.

*i) Eventos al año:*

En esta división se evaluó la cantidad de eventos que históricamente se presentaron el año anterior y que resultaron en paros de producción, adjudicados a fallas o mal funcionamiento de los activos. Es importante recalcar que, a diferencia de la anterior división, en esta no se evalúa un evento en específico, sino la cantidad de eventos que se presentaron debido a que, activos pueden no ocasionar eventos de mucha duración, pero abrumadores en cantidad.

La información del número de eventos, también fue encontrada junto con el documento usado en el criterio de “Tiempo e reparación”.

TABLA 14  
CRITERIO DE EVENTOS AL AÑO

EVENTOS AL AÑO		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
Mas de un año	1	Muy Bajo
Anual	2	Bajo
Mensual	3	Medio
Semanal	4	Alto
Diario	5	Muy Alto

La división en el impacto y las siguientes clasificaciones mostradas en la tabla 14, se realizó de la siguiente manera:

- Mas de un año: No se registra ningún evento en el año anterior.
- Anual: Se registraron entre 1 y 12 eventos en el año anterior.
- Mensual: Se registraron entre 12 y 48 eventos en el año anterior.
- Semanal: Se registraron entre 48 y 365 eventos en el año anterior.
- Diario: Se registraron más de 365 eventos en el año anterior.

5) *Costos anuales:*

Por último, se utilizó este criterio para evaluar todos los costos relacionados con el mantenimiento de los activos, para mantenerlos operativos y su correcto funcionamiento. Para realizar lo anteriormente descrito fue necesario evaluar especialmente dos aspectos.

j) *Costos de reparación:*

El primer aspecto a tener en cuenta dentro de este criterio, es cuanto llegaría costar reparar los activos, si llegara a pasar el peor de los casos, el peor escenario la mayoría de veces, supondría reemplazar el activo, pero con ayuda del jefe del área de mantenimiento se determinó que, en ocasiones, reparar un activo puede llegar a ser igual o más costoso que reemplazarlo, por lo cual se realizó una investigación de precios, con proveedores y el histórico de compras, para establecer dichas cifras.

Adicionalmente fue necesario establecer un valor máximo, a partir del cual el activo recibiría la máxima calificación, para lo cual el jefe del área de mantenimiento estableció un porcentaje del presupuesto anual de área, dicha suma afectaría gravemente el desempeño del área, por lo cual se utilizó como valor máximo, siendo el porcentaje tomado el 15%.

Adicionalmente a partir de dicha suma se utilizó la misma ecuación exponencial mostrada previamente, para realizar la distribución, dado que la mayoría de activos se agrupan en una franja de precios.

TABLA 15

## CRITERIO DE COSTOS DE REPARACIÓN

COSTOS DE REPARACIÓN		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
Menor a 1,9 millones	1	Muy Bajo
Menor a 6,4 millones	2	Bajo
Menor a 16,6 millones	3	Medio
Menor a 40 millones	4	Alto
Mayor a 40 millones	5	Muy Alto

TABLA 16

## RELACIÓN ENTRE CALIFICACIÓN DEL IMPACTO VS COSTO EN MILLONES, PARA EL CRITERIO DE COSTOS DE REPARACIÓN.

Calificación del impacto	Costo en millones
1	0,0
2	2,4
3	7,3
4	17,8
5	40,0

Se estableció como cifra limite, 40 millones y a partir de esta cifra se realizó la distribución como se muestra en la tabla 16 y la figura 5.

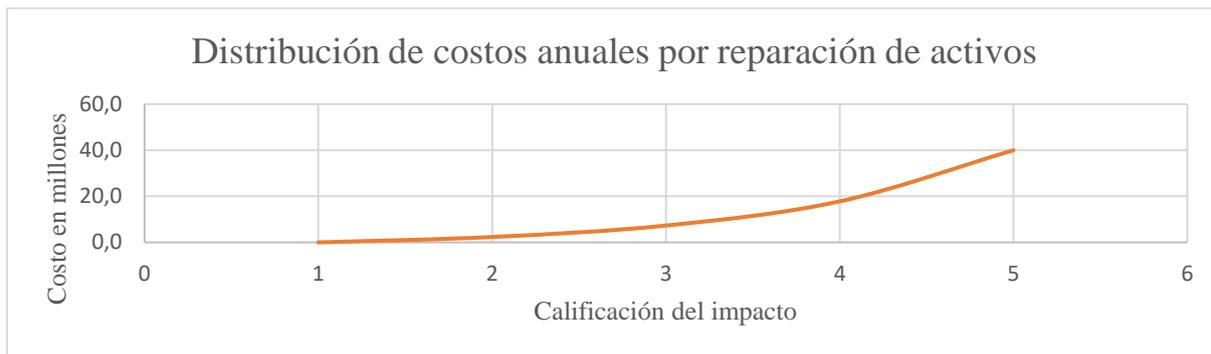


Fig. 5. Distribución de costos anuales por reparación de activos.

*k) Costos de mantenimiento anual:*

El siguiente aspecto a tener en cuenta son los costos inherentes al mantenimiento como pueden ser los repuestos, lubricantes, reformas, entre otros. Estos gastos son necesarios para llevar a cabo un mantenimiento efectivo y confiable, pero es indiscutible que los activos no gastan la misma cantidad de dinero, algunos requieren más cuidado o gastan más consumibles, por esto se utilizó este criterio.

La información fue recopilada de los registros de compras del área de mantenimiento, y se utilizó la misma cifra tope del criterio anterior de “costos de reparación”, junto con la misma distribución, de esta manera se dejó en evidencia los activos que afectan más el presupuesto del área.

TABLA 17

## CRITERIO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL

COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL		
IMPACTO	VALOR	CALIFICACIÓN
Menor a 1,9 millones	1	Muy Bajo
Menor a 6,4 millones	2	Bajo
Menor a 16,6 millones	3	Medio
Menor a 40 millones	4	Alto
Mayor a 40 millones	5	Muy Alto

TABLA 18

## RELACIÓN ENTRE LA CALIFICACIÓN DEL IMPACTO VS COSTO EN MILLONES, PARA EL CRITERIO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL.

Calificación del impacto	Costo en millones
1	0,0
2	2,4
3	7,3
4	17,8
5	40,0

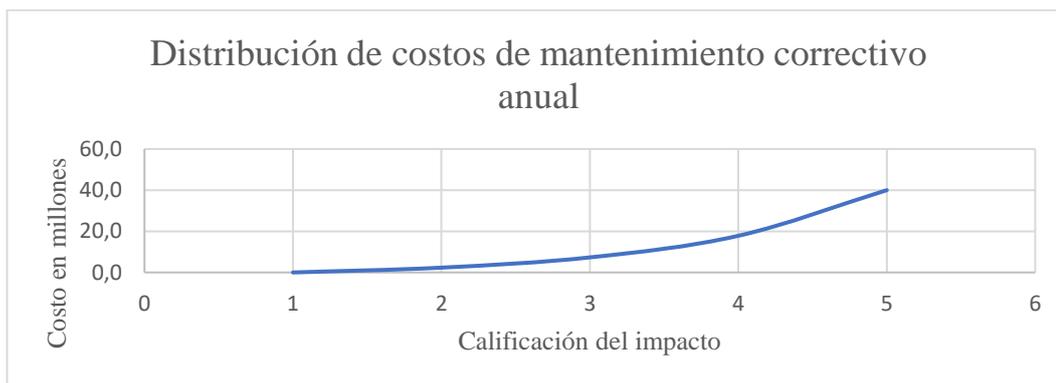


Fig. 6. Distribución de costos de mantenimiento correctivo anual.

### G. Elaboración de la matriz:

Finalizada la definición de los criterios, y realizados todos los pasos anteriores, se elabora la matriz de criticidad de activos, herramienta en la cual se realizó la evaluación de cada uno de los criterios, de manera individual por cada uno de los integrantes del grupo calificador.

El grupo calificador está compuesto por los líderes de cada una de las áreas seleccionadas. Adicionalmente se invitó un operario de producción y uno de mantenimiento, los cuales poseen una amplia trayectoria dentro de la compañía, y su experiencia con el proceso de producción y los activos es invaluable, de esta manera se garantiza una calificación más íntegra.

Sin contar al moderador de las reuniones, 7 personas evaluaron los activos, a través de los diferentes criterios, en algunos casos con un consenso unánime y en otros con diferencias de opiniones. Las reuniones fueron llevadas a cabo, a través de la plataforma “Microsoft Teams”, para evitar la aglomeración de personas en un espacio cerrado, debido a la pandemia.

### 6) Información de los activos:

En la sección izquierda de la matriz, se ubica el listado de los activos, junto con información relevante que ayude a la identificación del mismo.

TABLA 19

SECCIÓN DE LA MATRIZ DONDE REGISTRA LA INFORMACIÓN DE LOS ACTIVOS.

INFORMACIÓN DE LOS ACTIVOS		
UBICACIÓN	LÍNEA	DESCRIPCIÓN
SERVICIOS GENERALES	N/A	Infraestructura
ZONA EXTERNA	N/A	Generador de vapor
HOT MELT	LÍNEA 1	Nordson 1
ZONA EXTERNA	N/A	Chiller
HOT MELT	LÍNEA 1	Pillow machine 1
HOT MELT	N/A	Extrusora
ZONA EXTERNA	N/A	Tanque de aceite mineral 01
ZONA EXTERNA	N/A	Tanque de aceite mineral 02
ZONA EXTERNA	N/A	Tanque de aceite mineral 03
ZONA EXTERNA	N/A	Tanque de emulsión 04
EMPAQUE	LÍNEA 1	Empacadora línea 1
HOT MELT	N/A	Mixer 002
HOT MELT	N/A	Mixer 005
HOT MELT	N/A	Mixer 006
HOT MELT	N/A	Mixer 007
HOT MELT	LÍNEA 2	Pillow machine 2

Como se muestra en la tabla 19, dentro de la información de los activos existe tres divisiones. Primero se clasifica por la ubicación como se explicó en la identificación de los sistemas (5.2). Luego para ayudar al entendimiento de la ubicación de los activos, se clasifico dependiendo de la línea de operación. Actualmente la planta en la zona de “hotmelt”, posee dos líneas de producción similares, dado que ambas líneas tienen casi los mismos activos, para evitar confusiones fue necesaria esta clasificación. Por último, se coloca una descripción donde está el nombre del activo, buscando en pocas palabras explicar lo máximo posible sobre este, ayudando a su completa identificación.

La presencia del personal de mantenimiento y producción es vital, al comienzo de la evaluación, debido a la posibilidad de que algún otro integrante tenga alguna duda sobre cualquier activo, o no tiene conocimiento de su funcionamiento, características técnicas y operativas.

7) *Evaluación en la matriz:*

Luego de la información de los activos, se procede a realizar la evaluación de los criterios que lo requieran, esto debido a que, como anteriormente se mencionó, algunos criterios se evalúan en base a la información recopilada por la empresa usando diversas herramientas. Sin embargo, la información de la evaluación de estos criterios queda consignada en la matriz, en caso de que cualquier integrante del grupo desee consultar dichas evaluaciones.

TABLA 20

SECCIÓN DE LA MATRIZ, EJEMPLO DE ALGUNOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

MEDIO AMBIENTE																	
RIESGOS EN MEDIO AMBIENTE							CALIFICACIÓN							TRAZABILIDAD			
BT1	JD1	AC1	EA1	VH1	DM1	OP1	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	TOTAL 2	IMPACTO	CALIFICACIÓN	
Produce daños ambiental	Produce	Produce	Produce	Produce	Produce	Produce	5	5	5	5	5	5	5	5	Ninguno	1	
Produce daños ambiental	Produce	Produce	Produce	Produce	Produce	Produce	5	5	5	5	5	5	5	5	Ninguno	1	
No produce daño ambiental	No prod	1	1	1	1	1	1	1	1	Ninguno	1						
Produce daños ambiental	Produce	Produce	Produce	Produce	Produce	Produce	5	5	5	5	5	5	5	5	Cuasi incider	2	
No produce daño ambiental	No prod	1	1	1	1	1	1	1	1	Cuasi incider	2						
No produce daño ambiental	No prod	1	1	1	1	1	1	1	1	Ninguno	1						

Inicialmente, como se muestra en la tabla 20, se ubica el criterio que se está evaluando, en el encabezado se encuentra los evaluadores, identificados por sus iniciales. Cada celda cuenta con un desplegable donde se exhiben todas las opciones explicadas en la “definición de criterios” (F), dependiendo de la opción elegida, en la sección de calificación, las celdas correspondientes mostrarán un valor que sea acorde con la calificación. Luego al final de la sección de calificación, se encuentra un total, en estas celdas se recoge un promedio de todas las calificaciones.

Por último, se observa un ejemplo de un criterio que no fue calificado por el grupo de evaluación. Estos criterios solo se muestran de manera informativa e informan de la calificación cualitativa y cuantitativa.

8) *Resultados de la calificación:*

Al final de la matriz, en la sección del total se encuentran los resultados de la evaluación de todos los criterios para los diferentes activos. Como se muestra en la tabla 21, se divide en un total numérico y en un porcentaje del máximo valor posible, de esta manera se brinda mayor claridad para ayudar a la interpretación de los resultados.

TABLA 21

SECCIÓN DE LA MATRIZ CON EL TOTAL DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

TOTAL	
VALOR	%
38	69%
34	62%
33	60%
32	58%
32	58%
31	56%

## VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### *H. Resultados generales*

Los resultados encontrados después de evaluar todos los activos en la matriz se presentan en la tabla 22, para ellos se utilizó la tabla mostrada en la metodología (tabla 1).

TABLA 22

RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS SEGÚN SU CRITICIDAD, UNA VEZ FINALIZADA LA EVALUACIÓN

<b>Nivel de criticidad</b>	<b>Porcentaje de activos</b>	<b>Intervalo de valores de criticidad</b>	<b>Número de activos</b>
Críticos	22%	25 - 38	50
Semi-críticos	29%	21 - 24	66
No críticos	49%	13 - 20	112

Los porcentajes de los resultados de la tabla 22, difieren del modelo presentado en la metodología (tabla 1), dado que se tomaron todos los activos con las mismas calificaciones cercanos al porcentaje inicial.

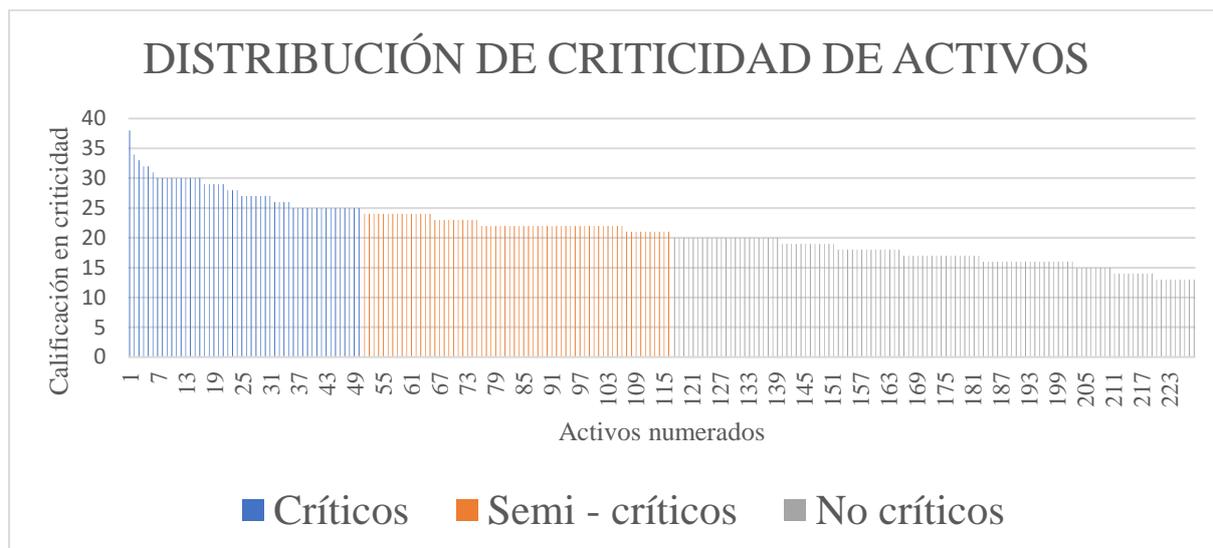


Fig. 7. Distribución de criticidad de activos.

En la figura 7, se expone la distribución de la criticidad de los activos mostrados en la tabla 22, cada número en el eje horizontal corresponde a un activo de la matriz y en eje vertical se encuentran los valores de la calificación de criticidad.

### I. Resultados específicos

Adicionalmente se presentan los resultados de algunas áreas de interés para la compañía, dada la importancia de estas dentro de las políticas de la compañía.

#### 9) Resultados en seguridad:

La seguridad es el la pilar de la compañía y la política interna más importante, el bienestar de las personas que trabajan dentro y fuera de la planta es de vital importancia y siempre se trabaja en aras de prevenir cualquier riesgo que pueda afectar las personas.

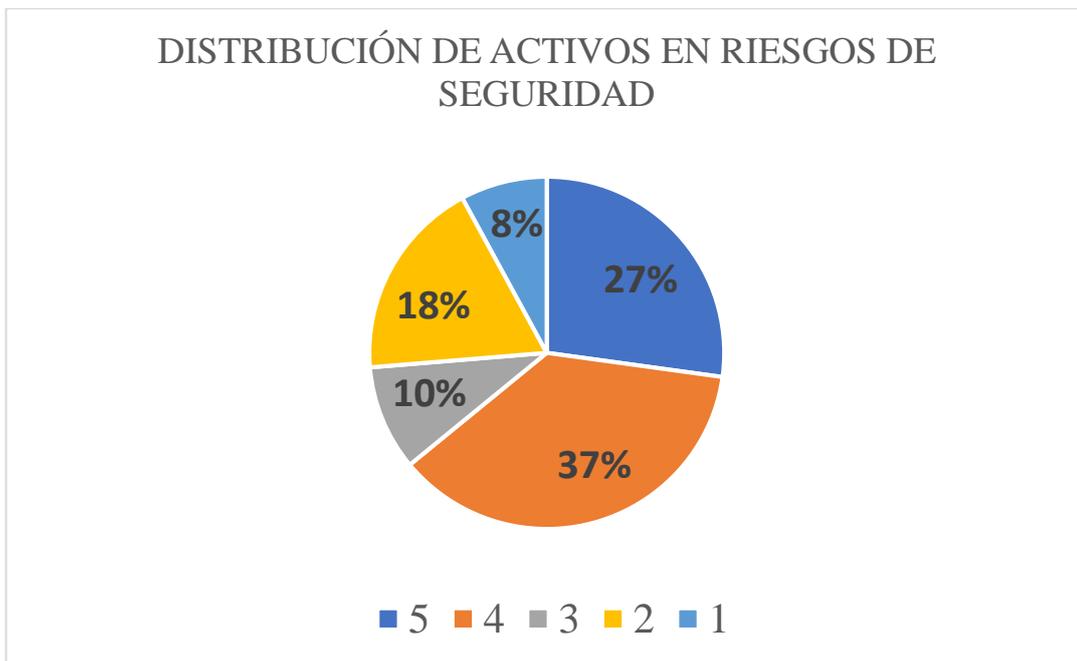


Fig. 8. Distribución de activos en riesgo de seguridad.

En la figura 8, se observa que, para el criterio de riesgos en seguridad, más de 60% los activos quedo catalogado dentro de los niveles más altos (4 – 5).

#### 10) Resultados en calidad:

La siguiente política en importancia para la compañía corresponde a la calidad, vital para la imagen de la compañía y la satisfacción del cliente, esta política es tratada con sumo cuidado y rigurosidad, incentivando al personal a estar atento a cualquier defecto o evento que pueda ocasionar un producto sin la calidad deseada.

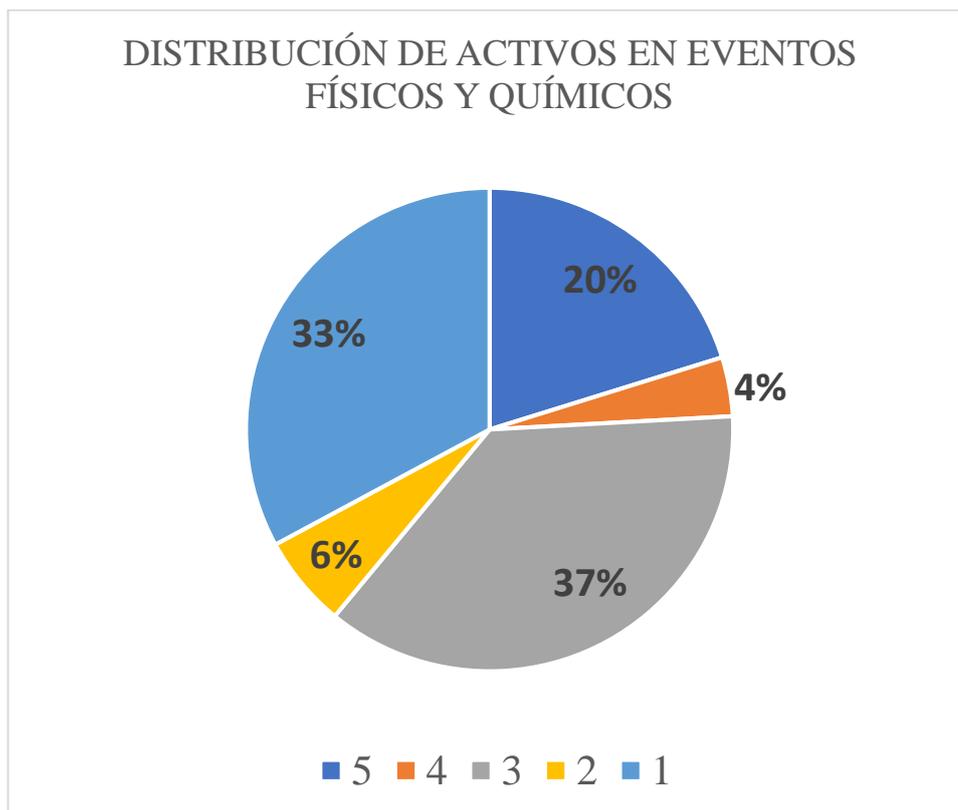


Fig. 9. Distribución de activos en eventos físicos y químicos.

A diferencia de los resultados anteriores, la distribución de los activos bajo el criterio de “eventos físicos y químicos”, como se muestra en la figura 9, es más equitativa.

#### *11) Resultados en producción y mantenimiento:*

Por último, pero no menos importante se encuentra la política de producción, donde se busca la mejora continua en todas las plantas para mejorar la eficiencia y evitar retrasos. De vital importancia para el área de mantenimiento, debido la repercusión que tiene el área en la cadena de producción. Es importante para el área estos resultados, porque referencian los equipos más críticos para el área, y que requieren un constante monitoreo.

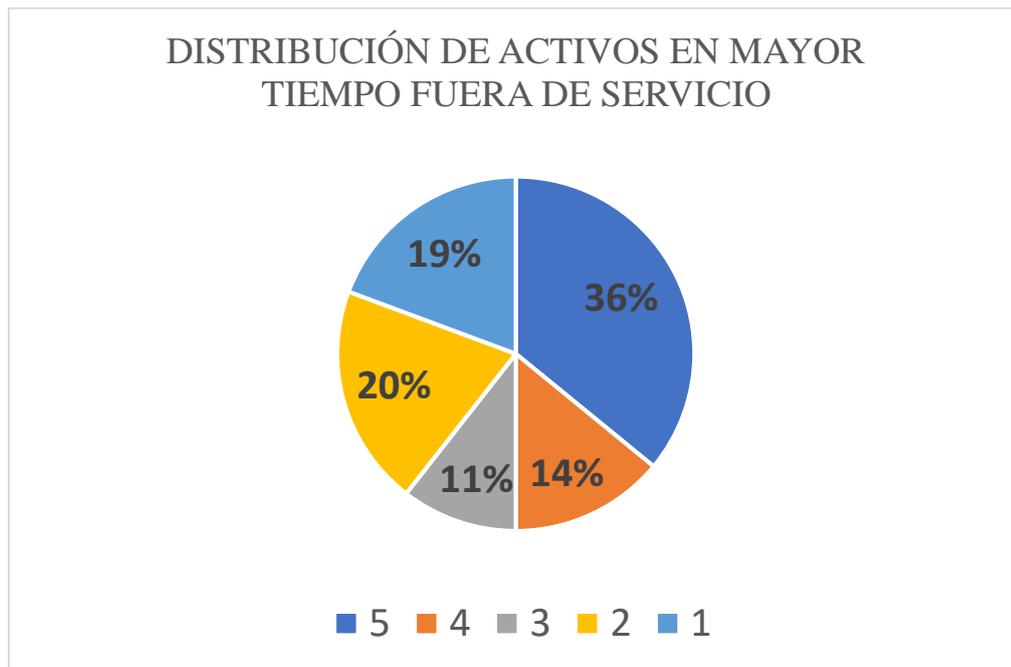


Fig. 10. Distribución de activos en mayor tiempo fuera de servicio.

En la figura 10, se muestra la distribución de los activos, de acuerdo a la calificación. Se encontró que un 50 % de los activos se encuentra en las calificaciones más altas.

## VII. CONCLUSIONES

La información recopilada de los activos es de vital importancia no solo para este análisis, sino también para futuros proyectos, se recomienda salvaguardarla en el software de mantenimiento. Adicionalmente las fichas técnicas, deben actualizarse periódicamente cuando se realice un cambio o reforma en el activo y a todo nuevo activo se le debe crear una, la información de las fichas técnicas, ayuda a la gestión del mantenimiento, y facilita la adquisición de repuestos y piezas.

Durante la ejecución de los pasos para realizar el análisis de criticidad activos, se identificaron numerosos sistemas que eran similares o redundantes, sistemas que poseían activos iguales o que desempeñaban una misma función. Es vital tener referenciados estos sistemas, para lograr una adquisición de activos de reserva más eficiente y que pueda soportar varios sistemas, de esta manera se reduce el espacio requerido para almacenar activos y piezas de repuesto y se reducen los costos.

Una vez finalizada la evaluación e identificados los activos en sus diferentes clasificaciones de criticidad, se recomienda enfocarse principalmente en los activos críticos y reducir su calificación. Para lograr esta reducción, se debe enfocar inicialmente en los criterios que representan las políticas en la cuales se basa la compañía, iniciando con el criterio de seguridad, donde se pueden tomar las siguientes acciones:

- Revisar si los EPP (Elementos de protección personal), son los adecuados para la manipulación del activo.
- Evaluar la posibilidad de realizar reformas a los activos para aumentar la seguridad del personal que los opera como barandas, guardas, cabinas, entre otros.
- Capacitar al personal de toda la planta sobre los activos críticos y como detectar señales de alarma, como actuar en situaciones de emergencia, etc.
- Luego se procede a evaluar el criterio de calidad, donde principalmente se identificaría inicialmente, como los activos pueden llegar a afectar la calidad del producto y si se puede

mitigar estos eventos o cambiar el proceso para evitar el riesgo, también se puede evaluar si el personal encargado del activo pueda ejecutar la operación de otra forma.

Para el criterio de producción y mantenimiento existen varias estrategias para disminuir la criticidad del activo, siendo la más relevante, adquirir activos, piezas o partes, de repuesto, esto con el objetivo de almacenarlos y en caso de emergencia, disminuir significativamente el tiempo para su mantenimiento y reanudar la operación lo más pronto posible. Inicialmente puede significar una inversión grande, pero a largo plazo, y con el costo/hora de producción, el ahorro en tiempo, mostrara resultados satisfactorios.

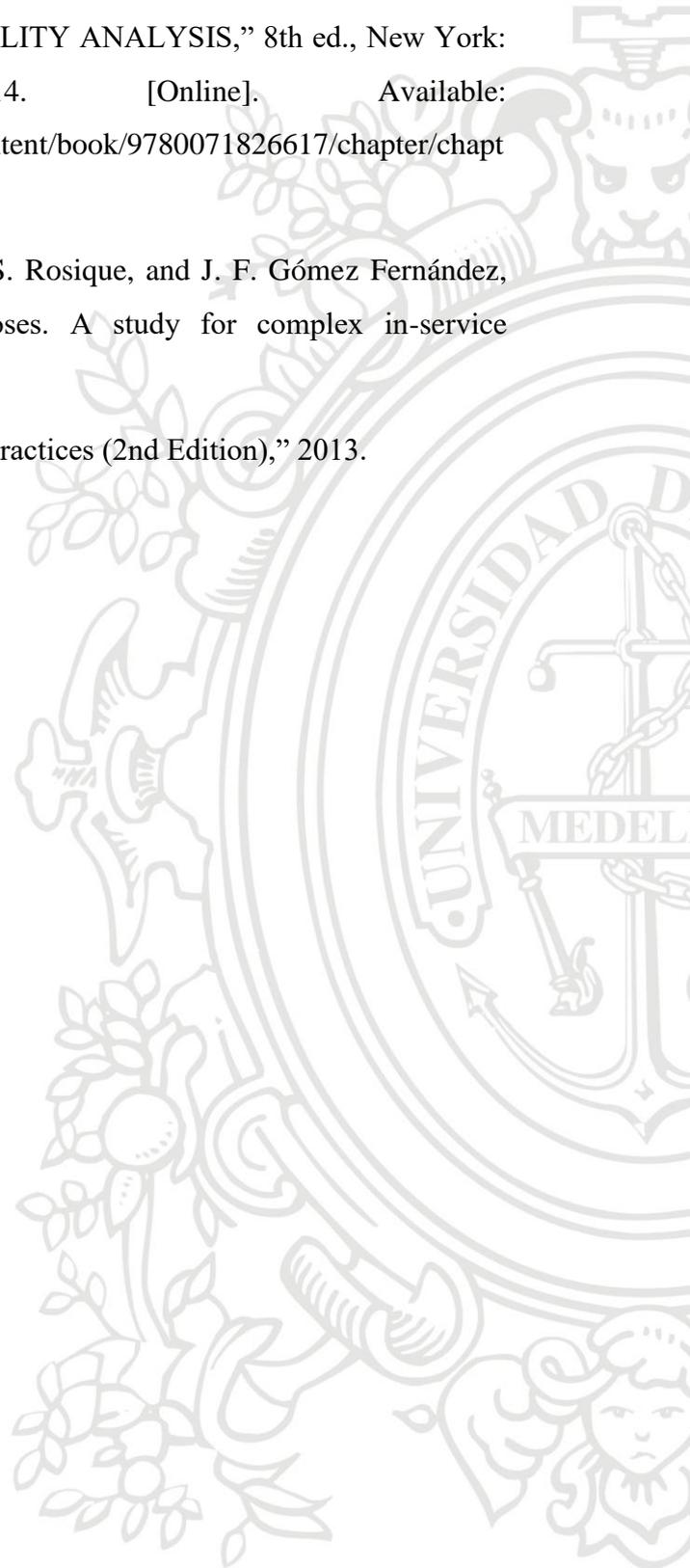
Luego de encontrar los activos críticos, el personal del área de mantenimiento deberá, reformar los diferentes planes de mantenimiento, para enfocar los recursos en los equipos prioritarios y así mejorar la eficiencia de toda el área.

Realizado lo anterior se debe ajustar las frecuencias con las que se realiza los mantenimientos preventivos, para evitar el gasto innecesario de horas de trabajo en equipos de baja criticidad, reduciendo las labores no ejecutadas aplazadas.

Con el objetivo de incentivar el continuo mejoramiento, cada área puede sustraer la información más relevante al igual que el resultado de los criterios y sus indicadores, para llevar a cabo las mejoras pertinentes en su área y lograr disminuir los niveles de criticidad de los activos.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. B. B. R. Keith Mobley CMRP, “CRITICALITY ANALYSIS,” 8th ed., New York: McGraw-Hill Education, 2014. [Online]. Available: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071826617/chapter/chapter21>
- [2] A. Crespo Márquez, P. Moreu De León, A. S. Rosique, and J. F. Gómez Fernández, “Criticality analysis for maintenance purposes. A study for complex in-service engineering assets.”
- [3] R. Gulati, “Maintenance and Reliability Best Practices (2nd Edition),” 2013.



## IX. ANEXO

Junto a este trabajo se adjunta, la matriz de riesgos, establecida por la compañía, donde se especifican los diferentes niveles de riesgos para todas las categorías designadas.

