

**Estudio de la gestión de almacenamiento y como mejora la segregación de residuos peligrosos en una planta de servicios navales en la ciudad de Chimbote****Study of storage management and how to improve the segregation of hazardous waste in a naval services plant in the city of Chimbote****Estudo da gestão de armazenamento e como melhorar a segregação de resíduos perigosos em uma planta de serviços navais na cidade de Chimbote**Arteaga Luna Enzo Del Piero<sup>1</sup>, Murillo Luna Rubén Martín<sup>2</sup>, Ramírez Sicche Nelson Hugo<sup>3</sup>**Resumen**

La investigación tiene como objetivo implementar un programa de gestión de almacenamiento con la finalidad de mejorar la segregación de los residuos peligrosos en una empresa de servicios navales. La metodología utilizada es de tipo investigación aplicada y cuantitativa, con un diseño a nivel preexperimental; la muestra son los reportes de generación de residuos peligrosos en los años 2021 y 2022. El diagnóstico demostró que no existe una gestión correcta de residuos peligrosos ya que se tiene una media de cumplimiento del 40%; se seleccionó como residuos críticos los cilindros de aceite y pilas, los fluorescentes y baterías además debido a que permanecen en la empresa por más de un mes. Resultados. Se proyecta la cantidad de residuos disponibles con el fin de determinar el espacio del almacén temporal (29 m<sup>2</sup>) y general (59 m<sup>2</sup>); así mismo se establecieron procedimientos, registros y guías de verificación, el resultado de estos cambios disminuyó el estancamiento de residuos en un 8% y las salidas inadecuadas en un 50%; es así que se concluyó que la gestión de almacenamiento disminuye la segregación de residuos peligrosos.

**Palabras claves:** Residuos peligroso, gestión de almacenamiento, segregación, método guerchet.

**Abstract**

The objective of the research is to implement a storage management program with the purpose of improving the segregation of hazardous waste in a naval services company. The methodology used is applied and quantitative research, with a pre-experimental design; The sample is the reports of hazardous waste generation in the years 2021 and 2022. The diagnosis showed that there is no correct management of hazardous waste since there is an average compliance of 40%; Oil cylinders and batteries, fluorescent lights and batteries were selected as critical waste because they remain in the company for more than a month. Results. The amount of waste available is projected in order to determine the space of the temporary warehouse (29 m<sup>2</sup>) and general (59 m<sup>2</sup>); Likewise, procedures, records and verification guides were established, the result of these changes reduced waste stagnation by 8% and inadequate outlets by 50%; Thus, it was concluded that storage management reduces the segregation of hazardous waste.

**Keywords:** Hazardous waste, storage management, segregation, guerchet method.

**Resumo**

O objetivo da pesquisa é implementar um programa de gestão de armazenamento com a finalidade de melhorar a segregação de resíduos perigosos em uma empresa de serviços navais. A metodologia utilizada é a pesquisa aplicada e quantitativa, com desenho pré-experimental; A amostra são os relatórios de geração de resíduos perigosos nos anos de 2021 e 2022. O diagnóstico mostrou que não há uma gestão correta dos resíduos perigosos já que há uma conformidade média de 40%; Cilindros e baterias de óleo, lâmpadas fluorescentes e baterias foram selecionados como resíduos críticos por permanecerem na empresa por mais de um mês. Resultados. A quantidade de resíduos disponíveis é projetada de forma a determinar o espaço do armazém temporário (29 m<sup>2</sup>) e geral (59 m<sup>2</sup>); da mesma forma, foram estabelecidos procedimentos, registros e guias de verificação, o resultado destas alterações reduziu a estagnação de resíduos em 8% e os escoamentos inadequados em 50%; assim, concluiu-se que a gestão do armazenamento reduz a segregação de resíduos perigosos.

**Palavras-chave:** Resíduos perigosos, gestão de armazenamento, segregação, método guerchet.

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú. [darteagalu99@ucvvirtual.edu.pe](mailto:darteagalu99@ucvvirtual.edu.pe). <https://orcid.org/0000-0002-6369-8034>

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú. [rmurillo@ucvvirtual.edu.pe](mailto:rmurillo@ucvvirtual.edu.pe). <https://orcid.org/0000-0002-8672-547X>

<sup>3</sup> Escuela de Ingeniería Industrial. Magister. Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Carlos Salazar Romero. Chimbote, Perú. [ramirez@istpcsr.edu.pe](mailto:ramirez@istpcsr.edu.pe). <https://orcid.org/0000-0002-6023-5114>

## **Introducción**

En el ámbito internacional, día tras día se generan todo tipo de residuos y en especial los residuos peligrosos, esto se genera por las actividades cotidianas que realizan las personas en diversos ámbitos. Por otra parte, los residuos que se puedan generar en diversas empresas tienen una forma de tratarse como por ejemplo la reutilización de algunos residuos y también la segregación de residuos de acuerdo al peligro que estos generen. Por ello, los estudiantes de la Universidad Central de Venezuela implementaron lineamientos para la gestión de desechos y residuos, peligrosos y no peligrosos en el marco de la conformación de un campus sustentable, cuya finalidad fue formular diversas alternativas y estrategias que ayuden a mejorar la gestión de los desechos y residuos, peligrosos y no peligrosos. (Flores, 2017)

En el ámbito nacional, en la ciudad de Lima se reporta 8000 toneladas de residuos al día, todos ellos generados por 10 millones de habitantes lo que implica que cada habitante de la ciudad capital produce 0.8 kg de residuos al día. El panorama es desalentador por el tipo de residuos que genera o produce los centros de atención en salud como los residuos sólidos generados en los hospitales y los centros de salud que son considerados como residuos peligrosos por las características que presentan en toxicidad y patogenicidad es por ello que se debe de tomar medidas de control y seguridad normadas por el Decreto Legislativo N°1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Florez y Morales, 2019).

En una planta de servicios navales los residuos peligrosos que se genera a través de sus actividades tales como mantenimiento y construcción de embarcaciones navales que generan residuos como: rodillos, brochas usadas, latas de pintura, generación de grasa residual, aceite usado, mascarillas, thinner, filtros de aceite, fibra de vidrio. Es por ello necesario resolver el problema de la falta de segregación de residuos peligrosos en la gestión de almacenes, puesto que no se le da el tratamiento de forma adecuada. Así mismo, se genera desorden y contaminación internamente poniendo en peligro la salud de los trabajadores, se tiene antecedentes de accidentes, como reacción alérgica debido al contacto directo con material residual de pintura industrial en mezcla con thinner.

Además, se tiene pérdida económica por no contar con un sistema de gestión de almacén de residuos peligrosos, ya que podría generarse un ingreso monetario al tener un almacenamiento adecuado del aceite residual, de esa forma se logra una próxima venta a una empresa que necesite de dicho residuo peligroso, de tal forma se evitó condiciones de riesgo para la empresa y colaboradores, para que puedan laborar en una zona libre de contaminantes en las superficies del astillero. Por ello se desea gestionar un sistema de segregación de almacenamiento de residuos peligrosos, lo cual todo esto conlleva a tener en cuenta el insuficiente sistema de protección por parte de la empresa y la inadecuada manipulación de residuos peligrosos, impidiendo una segregación y almacenamiento adecuado Supriyadi y Hadiyanto, (2018).

Es así que la investigación se justifica socialmente, por el beneficio al empleador, trabajadores y clientes ya que se busca una mejor segregación de los residuos peligrosos protegiendo la integridad de los trabajadores cumpliendo con toda norma y protocolo que ayudó en el área de trabajo para ejercer sus labores de forma eficiente y segura. Se justifica en la práctica al mejorar la gestión de almacenamiento de segregación de residuos peligrosos y reutilizando materiales, por ello se justifica ambientalmente generando una cultura ambiental de protección del medio ambiente en el área donde se generan las actividades teniendo en cuenta los lugares que se ven afectados por una mala segregación de residuos peligrosos y hacer ver los beneficios que se pueden lograr teniendo un plan de segregación.

Los objetivos de la investigación fueron realizar una evaluación situacional, identificar los residuos peligrosos con más impacto negativo, aplicar el sistema de implementación de gestión de almacenamiento y comparar el impacto que tiene la nueva segregación de residuos peligrosos en la empresa.

## **Material y métodos**

El tipo de investigación es aplicada, porque se aplicó las teorías estudiadas respecto al tema, para implementar una gestión de almacenamiento identificando mediante determinadas herramientas que tanto influye la segregación de residuos peligrosos en la empresa. Según su nivel de investigación, es explicativa porque se detalló las causas y efectos de la implementación de gestión de almacenamientos mediante la influencia de la segregación de residuos peligrosos. Según su enfoque, es cuantitativo debido a que se centró en las mediciones numéricas y la observación del proceso para la recopilación de datos para su posterior

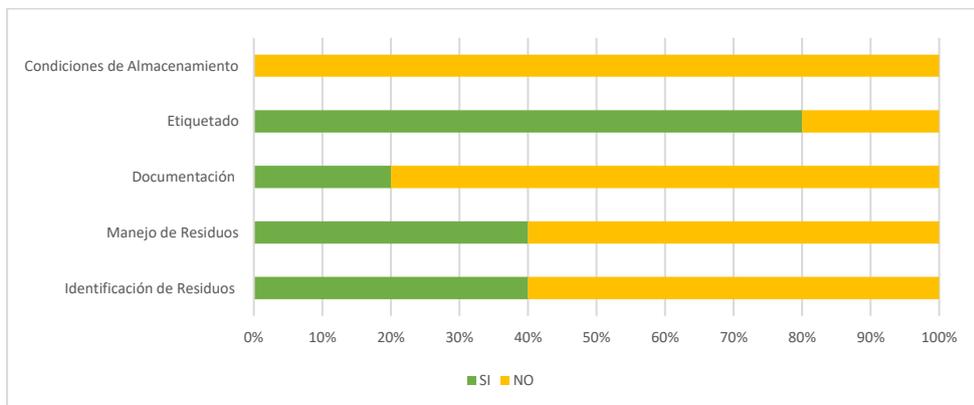
análisis y así logró dar respuesta a todas las interrogantes planteadas en la investigación. La presente investigación presentó un diseño pre experimental puesto que se logró hacer una comparación actual y posterior mediante la manipulación la variable independiente (Gestión de Almacenamiento) respecto a la variable dependiente (Segregación de residuos peligrosos).

La población en la presente investigación tiene como referencia los datos sobre la cantidad de generación de residuos en la empresa. La muestra se encuentra constituida por la generación de residuos peligrosos cada 15 días en el mes de septiembre - diciembre y enero – abril. Así mismo, en esta investigación se ha utilizado el muestreo no probabilístico por conveniencia con la finalidad de que cada valor encontrado pueda obtener la posibilidad de ser utilizado o seleccionado en el muestreo. Las técnicas de recolección de información implementadas son los check list de almacenamiento, para realizar el diagnostico situacional de la gestión de residuos; Kardex, para determinar la cantidad de residuos peligrosos generados; Lay out, con el cual decidir la distribución de almacenes; Ficha de clasificación de residuos, para reordenar el área por secciones; Diagrama de Pareto, que determina los problemas más frecuentes y Diagrama Ishikawa, para ubicar las causas. Para analizar la información se utilizó mayormente la estadística descriptiva y análisis de frecuencia; por medio del programa Excel y programa SPSS.

## Resultado

### Evaluación situacional en la planta de servicios navales

Se hizo uso de las herramientas check list para hacer la evaluación a detalle del nivel de cumplimiento de la gestión de almacenamiento que posee la empresa sobre los residuos peligrosos que maneja. Esta herramienta se dividió en cinco dimensiones las cuales son: identificación de residuos, manejo de residuos, documentación, envase y etiquetado; por último, condiciones de almacenamiento, en cada dimensión hay cinco ítems, por ende, se tiene un total de 30. La dimensión identificación de residuos, se tiene que el 40% de los ítems evaluados se cumple, y el 60% no, debido a los problemas en la clasificación por cada tipo de residuo que se genera, el área donde se almacenan las sustancias peligrosas no se encuentra identificada y no se tiene un control adecuado de la cantidad del mismo. La dimensión documentación, tiene un bajo cumplimiento 20% comparando con las demás, debido a que no cuenta con un plan de emergencia, los registros no están actualizados, no se tiene una base de datos donde se registre todos los residuos peligrosos que se puede generar y tampoco un plan de gestión. Así mismo, envase y etiquetado presenta un 80% de cumplimiento, siendo el mayor porcentaje ante las demás, sin embargo, cuenta con el problema que los envases de las sustancias peligrosas no son correctamente cerrados cuando no se están utilizando. Finalmente, la dimensión condiciones de almacenamiento no cumple con ninguno de los ítems evaluados, los problemas identificados son que los residuos no se encuentran señalizados según su clasificación, los productos no están almacenados de forma ordenada, no se cuenta con un procedimiento de orden y limpieza, no se cumple con la distancia mínima entre las sustancias peligrosas y los muros interiores.



**Figura 1.** Porcentaje cumplimiento por dimensión

Se procede a analizar la generación de residuos para cada proceso de la empresa como se puede observar existen diferentes proyectos que necesitan materiales durante los 4 meses analizados; para el mes de

setiembre encontramos grandes cantidades de residuos en lo que respecta a los cilindros de aceite, esto se da principalmente a que se reemplaza el aceite de los equipos los cuales son enviados y gestionados directamente en el almacén. Para el mes de octubre se mantiene una gran cantidad de residuos de aceite para los distintos trabajos realizados y mantenimiento de los equipos, así mismo se ven grandes cantidades de arena. Durante el mes de noviembre la cantidad de residuos por el proceso de arenado aumento significativamente siendo el primero de la lista, esto se debe al poco control de este elemento en el proceso y procesos secundarios que permitan su correcto tratamiento. Para el mes de diciembre la cantidad de aceite consumido aumentó, esto se debe principalmente a los mantenimientos preventivos programados que generan cambios en los sistemas de aceite.

**Tabla 1.**

*Generación de residuos en los procesos, setiembre - diciembre 2021*

		Und	Residuo (kg)				Suma
			Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Pintado	Thinner	Lt	93	30	67	57	247
	Trapos	Und	2	4	2	4	12
	Latas de pintura	Und	59	13	18	82	172
	Brocha y rodillo de pintura	Und	25	78	126	138	367
	Batería	Und	20	80	120	20	240
	Epp	Und	5	5	10	9	29
Calderería y soldadura	Fibra de vidrio	Kg	180	222	240	133	775
	Cilindro de aceite	Und	448	747	299	300	1794
	Filtro de aceite	Und	12	16	13	5	46
	Batería	Und	60	0	40	60	160
	Epp	Und	11	14	13	10	48
Izaje	Cilindro de aceite	Und	149	0	149	447	745
	Filtro de aceite	Und	1	3	0	12	16
	Batería	Und	0	0	0	0	0
	Epp	Und	6	1	0	6	13
Arenado	Arena	Kg	346	367	363	268	1344
	Batería	Und	60	0	60	80	200
	Epp	Und	18	32	19	12	81
Suma			1495	1612	1539	1643	6289

**Fuente:** Registro de producción de la empresa

### Identificación de los residuos peligrosos con más impacto negativo

Teniendo en cuenta los resultados que se obtuvo por medio del check list y los residuos generados, se planeta elaborar un análisis a través de la herramienta Pareto, para ello se determina los problemas más comunes y frecuentes que presenta la empresa en cada día de laboral. Esto se realiza, haciendo uso del registro el cual fue utilizado durante el mes de enero, luego todo el historial de los problemas identificados se clasifica de acuerdo a la frecuencia que se presentó en el tiempo evaluado; sumado a esto se tiene el peso por cada uno, dado que algunos poseen más impacto en comparación de los otros. Es así que, analizando todos estos puntos y haciendo algunos cálculos, se concluye que los siete primeros problemas son los más importantes y puede presentar mayor consecuencia negativa en la eficiencia de la empresa, además representan el 80% del total.

**Tabla 2.**

*Tabla Pareto*

Nº	Problema	Frecuencia Nº	Peso (1 al 5)	Total	%	Acumulado %
1	Errores de picking	25	5	125	14,17	14,17
2	Falta de trazabilidad	23	5	115	13,04	27,21
3	Uso inadecuado de EPP	21	5	105	11,90	39,12
4	Inventario desactualizado	22	4	88	9,98	49,09
5	Retraso en los procesos	20	5	100	11,34	60,43
6	Señalización deficiente del almacén	18	3	54	6,12	66,55
7	Inspecciones ineficientes	19	4	76	8,62	75,17
8	Falta de espacio	15	4	60	6,80	81,97
9	Errores en la manipulación de la mercancía	14	2	28	3,17	85,15
10	Errores al identificar algunos productos	12	2	24	2,72	87,87
11	Falta de conocimiento de las ubicaciones	9	2	18	2,04	89,91
12	Falta de información en tiempo real	9	2	18	2,04	91,95
13	Errores del personal nuevo	8	3	24	2,72	94,67
14	Rutas y recursos humanos poco optimizados	5	2	10	1,13	95,80

15	Errores del personal antiguo	5	3	15	1,70	97,51
16	Falta de comunicación entre las áreas	4	2	8	0,91	98,41
17	Demora en entrega de material	3	2	6	0,68	99,09
18	Errores documentarios	2	2	4	0,45	99,55
19	Falta de Herramientas	2	1	2	0,23	99,77
20	Daño al trabajador	2	1	2	0,23	100,00

De acuerdo a los problemas identificados por medio del análisis de Pareto, los cuales fueron siete, se procedió a realizar una evaluación por medio del diagrama de Ishikawa, para encontrar las causas raíces que originan a cada uno de ellos. Entre las causas que más destacan son la falta de capacitación del personal y alta dirección, desorganización de los trabajadores, falta de conocimiento de los productos, falta de un lugar de almacén para los residuos peligrosos, no hacer un correcto registro de los productos y deficiencias en la comunicación. Además, no se cuenta con los registros adecuados para un proceso de almacenaje.

Para entender el impacto negativo de los residuos peligrosos en la empresa se mide la gestión dentro de los almacenes y su disposición final, como se puede observar existe un gran porcentaje de residuos que se disponen por el medio normal, cuando son residuos que se deben gestionar de manera especial, en el siguiente cuadro se muestra que solo el 35% de los residuos especiales son gestionados adecuadamente en su segregación final; esto no solo afecta al ambiente el cual está siendo dañado frecuentemente sino que también presenta un desperdicio de recursos que pueden ser aprovechados como material reciclable. Así mismo encontramos porcentajes preocupantes de residuos peligrosos no registrados, en especial la arena residual la cual tiene un 19% no registrado esto ocasionado por la falta de un manejo adecuado en el transporte y almacenamiento; así mismo el aceite residual también tiene una gran cantidad no registrada por las posibles fugas que contaminan los suelos durante el tiempo de almacenamiento.

**Tabla 3.**  
 Manejo de residuos en el almacén, setiembre - diciembre

		Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				%		
		E	SA	SI	NR	E	SA	SI	NR	E	SA	SI	NR	E	SA	SI	NR	SA	SI	NR
Residuo Corrosivo	Fibra de vidrio	143	51	79	13	229	84	124	21	167	59	90	17	140	50	77	13	36	55	9
	Arena residual	283	88	138	56	296	95	143	58	341	77	120	144	277	92	126	59	29	44	27
Residuo Inflamable	Thinner	13	5	7	1	25	22	2	1	7	3	4	0	12	5	6	1	59	36	5
	Aceite residual	390	138	207	44	548	263	280	5	464	162	221	82	847	309	443	96	39	51	10
	Cilindro de aceite	81	30	50	1	27	11	16	0	90	34	54	2	45	15	30	0	37	62	1
	Trapos de Thinner	2	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	0	1	0	1	0	37	58	5
Residuo Tóxico	Filtro de aceite	13	5	8	0	16	6	10	0	5	2	3	0	8	3	5	0	38	62	0
	Batería	120	48	71	1	120	42	77	1	260	108	148	4	300	123	173	4	40	59	1
	Latas de pintura	19	8	11	0	30	13	18	0	32	13	19	0	16	7	9	0	41	58	1
	Brocha y rodillo de pintura	38	14	24	0	0	0	0	0	9	4	5	0	27	11	15	0	40	60	1
	Epp contaminado	30	12	17	0	31	13	18	0	34	14	20	0	37	15	22	0	40	59	1
<b>Suma</b>	1131	401	614	117	1325	549	689	88	1413	477	686	250	1710	629	908	173				
<b>%</b>		35%	54%	10%		41%	52%	7%		34%	49%	18%		37%	53%	10%	37%	52%	11%	

E= Entrada (Kg), SA= Salida Adecuada (Kg), SI=Salida inadecuada (Kg), NR= No registrado (kg)

**Fuente:** Formato Kardex de la empresa

Con los datos obtenidos de la producción y del almacén se procede a calcular el tiempo promedio que permanece un residuo peligroso en el almacén, esto resulta complicado ya que no existen registros específicos para calcular estos movimientos y debido al mal ordenamiento en los almacenes y los espacios productivo muchos de estos elementos permanecen más de 2 meses en un almacenamiento inadecuado. La diferencia que resulta en un numero positivo demuestra que existe material que permanecerá un mes en el área productiva porque no ha sido transportado para su disposición; caso contrario si resulta en un número negativo se puede inferir que existe material que ha estado más de un mes en el área productiva ya que sobrepasa lo generado en un mes en donde el sobrante es de producciones anteriores. Para tener una gestión eficiente es necesario que la diferencia sea muy cercana a 0, pero se recomienda que se reduzca a menos de 10 kg por mes y que las cantidades negativas prácticamente desaparezcan con una excelente planificación de almacenes temporales.

**Tabla 4.**  
 Periodo promedio que permanecen los residuos en la empresa, setiembre - diciembre

		Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		RP	EA	D	T	RP	EA	D	T	RP	EA	D	T	RP	EA	D	T
Residuo Corrosivo	Fibra de vidrio	180	143	37	Un mes	222	229	-7	Mas de un mes	240	167	73	Un mes	133,0	140	-7	Mas de un mes
	Arena residual	346	283	63	Un mes	367	296	71	Un mes	363	341	22	Un mes	268,0	277	-9	Mas de un mes
Residuo Inflamable	Thinner	93	13	80	Un mes	30	25	5	Un mes	67	7	60	Un mes	56,8	12	45	Un mes
	Aceite residual	560	390	170	Un mes	700	548	152	Un mes	420	464	-44	Mas de un mes	700,0	847	-147	Mas de un mes
	Cilindro de aceite	37	81	-44	Mas de un mes	47	27	20	Un mes	28	90	-62	Mas de un mes	46,5	45	2	Un mes
	Tropos de thinner	2	2	0	Mas de un mes	4	2	1	Un mes	2	2	0	Mas de un mes	3,6	1	2	Un mes
Residuo Tóxico	Filtro de aceite	13	13	0	A tiempo	19	16	3	Un mes	13	5	8	Un mes	17,4	8	9	Un mes
	Bateria	140	120	20	Un mes	80	120	-40	Mas de un mes	220	260	-40	Mas de un mes	160,0	300	-140	Mas de un mes
	Latas de pintura	59	19	41	Un mes	13	30	-17	Mas de un mes	18	32	-14	Mas de un mes	82,4	16	67	Un mes
	Brocha y rodillo de pintura	25	38	-13	Mas de un mes	78	0	78	Un mes	126	9	117	Un mes	137,6	27	111	Un mes
	Epp contaminado	40	30	10	Un mes	52	31	21	Un mes	41	34	7	Un mes	36,9	37	0	Mas de un mes
	Total	1494	1131			1610	1324			1538	1412			1642	170	9	
%	24%				18%				8%				-4%				

RP=Residuo del proceso (Kg), EA=Entrada al almacén (Kg), D=Diferencia (kg), T=Tiempo

Fuente: Formato Kardex de la empresa

### Aplicar el sistema de implementación de gestión de almacenamiento de residuos peligrosos

Para iniciar con la mejorar de la gestión de residuos peligrosos se procede a realizar una evaluación de la generación de residuos por medio de una proyección, es por ese motivo que se exploran 2 tipos de proyecciones la lineal y la exponencial con el fin de asegurar el número de residuos que están fluyendo dentro de la empresa con más seguridad. Tomando en cuenta el R2 y el nivel de error presentado en el siguiente cuadro se seleccionan el tipo de proyección aplicada a cada material peligroso; estos puntos se van a archivar en el sistema para ejecutar una nueva proyección cuando se desees ya que la generación es cambiante en función a la efectividad del trabajo.

**Tabla 5.**  
 Desarrollo de los residuos proyectados, setiembre y diciembre

Residuo	Material	Lineal			Exponencial		
		Ecuación	R <sup>2</sup>	Error	Ecuación	R <sup>2</sup>	Error
Residuo Corrosivo	Fibra de vidrio	$y = -3,55x + 183,95$	0,0492	18,5%	$y = 179,45e^{(-0,019x)}$	0,0434	17,0%
	Arena residual	$y = 1,35x + 293,85$	0,0145	6,3%	$y = 293,68e^{(0,0039x)}$	0,0139	6,2%
Residuo Inflamable	Thinner	$y = -1,0068x + 18,35$	0,117	49,3%	$y = 17,235e^{(-0,071x)}$	0,1027	40,6%
	Aceite residual	$y = 64,422x + 304,64$	0,6871	16,8%	$y = 349,28e^{(0,1082x)}$	0,7363	15,4%
	Cilindro de aceite	$y = -2,25x + 69,75$	0,0382	55,8%	$y = 61,012e^{(-0,028x)}$	0,0391	49,8%
	Tropos de thinner	$y = -0,116x + 2,384$	0,4184	19,5%	$y = 2,5043e^{(-0,073x)}$	0,3651	19,6%
Residuo Tóxico	Filtro de aceite	$y = -1,34x + 16,08$	0,5	46,0%	$y = 16,614e^{(-0,132x)}$	0,4866	39,9%
	Bateria	$y = 34x + 64$	0,8758	24,5%	$y = 90,509e^{(0,1761x)}$	0,8829	24,3%
	Latas de pintura	$y = -0,345x + 25,605$	0,0113	33,3%	$y = 25,332e^{(-0,023x)}$	0,0074	32,1%
	Brocha y rodillo de pintura	$y = -1,2x + 23,3$	0,0325	73,1%	-	-	-
	Epp contaminado	$y = 1,2x + 28,2$	0,96	5,1%	$y = 28,469e^{(0,0361x)}$	0,9705	5,2%
Residuo	Material	Lineal			Exponencial		
		Ecuación	R <sup>2</sup>	Error	Ecuación	R <sup>2</sup>	Error
Residuo Corrosivo	Fibra de vidrio	$y = -3,075x + 56,125$	0,111	20,4%	$y = 58,138e^{(-0,083x)}$	0,0898	20,0%
	Arena residual	$y = -5,95x + 98,875$	0,4416	8,9%	$y = 101,22e^{(-0,078x)}$	0,4084	9,0%
Residuo Inflamable	Thinner	$y = -1,747x + 19,77$	0,1207	41,0%	$y = 16,772e^{(-0,065x)}$	0,1329	39,1%
	Aceite residual	$y = 3,5x + 140$	0,0182	18,5%	$y = 140e^{(0,0159x)}$	0,0188	18,4%
	Cilindro de aceite	$y = 0,2325x + 9,3$	0,0182	24,0%	$y = 9,3e^{(0,0159x)}$	0,0188	22,7%
	Tropos de thinner	$y = 0,092x + 0,46$	0,2616	12,9%	$y = 0,46e^{(0,1443x)}$	0,2574	12,7%
Residuo Tóxico	Filtro de aceite	$y = 0,1675x + 3,5175$	0,098	32,3%	$y = 3,4765e^{(0,0451x)}$	0,0964	30,7%
	Latas de pintura	$y = 1,865x + 6,1563$	0,0842	108,9%	$y = 5,9254e^{(0,132x)}$	0,1196	82,8%
	Brocha y rodillo de pintura	$y = 9,66x - 1,3$	0,9414	15,6%	$y = 4,656e^{(0,5622x)}$	0,7864	26,5%
	Epp contaminado	$y = -0,4725x + 11,813$	0,1322	9,8%	$y = 11,775e^{(-0,044x)}$	0,1217	9,6%

Fuente: Formato Kardex de la empresa

Con las proyecciones seleccionadas se procede a realizar un seguimiento de las cantidades para los meses de enero – abril, es de esa forma que se pueden calcular los espacios requeridos para estos meses ya que se

calcula por medio de un promedio la necesidad del sistema de almacenamiento; cabe señalar que este espacio es preciso para los materiales y no se considera transporte, pasillos y gestión.

**Tabla 6.**

*Proyección enero - abril y necesidades de espacio*

Almacén temporal (Necesidades)	Ene	Feb	Marzo	Abril	Prom	Total por materiales (kg)	Area utilizada (m2/kg)	Area total	Total por materiales (m2)	
Residuo Corrosivo	Fibra de vidrio	38	35	33	30	34	0,04	1,34	2,09	
	Arena residual	69	63	57	51	60	0,01	0,75		
Residuo Inflamable	Thinner	12	11	11	10	11	0,06	0,69	1,27	
	Aceite residual	152	154	156	159	155	<200 kg = 0,28 m2	0,28		
	Cilindro de aceite	10	10	10	11	10	<12 kg = 0,28 m3	0,28		
	Trapos de thinner	1	1	1	1	1	0,02	0,02		
	Filtro de aceite	4	5	5	5	5	0,04	0,19		
Residuo Tóxico	Batería	50	58	66	77	63	0,005	0,31	6,81	
	Latasa de pintura	11	13	15	17	14	0,11	1,57		
	Brocha y rodillo de pintura	47	57	66	76	61	0,0625	3,84		
	Epp contaminado	9	9	9	8	9	0,1	0,89		
Almacén		Ene	Feb	Mar	Abr	Prom	Total por materiales (kg)	Area utilizada (m2/kg)	Area total	Total por materiales (m2)
Residuo Corrosivo	Fibra de vidrio	163	160	157	154	159	460	0,04	6,22	9,99
	Arena residual	299	301	302	303	301		0,01	3,77	
Residuo Inflamable	Thinner	12	11	10	10	11	774	0,06	0,68	3,23
	Aceite residual	600	669	745	830	711		<200 kg = 0,28 m2	1,12	
	Cilindro de aceite	53	52	50	49	51		<12 kg = 0,28 m3	1,40	
	Trapos de thinner	2	2	2	1	2		0,02	0,03	
	Filtro de aceite	9	8	7	6	7		0,04	0,30	
Residuo Tóxico	Batería	218	260	310	370	290	370	0,01	1,45	8,74
	Latasa de pintura	23	22	22	21	22		0,11	2,42	
	Brocha y rodillo de pintura	17	16	15	14	16		0,06	0,97	
	Epp contaminado	34	35	37	38	36		0,10	3,60	

**Fuente:** Formato Kardex de la empresa

Por lo mencionado anteriormente, se hace necesario calcular el espacio de trabajo para este almacenamiento de tal forma en que se puedan movilizar con cuidado estos elementos, es por ello que se seleccionan las unidades de almacenamiento, que para el caso del almacén temporal es de 4 pallet y 1 estantería. En lo que respecta al almacén general se encuentra 12 pallet utilizados y 1 estantería esto se debe principalmente a que el almacenamiento en este punto se puede realizar en más de un mes, debido a que es el periodo de recojo de residuos peligrosos para esa área que puede costear la empresa.

**Tabla 7.**

*Cálculo de unidades de almacenamiento*

Materiales	Tipo de almacenamiento	Dimensiones		Área	Niveles	Área total (m2)	Capacidad (kg)	Numero	Número real
		L	A						
<b>Almacén temporal</b>									
Residuo Corrosivo	Pallet	1	1,2	1,2	1	1,2	1200	1,74	2,00
Residuo Inflamable	Pallet	1	1,2	1,2	1	1,2	1200	1,06	2,00
Residuo Tóxico	Estantería	2	1,5	3	4	12	1200	0,57	1,00
<b>Almacén general</b>									
Residuo Corrosivo	Pallet	1	1,2	1,2	1	1,2		1200	8,32
Residuo Inflamable	Pallet	1	1,2	1,2	1	1,2		1200	2,69
Residuo Tóxico	Estantería	2	1,5	3	4	12		1200	0,73

**Fuente:** elaboración propia

Aun así, existen recojo en un periodo más corto los cuales son los relacionados a la reventa o recarga de algunos elementos; esta diferencia de periodos es vital para formar un pequeño espacio de amortiguamiento por si se excede la generación estimada; de ese modo se evita un que se segreguen residuos en espacios que no están preparados para el almacenamiento de estos residuos

**Tabla 8.**

*Cálculo de espacios de almacenamiento – Método Guerchet (m<sup>2</sup>)*

	Dimensiones		Ss	n	Sg	K			Se	St	Almacén temporal		Almacén	
	L	A				h1	h2	k			N	ST	N	ST
	Pallet (cara 1)	1				1,2	1,2	1			1,2	0,15	1,1	0,1
Pallet (cara 2)	1	1,2	1,2	2	2,4	0,15	1,1	0,1	0,2	3,8	4	15	9	35
Estantería	2	1,5	3	2	6	2,2	2	0,6	5,0	14,0	1	14	1	14
<b>TOTAL</b>											29		56	

**Fuente:** elaboración propia

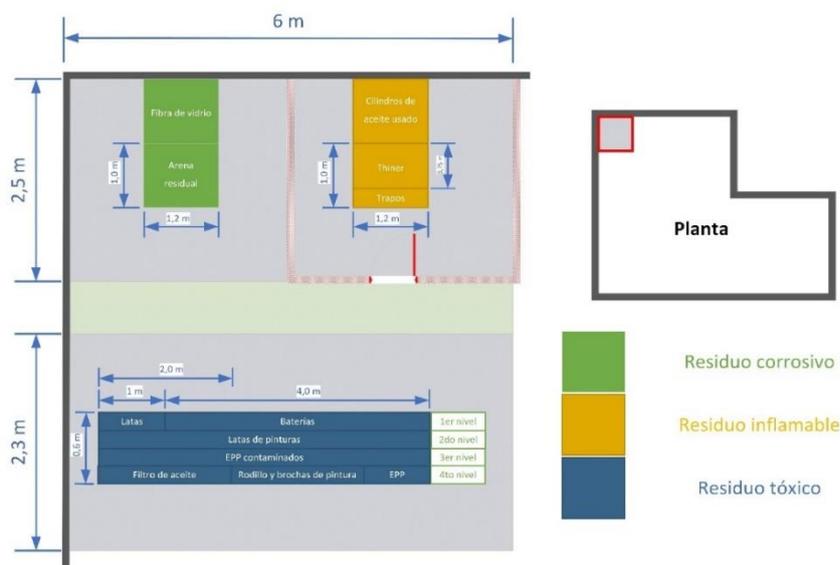
Aunque los elementos van a estar separados por tipo de residuo peligroso, se hace necesario una evaluación de relaciones para calcular el ordenamiento dentro de cada espacio de almacenamiento asignado para estos

elementos, en especial el almacén general que va a manejar grandes cantidades. Bajo estos conceptos se encuentra una gran cantidad de relaciones entre los distintos materiales, así mismo hay que tener en cuenta que algunos materiales peligrosos deben ser alejados los más posibles de otros, dado que algunos son inflamables y los otros son propensos a propagar el fuego debido a su densidad; así mismo encontramos elementos que pueden generar chispas y deben ser alejados de aquellos inflamables, evitar este contacto es crucial para asegurar que se produzcan accidentes con consecuencias catastróficas.

**Tabla 9.**  
 Diagrama de relaciones

	Residuo Corrosivo		Residuo Inflamable				Residuo Tóxico				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Fibra de vidrio		U	O	U	X	O	U	X	O	O	O
2 Arena residual			O	O	O	X	X	X	U	X	X
3 Thinner				I	O	I	O	X	O	O	U
4 Aceite residual					E	U	I	X	O	U	U
5 Cilindro de aceite						U	U	X	U	U	U
6 Trapos de thinner							O	U	O	O	O
7 Filtro de aceite								U	U	O	O
8 Batería									U	U	U
9 Latas de pintura										I	O
10 Brocha y rodillo de pintura											I
11 Epp contaminado											

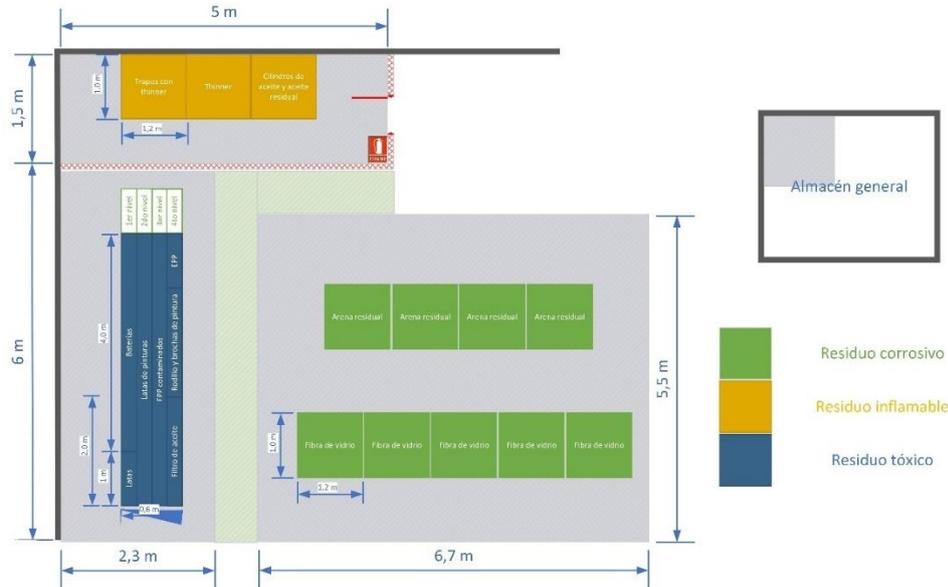
Para culminar con el estudio de los espacios se procede a utilizar el programa ALDEP, para la ayuda en la toma de decisiones ya que muestra una guía grafica en cómo deben estar ubicados. Bajo estos puntos se diseña un espacio para el almacén temporal de productos peligrosos; debido a la cantidad de recursos se ubica los productos inflamables cerca del almacén general para evitar un transporte dificultoso que pueda segregar líquidos peligrosos en los suelos; los residuos tóxicos se encuentran en un punto más cercano al área operativa debido a que su rotación es más rápida por lo que no debe encontrarse varios obstáculos en el camino; por ultimo los residuos corrosivos son los más pesados y difíciles de manejar por lo que se asignó un área que evita la contaminación a otras áreas durante su almacenamiento, lo cual es vital ya que actualmente su almacenamiento no es el adecuado y permite una contaminación cruzada a toda la instalación.



**Figura 2.** Distribución de almacén temporal

Con respecto al almacén general se distribuye el espacio de manera uniforme, como se puede observar se necesita una gran cantidad de espacio para almacenar todos los residuos peligrosos durante un mes de trabajo ya que como se mencionó anteriormente su disposición se realiza una vez por mes; aun así se debe indicar que existen muchas salidas especiales que se realizan con más frecuencia las cuales son muy beneficiosas para la empresa ya que generan un ingreso agregado o disminuyen los costos; del diseño

seleccionado se prestó especial intención a los residuos corrosivos ya que tienen una gran cantidad y debido a su naturaleza deben controlarse para que no contaminen los alrededores por lo que es necesario una continua limpieza.



**Figura 3.** Distribución de almacén general

Para continuar se establece una guía de cómo manejar cada tipo de residuo peligroso de tal forma que se refuerce las operaciones mencionadas anteriormente en función al tipo de producto que se está manejando ya que dependiendo de ello el manejo y almacenamiento puede ser diferente. El diseño de estas guías se divide en 4 puntos, de tal forma que se entiendan correctamente el manejo de cada material, así mismo como se puede observar se dividen por cada tipo de material. Para los residuos tóxicos se dividen en 2 figuras ya que existe gran cantidad de tipos de residuos que se generan en la empresa, para asegurar su cumplimiento se repartirá y capacitará a cada una de las áreas en base a estos elementos. Se dejó disponible esta información en el almacén de residuos peligrosos y almacén general para facilitar su consulta en cualquier momento, hay que señalar que las responsabilidades de los operarios son muy limitadas por ello que se simplifica la información

El siguiente paso para la implementación de la gestión de registros peligrosos se procede a diseñar nuevos registros para el control de la entrada y salida de materiales dentro de la planta y de los procesos, con el fin de formar una cultura que evite desperdiciar y manejar correctamente los residuos producidos. Otro de los registros creados son los relacionados con la entra y salida de materiales peligrosos dentro del almacén, ya que anteriormente la empresa no contaba con este tipo de registro por lo cual no se manejaba correctamente los residuos generados mensualmente. El último registro diseñado se refiere al control de costos un registro muy importante ya que existen residuos que generan ingresos para la empresa; lo cual puede amortizar la inversión realizada por la empresa en materia de manejo de residuos peligrosos.

Por último, con el check list creado se establece un cronograma de inspección para las áreas de la empresa con una frecuencia en función a la cantidad de residuos que genera cada una de ellas.

**Tabla 10.**  
 Determinación del número de verificaciones

	Cantidad (kg)					%	Numero de verificaciones planeadas al mes
	set	oct	nov	dic	Total		21
Pintado	204	210	343	310	1067	17	4
Calderería y soldadura	711	999	605	508	2823	45	9
Izaje	156	4	149	465	774	12	3
Arenado	424	399	442	360	1625	26	5

### Comparación del impacto que tiene la nueva segregación de residuos peligrosos

Con la nueva distribución y procedimientos para el control de residuos peligrosos, se establece una evaluación de entradas y salidas; en la Tabla 11 los residuos que quedan en el taller limitándose en la mayoría de los casos a menos de 10 kg al mes; esto se debe principalmente a que existe un lugar específico para su almacenamiento. Los resultados mostraron que solo existe un 2% en promedio de residuos que quedan en el proceso; para seguir reduciendo este punto es necesario mantener el seguimiento actual de recursos esto ocasiona que las actividades no sean un peso innecesario sino sea una actividad netamente parte del proceso y como tal debe cumplirse siempre; de ese modo se obtendrán más entregas a totales y a tiempo de residuos peligrosos, que para los meses de aplicación solo se obtuvo una sola vez. En comparación con el periodo anterior al estudio encontramos una mejora significativa ya que pasa de un 11% de residuos no procesados a un 2%; así mismo muchos de ellos quedan en más de 2 meses para ser recogidos en cambio con la distribución actual se recogen el mismo mes que se generan; un ejemplo de ello son los Cilindro de aceite los cuales se tenían un 54% de residuos que no se recogieron en más de 2 meses; actualmente solo se llega a un 3% que se recogen en un solo mes luego de haberse generado.

**Tabla 11.**

Comparativa de la disposición de residuos en el proceso (kg)

		Después			Antes		
		Total generado	Total Recibido	%	Total generado	Total Recibido	%
Residuo Corrosivo	Fibra de vidrio	986	966	2	775	679	12
	Arena residual	1702	1660	2	1344	1197	11
Residuo Inflamable	Thinner	164	159	3	246,44	57,29	77
	Aceite residual	1819	1777	2	2380	2249,292	5
	Cilindro de aceite	121	118	2	158,1	243	-54
	Trapos de thinner	5	5	3	11,04	7,68	30
Residuo Tóxico	Filtro de aceite	59	57	3	62,98	42,88	32
	Batería	380	369	3	600	800	-33
	Latas de pintura	195	191	2	173,1	96,9	44
	Brocha y rodillo de pintura	154	151	2	365,6	74	80
	Epp contaminado	120	118	1	170,1	132	22
<b>Total</b>		<b>5706</b>	<b>5572</b>	<b>2</b>	<b>6319,14</b>	<b>5638,122</b>	<b>11</b>

**Fuente:** Registro de producción de la empresa

En tanto a la salida de recursos se puede notar una gran mejora ya que se disponen de manera adecuada, esto se debe a que existe un espacio adecuado para el almacenamiento de los residuos por un mes y que está separado de los residuos generales; de ese modo se puede asegurar la clasificación sin errores y evitar que se dispongan de la misma manera; bajo estos cambios se expresa una disminución de los productos no registrados, que en muchas ocasiones por estar expuestos al ambiente u otros elementos extiende la contaminación. Se encuentra una disminución del 50% en las salidas inadecuadas de los residuos peligrosos y una disminución del 9% en los residuos que no están registrados; esto permite que se disminuyan las segregaciones de residuos peligrosos en el exterior porque no entran en contacto con otros residuos que puede generar una contaminación indirecta, protegiéndose la contaminación en los suelos.

**Tabla 12.**

Comparación de segregación de residuos (%)

		% Después			% Antes		
		Salida Adecuada	Salida inadecuada	No registrado	Salida Adecuada	Salida inadecuada	No registrado
Residuo Corrosivo	Fibra de vidrio	97,6	1,8	1,6	36,0	54,6	9,4
	Arena residual	97,8	1,5	1,1	29,4	44,0	19,1
Residuo Inflamable	Thinner	96,9	2,3	1,5	24,4	35,5	3,5
	Aceite residual	96,9	2,5	1,9	35,2	51,2	13,7
	Cilindro de aceite	96,8	2,2	2,0	37,2	61,5	1,4
	Trapos de thinner	95,9	2,7	2,5	37,3	57,5	5,1
Residuo Tóxico	Filtro de aceite	96,4	3,0	2,1	38,0	61,6	0,4
	Batería	97,5	1,7	1,7	40,2	58,6	1,2
	Latas de pintura	97,0	2,0	1,9	41,2	57,8	1,0
	Brocha y rodillo de pintura	97,3	2,1	1,4	39,5	60,0	0,5
	Epp contaminado	97,6	1,1	2,0	40,2	58,9	0,9
<b>Total</b>		<b>97,4</b>	<b>2,0</b>	<b>1,5</b>	<b>35,1</b>	<b>52,0</b>	<b>11,0</b>

**Fuente:** Formato Kardex de la empresa

## **Discusión**

Se procedió a usar la herramienta check list con el fin de evaluar a detalle del nivel de cumplimiento de la gestión de almacenamiento que posee la empresa sobre los residuos peligrosos que maneja, dicha herramienta se dividió en cinco dimensiones las cuales fueron identificación de residuos donde el porcentaje de cumplimiento fue del 40%; de igual forma para el manejo de residuos; en la dimensión de documentación se cumple mínimamente con el 20%, envase y etiquetado con el 80%; por último, condiciones de almacenamiento no cumple con ninguno de los ítems evaluados. Se coincide con Galaviz et al. (2019), dado que en su trabajo de investigación también se aplicó una herramienta de diagnóstico, en este caso fue un cuestionario y un check list con el objetivo de analizar el manejo de residuos peligrosos, donde se obtuvo que el 43% de talleres no posee un almacén temporal, el 39% no cuenta con un registro oficial ante las autoridades como generadores de residuo, y el 43% genera más de 100 kg de residuos peligrosos mensual, por último el 19% de estos generan aceites gastados; ambas investigaciones llegan a un punto en común que no se está cumpliendo debidamente con la gestión de los residuos dentro de la empresa. Luego, se aplicó un registro de generación de residuos de salida y entrada durante 4 meses; es así que para el mes de septiembre se encontró grandes cantidades de residuos en lo que respecta a los cilindros de aceite; en el mes de octubre se mantuvo una gran cantidad de residuos de aceite para los distintos trabajos realizados y mantenimiento de los equipos, así mismo con respecto a la arena; durante el mes de noviembre la cantidad de residuos por el proceso de arenado aumentó significativamente siendo el primero de la lista; para el mes de diciembre la cantidad de aceite consumidos aumentó, esto se debe principalmente a los mantenimientos preventivos; Quispe (2020) de evaluó la generación porcentual de Residuos Líquidos Peligrosos generados durante dos semestres del 2018 en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ucayali, es entonces que en el Laboratorio de Química General generó un porcentaje del 74.22%, seguidamente el laboratorio de Química 12.46%, Laboratorio de Suelos 9.76%, Laboratorio de Biología 2.48%, Laboratorio de Microbiología y Parasitología con 1.08%; las dos investigaciones destacan la gran cantidad de residuos peligrosos que se produce dentro de la organización y su aumentó con el pasar del tiempo sin darle una adecuada solución.

Se inició utilizando la herramienta Pareto teniendo en cuenta los resultados que se obtuvo por medio del check list y los residuos generados, para ello se determinó los problemas más comunes y frecuentes que presenta la empresa y se tuvo como resultado que los siete primeros problemas son los más importantes y puede presentar mayor consecuencia negativa en la eficiencia de la empresa, además representan el 80% del total, se puede mencionar errores de picking, falta de trazabilidad, uso inadecuado de EPP e inventario desactualizado, entre otros; con el mismo instrumento empleado García et al. (2019), estableció los pesos para cada problema que afectan el desempeño de la gestión de almacenes en el almacén del Hospital, entre los más destacados son deficiente sistema de estimulación del personal, violación de las normas contables y control interno, incorrecta gestión de mantenimiento, fallos en el registro de la información, falta de capacitación en temas de gestión de almacenes y la falta de control en el registro de devoluciones; entonces se puede afirmar que se hizo uso correctamente del instrumento dado que se logró priorizar los problemas y es lo que ambos autores en sus investigaciones deseaban para poder dar soluciones.

Se realizó una evaluación por medio del diagrama de Ishikawa, para encontrar las causas raíces que originan los problemas antes descritos, entre las causas que más destacan son la falta de capacitación del personal y alta dirección, desorganización de los trabajadores, falta de conocimiento de los productos, falta de un lugar de almacén para los residuos peligrosos, no hacer un correcto registro de los productos y deficiencias en la comunicación; además, no se cuenta con los registros adecuados para un proceso de almacenaje. De la misma forma lo realizó el autor García et al. (2019), donde el equipo de expertos y directivas de las áreas del hospital involucradas, procedieron a determinar las causas raíces de sus problemas que provocan una inadecuada gestión de almacenes del centro hospitalario, entre ellas se encuentran falta de planificación, inexistencia de planes de capacitación que se coincide con la presente investigación, no hay procedimientos establecidos, herramientas inadecuadas para la evaluación y no se toma en cuenta las quejas de los clientes; es entonces que en ambas investigaciones de los autores se enfocan en buscar las causas raíces de los problemas de cada empresa para que a partir de ello se pueda establecer instrumentos y técnicas para dar solución a los problemas generales.

Por medio del instrumento de Kardex de residuos peligrosos durante los meses de setiembre a diciembre; se logró organizar dicha información donde se obtuvo que existe un gran porcentaje de residuos que se

disponen por el medio normal, cuando se deben gestionar de manera especial, solo el 35% de los residuos especiales son gestionados adecuadamente, hay residuos peligrosos no registrados, como la arena residual la cual tiene un 19% y el aceite residual, adicionalmente con los datos obtenidos se calculó el tiempo promedio que permanecen en el almacén, el cual es más de 2 meses; se tiene un resultado similar con Gonzales Vargas (2015) ya que en su investigación detalla la manera en cómo se trata los residuos, los desechos sólidos son arrojados en contenedores comunes, pero en su mayoría no se cumple con lo establecido en el Código de colores, así mismo los depósitos no cuentan con rótulos de identificación, además tanto los residuos químicos, electrónicos e industriales no se trasladan de forma correcta a su centro de almacenaje.

Se realizó una evaluación de la generación de residuos por medio de una proyección tomando en cuenta el Kardex, es por ese motivo que se exploran 2 tipos de proyecciones la lineal y la exponencial, tomando en cuenta el R2 y el nivel de error se seleccionaron el tipo de proyección aplicada a cada material peligroso, con las proyecciones seleccionadas se procedió a realizar un seguimiento de las cantidades para los meses de enero – abril del 2022, con el objetivo de lograr calcular los espacios requeridos para estos meses dado que se calcularon a través de un promedio la necesidad del sistema de almacenamiento; por el contrario Romero-Esquivel y Acuña-Piedra (2020) en su trabajo de investigación menciona que se realizó una proyección desde el año 2015 al 2019 de los residuos peligrosos por medio de la Contraloría Ambiental, donde los residuos gestionados en mayor cantidad fueron aceites lubricantes (9.218 toneladas); seguido por sólidos contaminados con impurezas nocivas (4.400 toneladas); y luego tercero, pintura, solvente y residuos de lodos producidos por actividades de pintura, revestimiento y limpieza (4.300 toneladas); pero con el fin de analizar la gran cantidad que aumenta cada año estos residuos que son generados por diversas empresas sin tomar acciones ante ello; entonces ambas investigaciones usan las proyecciones dependiendo del contexto y necesidad del trabajo.

Es necesario calcular el espacio de trabajo, es por ello que se seleccionan las unidades de almacenamiento, que para el caso del almacén temporal es de 4 pallet y 1 estantería; en lo que respecta al almacén general se encuentra 12 pallet utilizados y 1 estantería; bajo estos puntos se diseña un espacio para el almacén temporal de productos peligrosos; debido a la cantidad de recursos se ubicaron los productos inflamables cerca del almacén general, los residuos tóxicos se encuentran en un punto más cercano al área operativa, por último los residuos corrosivos son los más pesados y difíciles de manejar por lo que se asignó un área que evita la contaminación a otras áreas durante su almacenamiento; con respecto al almacén general se distribuye el espacio de manera uniforme y se prestó especial intención a los residuos corrosivos ya que tienen una gran cantidad y debido a su naturaleza deben controlarse para que no contaminen los alrededores; lo mismo sucede en el artículo de investigación de Pratama y Kencanawati (2017) que diseñó el almacén de residuos peligrosos licuados con área total 5504.00 m<sup>2</sup>. Para seguir con la implementación del plan se realizó un flujograma del manejo de residuos peligrosos con el fin de asegurar que no se cometan errores y se dispongan correctamente los residuos; con este diseño se logró estandarizar el flujo de estos materiales ya que se tiene en cuenta la capacidad de almacenamiento y manejo de residuos de manera adecuada desde que se generan hasta que salen de las instalaciones. Así mismo, se establece las áreas que están involucradas en el proceso para establecer sus responsabilidades: operativo, almacén y administrativo; por su parte Enríquez y Forero (2018) también crearon un flujograma donde establecieron el procedimiento interno para el manejo de residuos en este caso químicos, que tanto los docentes, estudiantes como técnicos a manera general de los diversos laboratorios deben llevarlo a cabo en la ejecución de las prácticas de la laboratorio que se tiene planificado en la Universidad de Nariño.

Según la nueva distribución y procedimientos para el control de residuos peligrosos; se redujo considerablemente los residuos que quedan en el taller de la empresa, a menos de 10 kg al mes. Comparando con el periodo anterior al estudio se mejoró significativamente ya que pasó de un 11% de residuos no procesados a un 2%; así mismo el tiempo de recojo paso de ser de 2 meses a ser recogidos el mismo mes que se generan. En tanto a la salida de recursos se puede notar una gran mejora porque hay una disminución del 50% y del 9% en los residuos que no están registrados; esto pasa similar con la investigación de Moreno-Bergaño, Orjuela-Montenegro y Murillo-Arango (2018), porque el uso de un Plan de Gestión Integral de Residuos, el manejo responsable de residuos químicos peligrosos, prácticas de minimización, reutilización y reciclaje; hicieron una comparación con los datos antes de la implementación del plan y guía con los

resultados que se obtuvieron después de esta, generó una minimización de 100% en los procesos, reutilización de residuos de una 94,12% y capacidad de reciclaje en un 82,69%.

## **Conclusiones**

La evaluación inicial demostró que existe una falta de control en la disposición de residuos desde que se genera, esto debido a que se encontraron deficiencias de un 100% en las condiciones de almacenamiento, 80% en la documentación y un 60% en el manejo de residuos; el único punto bueno encontrado es en el etiquetado que tiene un cumplimiento de un 80%; es por estas deficiencias que se generan una gran cantidad de residuos.

Se encontró que las causas principales de la falta de control de residuos peligrosos se debe principalmente, a la falta de un proceso definido y un seguimiento adecuado de su generación con motivos de prevención; entre los principales residuos peligrosos con gran impacto encontramos los cilindros de aceite y pilas, las cuales no se tienen un control correcto y se desechan en lugares inadecuados; el mal manejo de los fluorescentes y baterías permiten que se estancuen dentro del proceso permitiendo que se mantengan por más de un mes contaminando el entorno.

La implementación se basó en una proyección de la generación de residuos peligrosos, con el fin determinar los espacios para el almacenamiento tanto temporal (29 m<sup>2</sup>) como general (56 m<sup>2</sup>); así mismo se realizó un ordenamiento en función a las características de cada residuo para evitar peligros. Se determinó que es necesario formular correctamente los procedimientos para el manejo de los residuos peligrosos, así como una verificación continua de los mismos.

Se comprobó un impacto positivo en la segregación de residuos peligrosos debido a que se redujo los residuos estancados en el proceso de un 11% a un 2%; en tanto a las salidas inadecuadas se redujo de un 50% a un 2% y los no registrados de un 11% a un 1,6%; esto demuestra la hipótesis ya que con un correcto seguimiento de estos elementos se reduce su segregación.

## **Referencias**

- Enríquez, M. T., & Forero, L. R. (2018). Educación ambiental para la gestión de residuos peligrosos generados en laboratorios de química. *Revista electrónica en educación y pedagogía*, 2(2), 113-127. <https://doi.org/10.15658/rev.electron.educ.pedagog18.03020209>
- Flores D., (2017). Lineamientos para la Gestión de Desechos y Residuos, Peligrosos y no Peligrosos, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central De Venezuela, en el Marco de la Conformación de un Campus Sustentable. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Central de Venezuela]. <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/175521>
- Florez, A. M., & Morales, M. E. (2019). Gestión contable ambiental en empresas manufactureras generadoras de residuos peligrosos. *Revista Científica General José María Córdova*, 17(27), 557-578. <https://doi.org/10.21830/19006586.383>
- Galaviz, M. A. A., Lucero, Y. J. C., Soto, I. A. M., & Castro, L. I. P. (2019). Estudio del manejo de los residuos peligrosos generados en los talleres automotrices de la ciudad de los Mochis, Sinaloa, México. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 27(2), 475-480.
- García, D. A., Cedeño Rementería, Y., Ríos Menas, I., & Morell Pérez, L. (2019). Índice integral de calidad para la gestión de almacenes en entidades hospitalarias. *Gaceta Médica Espirituana*, 21(1), 21-33.
- Gonzales Vargas, K. D. R. (2015). Propuesta de un Plan de Gestión para el Adecuado Manejo, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Peligrosos y No Peligrosos Generados en los Laboratorios Utilizados por la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales de la Ucsm. Disponible en: <198125256.pdf> (core.ac.uk)
- Moreno-Bergaño, E. N., Orjuela-Montenegro, P. A., & Murillo-Arango, W. (2018). Manejo de residuos peligrosos y de-sarrollo de cultura ambiental en la Universidad Manuela Beltrán. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía*, 2(3), 93-107. <https://doi.org/10.15658/rev.electron.educ.pedagog18.09020307>

Pratama, B. R., & Kencanawati, M. (2017, November). Warehouse hazardous and toxic waste design in Karingau Balikpapan. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1903, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.5011523>

Quispe, J. (2020). Propuesta de un modelo de gestión para el adecuado manejo, caracterización y almacenamiento de residuos peligrosos en los laboratorios de la Universidad Nacional De Ucayali, provincia de Coronel Portillo-Ucayali, Perú, 2020. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4319>

Romero-Esquivel, L. & Acuña-Piedra, A. (2020). Hazardous waste management in Costa Rica: an academic–small company collaboration. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 247, 161-170.

Supriyadi, S. & Hadiyanto, H. (2018). The role of health and safety experts in the management of hazardous and toxic wastes in Indonesia. In *E3S Web of Conferences*, Vol. 31, Article Number 07011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183107011>