

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN EL SECTOR GRÁFICO: EL CASO DE LA IMPRENTA VOLUNTAD JR FRENTE A LA NORMATIVA ECUATORIANA.

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Seguridad, Calidad y Ambiente

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales, Producción, Identidad, Sostenibilidad y Tecnología Aplicadas

AUTOR: Erick Stefano Cevallos Moya

TUTOR: Ing. Jéssica Paola López Arboleda, Mg.

Ambato - Ecuador

julio 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN EL SECTOR GRÁFICO: EL CASO DE LA IMPRENTA VOLUNTAD JR FRENTE A LA NORMATIVA ECUATORIANA, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Erick Stefano Cevallos Moya, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, julio 2026.

JESSICA PAOLA LOPEZ ARBOLEDA

Firmado digitalmente por JESSICA PAOLA LOPEZ ARBOLEDA
Nombre de reconocimiento (DN): cn=JESSICA PAOLA LOPEZ ARBOLEDA, serialNumber=1803691037-250724105244, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2026.06.23 14:26:42 -05'00'

Ing. Jessica Paola López Arboleda, Mg.

TUTORA

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN EL SECTOR GRÁFICO: EL CASO DE LA IMPRENTA VOLUNTAD JR FRENTE A LA NORMATIVA ECUATORIANA es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2026.



Erick Stefano Cevallos Moya

C.C. 1753652955

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2026.



Erick Stefano Cevallos Moya

C.C. 1753652955

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el/la señor/señorita Erick Stefano Cevallos Moya estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN EL SECTOR GRÁFICO: EL CASO DE LA IMPRENTA VOLUNTAD JR FRENTE A LA NORMATIVA ECUATORIANA, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, julio 2026.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN OSWALDO
MAYORGA MAYORGA

Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ANGEL MAURICIO
CARRANZA GARCES

Dr. Angel Mauricio Carranza Garces MBA.
PROFESOR CALIFICADOR

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
BOLIVAR EFRAIN
MORALES ONATE

Ing. Bolívar Efraín Morales Oñate, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Santiago y Fanny, y a mi hermano Andrés, por ser la guía y el pilar fundamental de mi vida. Aunque el camino ha sido complicado y lleno de desafíos, he seguido avanzando gracias a ustedes y por ustedes, quienes nunca dejaron de creer en mi capacidad. Todo mi esfuerzo está plasmado en este logro, con la firme esperanza de poder devolverles algún día todo el amor, sacrificio y apoyo incondicional que me han brindado.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la sabiduría y salud brindadas para culminar con éxito esta etapa.

A mis padres Santiago y Fanny, y a mi hermano Andrés, por ser mi pilar fundamental, mi apoyo incondicional y el motivo de mi esfuerzo diario; este logro es suyo.

A mi tutora, Ing. Jessica López, por su paciencia, guía y dirección experta durante todo el desarrollo de esta investigación.

A la Imprenta Voluntad Jr., a su gerencia y trabajadores, por la apertura y valiosa colaboración brindada para llevar a cabo este estudio.

A la Universidad Técnica de Ambato y a mis docentes, por la formación recibida y las herramientas otorgadas para mi futuro profesional.

A todas las personas especiales que me acompañaron en el trayecto universitario. Gracias por compartir su vida conmigo, por las enseñanzas y por ser ese apoyo silencioso que hizo este camino más ligero. Su presencia y compañía serán siempre atesoradas.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA ..... **i**

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**

AUTORÍA ..... **iii**

DERECHOS DE AUTOR ..... **iv**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ..... **v**

DEDICATORIA ..... **vi**

AGRADECIMIENTO ..... **vii**

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS ..... **viii**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **xiii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xvi**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xix**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xx**

ABSTRACT ..... **xxi**

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Tema de investigación 1

1.1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Antecedentes investigativos 4

1.3 Fundamentación teórica 7

1.3.13 Diagrama SIPOC aplicado a la gestión de procesos. 11

1.3.14 Modelado de Procesos (Notación BPMN) 12

1.3.15 Metodología de las "5S" 12

1.3.16 Análisis ABC y Principio de Pareto en la gestión de inventarios y residuos.. 12

1.3.21 El Factor Humano y la Cultura Ambiental Organizacional 14

1.3.22 Percepción del Riesgo Químico y Educación Ambiental Laboral 14

1.3.23 La Encuesta como Herramienta de Diagnóstico Psicosocial y Operativo 15

1.3.24 Gestión de pasivos ambientales y responsabilidad extendida del generador.. 15

1.3.27 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA) 16

1.3.29 Acuerdo Ministerial N° 142 (MAATE) 17

1.3.30 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2841 17

1.3.31 Especificaciones técnicas de materiales para recipientes de residuos industriales. 18

1.3.35 Prevención de Incendios 19

1.3.36 Análisis de peligrosidad CRETIB 20

1.3.37 Sistemas de gestión ambiental (SGA) para el etiquetado de productos químicos. 20

1.3.46 Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en la industria gráfica y su impacto. 23

1.3.47 Vías de Exposición Toxicológica en la Industria Gráfica 23

1.3.48 Protocolos de Primeros Auxilios ante Riesgo Químico 24

1.3.50 Evaluación Económica 24

1.3.54 Ergonomía y Manejo Manual de Cargas 26

1.4 Objetivos 27

1.4.1 Objetivo general 27

1.4.2 Objetivos específicos 27

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 28

2.1 Materiales 28

2.2 Métodos 29

2.2.1 Modalidad de la investigación 29

2.2.2 Población y muestra 30

2.2.3 Recolección de información 30

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos 31

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 33

3.1 Descripción de la empresa 33

3.1.1 Datos de la empresa 33

3.1.2 Filosofía Empresarial 34

3.1.3 Estructura organizacional 34

3.2 Flujograma del proceso de impresión offset 35

3.3 Procesos productivos identificados 37

3.3.1 Gestión administrativa 37

3.3.2 Preparación de material 37

3.3.3 Puesta a punto de máquina offset 38

3.3.4 Producción 38

3.3.5 Terminados 39

3.3.6 Limpieza de máquina offset 39

3.4 Caracterización de los residuos generados en el proceso productivo 40

3.4.1 SIPOC de los procesos productivos identificados 40

3.4.2 Identificación de desechos y clasificación según normativa 42

3.4.3 Descripción de los residuos identificados 43

3.4.4 Distribución espacial de la generación de desechos 48

3.4.5 Análisis de peligrosidad CRETIB 49

3.5 Cuantificación de los desechos 50

3.5.1 Clasificación ABC según el Volumen de Generación Mensual 52

3.5.2 Prioridades para el Manejo de Residuos 53

3.6 Prácticas actuales de manejo y disposición de residuos 54

3.6.1 Evaluación de la segregación y almacenamiento temporal 55

3.6.2 Nivel de cumplimiento normativo general 58

3.6.3 Evaluación del nivel de conocimiento y capacitación del personal 59

3.6.4 Síntesis de la situación actual 69

3.7 Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos para la Imprenta Voluntad Jr. 70

3.7.1 Generalidades del Plan 70

3.7.2 Organización y Responsabilidades 72

3.7.3 Caracterización y diagnóstico de residuos 74

3.7.4 Programa de Prevención y Minimización (Producción Más Limpia) 77

3.7.5 Programa de Manejo Interno de Residuos 79

3.7.6 Programa de Manejo Externo y Disposición Final 95

3.7.7 Plan de Contingencias y Respuesta a Emergencias 97

3.7.8 Plan de Capacitación y Sensibilización 99

3.7.9 Seguimiento, Evaluación e Indicadores 100

3.7.10 Evaluación Económica y Presupuesto 102

3.7.11 Cronograma de Implementación 104

3.7.12 Anexos 106

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 109

4.1 Conclusiones 109

4.2 Recomendaciones 110

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 111

ANEXOS 117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y sus aplicaciones en la investigación 28

Tabla 2. Recolección de información para el desarrollo de actividades 30

Tabla 3. Datos de la empresa "Imprenta Voluntad Jr." 33

Tabla 4. Ficha descriptiva del proceso “gestión administrativa” 37

Tabla 5. Ficha descriptiva del proceso “preparación de material y corte” 37

Tabla 6. Ficha descriptiva del proceso “alistamiento de máquina offset” 38

Tabla 7. Ficha descriptiva del proceso “tiraje y producción offset” 38

Tabla 8. Ficha descriptiva del proceso “terminados, empaquetamiento y almacenamiento” 39

Tabla 9. Ficha descriptiva del proceso "limpieza de máquina offset" 39

Tabla 10. SIPOC de procesos productivos clave 40

Tabla 11. Matriz de identificación y clasificación normativa de desechos 42

Tabla 12. Codificación visual para puntos de generación de residuos 48

Tabla 13. Matriz de caracterización CRETIB de los residuos peligrosos y especiales 50

Tabla 14. Resumen de pesajes de los residuos 51

Tabla 15. Categorización de residuos 53

Tabla 16. Alcance de la propuesta planteada 71

Tabla 17. Análisis CRETIB de desechos especiales y peligrosos 76

Tabla 18. Cuantificación de residuos 77

Tabla 19. Estrategias para Producción Más Limpia..... 78

Tabla 20. Dimensionamiento volumétrico: Contenedor Gris 84

Tabla 21. Dimensionamiento volumétrico: Contenedor Rojo 84

Tabla 22. Dimensionamiento volumétrico: Contenedor Azul 85

Tabla 23. Dimensionamiento volumétrico: Contenedor Negro 85

Tabla 24. Dimensionamiento del Carro Móvil Blanco (Material de Aluminio)..... 86

Tabla 25. Matriz General de Cuantificación Física y Distribución de Contenedores 86

Tabla 26. Plan de Acción Operativo 5S 89

Tabla 27. Criterios y especificaciones para el acopio temporal de los residuos 91

Tabla 28. Especificaciones técnicas para el envasado de residuos en la fuente 94

Tabla 29. Requisitos para selección de gestores autorizados..... 95

Tabla 30. Frecuencias y Valorización de Residuos Aprovechables 96

Tabla 31. Requisitos para trazabilidad y transferencia de residuos 96

Tabla 32. Temas para exponer en las capacitaciones..... 100

Tabla 33. Fichas de indicador de Rentabilidad de la Gestión de Residuos..... 101

Tabla 34. Ficha de indicador de Límite Ergonómico Seguro 101

Tabla 35. Ficha de indicador de Índice de Merma por Errores de Producción..... 101

Tabla 36. Presupuesto de Inversión Inicial 102

Tabla 37. Presupuesto de Costos Operativos Mensuales 103

Tabla 38. Desglose de Costos de Gestión Externa de RESPEL 104

Tabla 39. Ingresos Mensuales por Venta de Materiales 104

Tabla 40. Cronograma de actividades para la implementación del PGIR 104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los desechos 9

Figura 2. Colores establecidos por el INEN para residuos 17

Figura 3. Componentes de la impresión offset..... 22

Figura 4. Organigrama de la Imprenta Voluntad Jr. 35

Figura 5. Proceso de limpieza de máquina offset 36

Figura 6. Residuos de órdenes de trabajo 43

Figura 7. Cartuchos de tinta de impresora 44

Figura 8. Restos de refile de papel..... 44

Figura 9. Restos de envolturas plásticas 44

Figura 10. Papel kraft en resmas de papel..... 45

Figura 11. Estopas contaminadas con solventes 45

Figura 12. Envases vacíos de solventes 46

Figura 13. Papel manchado en pruebas de impresión..... 46

Figura 14. Papel atascado en máquina 46

Figura 15. Evaporación de tintas..... 47

Figura 16. Mermas de cartón 47

Figura 17. Cinta Adhesiva usada en el empaque 47

Figura 18. Planchas de aluminio 48

Figura 19. Puntos de generación de residuos en imprenta 49

Figura 20. Diagrama ABC de residuos de la Imprenta Voluntad Jr. 53

Figura 21. Recipientes provisionales de estopas usadas 56

Figura 22. Recipiente de basura común 56

Figura 23. Área cubierta de Imprenta Voluntad Jr. 57

Figura 24. Residuos de cartón y papel 57

Figura 25. Estopas usadas con químicos en bolsa de plástico 58

Figura 26. Nivel de cumplimiento normativo 59

Figura 27. Resultados pregunta 1 60

Figura 28. Resultados de pregunta 2 60

Figura 29. Resultados de pregunta 3 61

Figura 30. Resultados de pregunta 4 62

Figura 31. Resultados de pregunta 5 62

Figura 32. Resultados de pregunta 6 63

Figura 33. Resultados de pregunta 7 64

Figura 34. Resultados de pregunta 8 64

Figura 35. Resultados de pregunta 9 65

Figura 36. Resultados de pregunta 10 66

Figura 37. Resultados de pregunta 11 66

Figura 38. Resultados de pregunta 12 67

Figura 39. Resultados de pregunta 13 68

Figura 40. Resultados de pregunta 14 68

Figura 41. Puntos de generación identificados 75

Figura 42. Especificaciones necesarias para el contenedor gris 80

Figura 43. Especificaciones necesarias para el contenedor azul 81

Figura 44. Especificaciones necesarias para contenedor negro 81

Figura 45. Especificaciones necesarias para contenedor rojo 82

Figura 46. Especificaciones necesarias para contenedor blanco 83

Figura 47. Ubicaciones propuestas para contendores estandarizados 88

Figura 48. Tanque de polietileno de alta densidad para RESPEL 89

Figura 49. Ubicación de almacenamiento temporal para RESPEL 90

Figura 50. Aislamiento de los residuos aprovechables 91

Figura 51. Separación de materiales combustibles e inflamables 91

Figura 52. Bandejas de contención para químicos 92

Figura 53. Área de acopio temporal para RESPEL 92

Figura 54. Ventilación para disipación de vapores COVs 92

Figura 55. Señalización de ubicación de extintores 93

Figura 56. Rótulos de advertencia para residuos peligrosos 93

Figura 57. Bitácora de registro para control de trazabilidad 93

Figura 58. Procedimiento necesario ante un derrame químico 97

Figura 59. Estrategias de prevención ante incendios 98

Figura 60. Estrategias de control ante incendios 98

Figura 61. Primeros auxilios antes emergencias por exposición 99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Etiqueta de identificación de residuos peligrosos..... 106

Anexo B. Señalética propuesta para aplicación en la Imprenta Voluntad Jr. 106

Anexo C. Bitácora para registro de generación de residuos 107

Anexo D. Checklist para inspección de almacenamiento temporal..... 107

Anexo E. Modelo de acta de entrega-recepción de residuos peligrosos 108

Anexo F. Procedimiento ante derrames de químicos..... 108

Anexo G. Diagrama de flujo de impresión offset 117

Anexo H. Tabla de cuantificación de desechos 118

Anexo I. Resultados de la aplicación del Checklist de segregación 119

Anexo J. Matriz Cuantitativa de Cumplimiento Normativo 125

Anexo K. Encuestas aplicadas a trabajadores y gerentes de la Imprenta Voluntad Jr. 125

Anexo L. Cronograma para capacitación del personal 129

Anexo M. Desglose Matemático para la Determinación de Capacidades de Almacenamiento 130

RESUMEN EJECUTIVO

La industria gráfica en Ecuador genera importantes residuos peligrosos y no peligrosos, frecuentemente mal gestionados por la falta de conocimiento técnico e infraestructura en microempresas. Esta investigación tiene como objetivo diseñar un plan de gestión integral de residuos para la imprenta Voluntad Jr. en Ambato, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental ecuatoriana. Se aplicó un enfoque mixto, incorporando observaciones de campo, cuantificación directa de residuos y una encuesta censal al personal. Se utilizó un análisis ABC para priorizar las categorías de desechos según su volumen de generación y riesgo. El diagnóstico inicial reveló un nivel de cumplimiento ambiental crítico del 39 por ciento. Aunque el 95 por ciento del peso total de los residuos corresponde a papel y cartón reciclables, los materiales peligrosos, como estopas contaminadas con solventes y envases de tinta, se mezclan incorrectamente con la basura común. Además, el 66,7 por ciento del personal carecía de capacitación formal en gestión de riesgos químicos y segregación.

Para corregir estas deficiencias, se desarrolló un plan de manejo integral fundamentado en principios de Producción Más Limpia y economía circular. La propuesta incluye la estandarización de la segregación en la fuente mediante la codificación cromática INEN, protocolos estrictos para la contención de residuos peligrosos, su disposición externa a través de gestores autorizados y un programa de capacitación. Su implementación requiere una inversión inicial viable, mitigando riesgos laborales y asegurando el cumplimiento ecológico.

Palabras claves: Gestión integral de residuos, Imprenta Voluntad Jr., normativa ambiental, producción más limpia, economía circular.

ABSTRACT

The graphic industry in Ecuador generates significant hazardous and non-hazardous waste, which is often mismanaged due to a lack of technical knowledge and infrastructure in micro-enterprises. This research aims to design an integral waste management plan for the Voluntad Jr printing press in Ambato to ensure compliance with Ecuadorian environmental regulations. A mixed-methods approach was applied, incorporating field observations, direct waste quantification, and a census survey of the staff. An ABC analysis was utilized to prioritize waste categories based on generation volume and risk. The initial diagnosis revealed a critical 39% environmental compliance rate. Although 95% of the total waste by weight consists of recyclable paper and cardboard, hazardous materials such as solvent-contaminated rags and ink containers are improperly mixed with common trash. Furthermore, 66.7% of the personnel lacked formal training in chemical risk management and waste segregation. To address these deficiencies, a comprehensive management plan was developed based on Cleaner Production principles and a circular economy approach. The proposal includes standardized source segregation using INEN color coding, strict protocols for hazardous waste containment, external disposal through authorized managers, and an annual training program. Implementing this plan requires a viable initial investment, significantly mitigating occupational hazards and ensuring long-term ecological compliance.

Keywords: Integral waste management, Voluntad Jr printing press, environmental regulations, cleaner production, circular economy.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN EL SECTOR GRÁFICO: EL CASO DE LA IMPRENTA VOLUNTAD JR FRENTE A LA NORMATIVA ECUATORIANA

1.1.1 Planteamiento del problema

Actualmente en el Ecuador, el manejo de los materiales desechados por el sector de la impresión se ha convertido en un desafío constante, el cual todavía carece de una solución completa y bien estructurada.. Este sector está compuesto en su mayoría por micro y pequeñas imprentas que operan bajo sistemas tradicionales, como la impresión offset, y que producen desechos con características tanto peligrosas como no peligrosas [1]. Entre ellos se encuentran los residuos comunes de papel y cartón, pero también materiales con mayor impacto ambiental como solventes, tintas, trapos contaminados y envases con restos de sustancias químicas. El manejo inadecuado de estos desechos, en muchos casos dispuestos junto con la basura común o vertidos a sistemas de alcantarillado, genera un riesgo directo para el ambiente y la salud de los trabajadores [2].

De acuerdo con cifras oficiales obtenidas en 2018 por INEC, en las zonas urbanas del país cada persona genera en promedio 0,58 kilogramos de residuos sólidos al día, lo que refleja la presión que enfrentan los sistemas de recolección y disposición final [3]. Según la Superintendencia de Compañías al 2024 existen alrededor de 384 empresas registradas con proceso de impresión y artes gráficas alrededor del país, las cuales incrementan de manera significativa la cantidad de residuos derivados de la actividad gráfica, sobre todo aquellos considerados peligrosos por su composición química [4]. Esta situación evidencia que las industrias gráficas aportan un volumen importante de desechos que requieren un tratamiento diferenciado, lo cual rara vez ocurre en la práctica.

Aunque el país dispone de normativa ambiental, como el Acuerdo Ministerial 026 que regula el manejo de desechos peligrosos y el registro de generadores, en la realidad

muchas de estas disposiciones no se cumplen [5]. La mayoría de las imprentas pequeñas opera de manera empírica y con limitados recursos técnicos, lo que dificulta la implementación de sistemas adecuados de gestión de residuos. El desconocimiento de las obligaciones legales y la falta de infraestructura para el tratamiento especializado generan un vacío que incrementa los riesgos de contaminación del suelo, el agua y el aire [6].

Al mismo tiempo, el sector gráfico mantiene un papel importante en la economía y el empleo. Sin embargo, el incremento en la demanda de productos impresos se traduce en un aumento proporcional de los residuos, sin que exista una acción correctiva efectiva que garantice un manejo integral. En este contexto, resulta urgente promover investigaciones que analicen la gestión de residuos en las imprentas ecuatorianas y que propongan medidas adaptadas a la realidad de estas empresas, de forma que se logre reducir el impacto ambiental, cumplir con la normativa vigente y proteger la salud de los trabajadores y comunidades cercanas [2].

La ciudad de Ambato se caracteriza por ser uno de los principales centros productivos de la Sierra central ecuatoriana, con una dinámica comercial que se refleja en la variedad de actividades industriales y de servicios [7]. Entre ellas, el sector gráfico ha experimentado un crecimiento sostenido, conformado en gran medida por pequeñas y medianas imprentas que trabajan con tecnologías tradicionales como la impresión offset. Este desarrollo ha permitido atender la demanda local y regional de material impreso, pero al mismo tiempo ha traído consigo un incremento en la generación de residuos sólidos y peligrosos asociados al proceso productivo, tales como retazos de papel, cartón, envases contaminados, solventes y trapos impregnados de tinta [8].

El manejo de estos desechos generados en la ciudad se suma a un panorama complejo en cuanto a la gestión de residuos. Según la empresa pública de gestión integral de desechos sólidos (GIDSA), en Ambato se generan aproximadamente 300 toneladas de residuos diarios, de las cuales apenas un 3% es recuperado para reciclaje [9]. Esto significa que gran parte de los materiales potencialmente aprovechables, entre ellos papeles y cartones provenientes de actividades industriales y comerciales, terminan en el relleno sanitario sin un proceso previo de clasificación. Este bajo nivel de recuperación limita las posibilidades de avanzar hacia una economía circular en el cantón [9].

A pesar de que existen iniciativas municipales para fomentar la cultura del reciclaje, los resultados alcanzados son todavía mínimos. En la campaña “Conectados con el Ambiente”, realizada por AME entre 2017 y 2018, se logró recolectar alrededor de 3.803 kilogramos de materiales reciclables, incluyendo papel, cartón, plástico y vidrio, así como 348 toners de impresoras. Aunque la cifra es significativa, resulta reducida si se compara con el volumen de residuos que la ciudad produce diariamente, lo que pone en evidencia la necesidad de fortalecer mecanismos de gestión diferenciada que integren de manera más efectiva al sector industrial, incluyendo a las imprentas [10].

La imprenta Voluntad JR, ubicada en la parroquia Pinllo del cantón Ambato, constituye un ejemplo representativo de las microempresas gráficas que operan en la región. Su actividad se centra en troquelado y elaboración de publicidad impresión offset, un proceso que es eficiente para la producción de tirajes medianos y grandes pero genera una variedad de residuos que requieren un manejo responsable.

El problema central identificado es el manejo inadecuado de los residuos generados en su proceso productivo. Esta situación se debe a varios factores internos, entre ellos la falta de un plan formal de gestión de residuos que permita diferenciarlos desde el origen, la escasa capacitación del personal sobre prácticas de clasificación y disposición, y la ausencia de infraestructura básica para el acopio temporal y seguro de los desechos. A ello se suma el limitado control externo, ya que, al tratarse de una empresa pequeña, no recibe un acompañamiento cercano por parte de las autoridades competentes, lo que facilita la continuidad de prácticas empíricas en la gestión ambiental.

Las consecuencias de este escenario son múltiples. En primer lugar, la acumulación y disposición incorrecta de solventes, tintas y papeles contaminados puede provocar impactos ambientales en el suelo y en las fuentes de agua cercanas. A nivel operativo, el desorden en la gestión de residuos también genera pérdidas de materiales que podrían ser reciclados, como el papel y el cartón, reduciendo las oportunidades de recuperación económica.

Finalmente, la imagen de la imprenta se ve afectada frente a clientes y comunidad, ya que la falta de prácticas sostenibles transmite una percepción negativa en un contexto donde la responsabilidad ambiental gana cada vez más relevancia dentro de la

sociedad. La situación descrita evidencia la necesidad urgente de establecer un sistema de gestión de residuos adaptado a la realidad de la Imprenta Voluntad JR.

1.2 Antecedentes investigativos

La industria gráfica y de impresión ha atravesado una transformación profunda en las últimas décadas, motivada por la necesidad de reducir su impacto ambiental, optimizar sus procesos y promover la sostenibilidad de sus productos. Uno de los campos más explorados en la actualidad es la sustitución de insumos de origen petroquímico por alternativas renovables.

Diversos estudios recientes demuestran que las tintas elaboradas a base de soja o aceites vegetales representan una opción efectiva para disminuir la emisión de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) sin afectar la calidad del impreso ni la productividad industrial [11]. Además de ser biodegradables, estas tintas ofrecen un mayor rendimiento por volumen, lo que reduce los desperdicios y los costos derivados del consumo de materiales. De manera similar, se han desarrollado barnices ecológicos formulados con ésteres de aceites vegetales que sustituyen los compuestos minerales tradicionales, logrando tiempos de secado más cortos y una menor liberación de contaminantes al ambiente [12].

La gestión ambiental aplicada a la impresión litográfica ha sido ampliamente analizada en la literatura, donde varios autores coinciden en que las principales fuentes de contaminación no provienen directamente de las tintas, sino de los solventes y productos de limpieza empleados durante el proceso [13]. Las estrategias de prevención se han centrado en modificar las materias primas y en reemplazar el alcohol isopropílico por soluciones con bajo contenido de VOCs [14]. A la par de estos ajustes, la presión de leyes ecológicas más estrictas empujó a las imprentas a adoptar sistemas de trabajo más limpios y seguros, lo que beneficia tanto al entorno natural como al propio personal [13].

En el ámbito tecnológico, el uso de modelos predictivos sustentados en técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning) ha abierto nuevas oportunidades para el control y la optimización de los procesos de impresión [15]. Por ejemplo, un modelo

de conjunto apilado (stacking ensemble learning) ha mostrado alta precisión al estimar la cantidad de papel desperdiciado en la impresión offset, favoreciendo una gestión más eficiente de los recursos materiales y energéticos [16]. A su vez, la aplicación del algoritmo Random Forest ha permitido determinar con exactitud la densidad óptima de tinta sólida, lo que mejora la consistencia cromática y reduce las pérdidas ocasionadas por calibraciones erróneas [17]. Estas herramientas basadas en datos constituyen uno de los pilares de la denominada Industria 4.0, orientada a minimizar el desperdicio mediante sistemas de decisión automatizados y control inteligente de los procesos [18].

Otro componente esencial de la sostenibilidad en el sector gráfico está vinculado con la capacidad de reciclaje de los materiales empleados. Investigaciones recientes han analizado la reutilización de fibras de papel tratadas con tintas vegetales, demostrando que estas presentan una mayor facilidad de limpieza y mejor brillo respecto a las tintas minerales [19]. De igual manera, se ha comprobado que al usar recubrimientos biodegradables en empaques de cartón, se mantiene intacta tanto su apariencia como su capacidad para ser procesados de nuevo. Así, logran posicionarse como un sustituto bastante fuerte frente a las coberturas plásticas tradicionales [20]. En la misma línea, estudios sobre el proceso de destintado de papeles reciclados señalan que su eficiencia mejora con cada ciclo de reciclaje, ya que se logra una separación más efectiva de las partículas de tinta y una mejor recuperación de las fibras [21].

La innovación también ha impactado las tecnologías de impresión emergentes. En este contexto, la impresión digital con tintas acuosas y el curado mediante tecnología UV-LED están desplazando a los métodos tradicionales. Un ejemplo destacado es la tinta acuosa con nanodispersión “LUNAJET”, que ha conseguido reducir hasta en un 75 % las emisiones de CO_2 y en un 33 % los VOCs, evidenciando su potencial para disminuir el impacto ambiental en la impresión de empaques flexibles [22]. Por su parte, la utilización de lámparas UV-LED ofrece ventajas notables en cuanto a eficiencia energética —con ahorros de hasta un 25 %— y seguridad operativa, al eliminar el uso de mercurio y evitar la generación de ozono durante el proceso de curado [22]. Estas innovaciones no solo reducen la huella ecológica, sino que también incrementan la productividad y la calidad del producto final [23].

De manera más amplia, la literatura reciente resalta la relevancia de una gestión integral de residuos basada en los principios de prevención, reciclaje y economía circular. La implementación de técnicas de producción limpia y la reutilización de materiales reciclados o de origen no maderero se identifican como estrategias clave para reducir la dependencia de recursos vírgenes y disminuir la generación de desechos sólidos y líquidos [24], [25], [26]. En esa dirección, se han desarrollado investigaciones sobre el empleo de papeles alternativos, como el denominado "papel de piedra", y sobre sustratos derivados de subproductos agroindustriales, los cuales exhiben buenas propiedades de imprimibilidad y resistencia, además de contribuir a la disminución del consumo de agua y fibras vegetales [27], [28].

Finalmente, diversos estudios han abordado los desafíos que enfrentan las pequeñas y medianas empresas del sector gráfico para adoptar sistemas de gestión de calidad. Entre las principales barreras se encuentran las limitaciones financieras, la escasez de conocimientos técnicos y la resistencia al cambio organizacional, factores que dificultan la transición hacia procesos sostenibles y automatizados [29]. Superar estos obstáculos es fundamental para que la industria evolucione hacia modelos productivos responsables, que integren innovación, calidad y compromiso ambiental [30].

Aunque el estado del arte evidencia que la industria gráfica mundial se está moviendo hacia la Industria 4.0, utilizando tecnologías de Machine Learning y sistemas de curado avanzado, en Ecuador existen obstáculos económicos importantes que dificultan su adopción inmediata. Por lo tanto, las pequeñas imprentas tienen que establecer bases operativas de bajo costo a través de la Producción Más Limpia (PML) antes de poder avanzar hacia la alta tecnología. La normalización de costumbres, la implementación de dosificadores básicos y el perfeccionamiento de la segregación manual se establecen como la primera acción obligatoria y económicamente factible para lograr la sostenibilidad. Empezar con este modelo básico, ajustado a las capacidades reales de la planta, resulta clave para alinearse con la legislación ambiental de hoy y estar listos frente a los estándares que exigirá el sector más adelante.

1.3 Fundamentación teórica

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

1.3.1 Gestión integral de residuos

Se define como la administración sistemática y sostenible de todas las fases del ciclo de vida del residuo, desde su generación hasta el destino final, con el propósito de proteger la salud pública y brindar soluciones viables [31].

1.3.2 Principios de la 3R: reducir, reutilizar y reciclar

a. Reducir

Consiste en disminuir la cantidad y toxicidad de los desechos desde su origen, lo cual implica modificar tanto el diseño de producción como los hábitos de consumo [32].

b. Reutilizar

Implica usar nuevamente un objeto antes de desecharlo, lo que extiende su vida útil y ahorra recursos [32].

c. Reciclar

Es el proceso de reincorporación de materiales recuperados al ciclo industrial como materia prima, generando beneficios ambientales, económicos y energéticos [32].

1.3.3 Jerarquía del manejo de residuos

Determina la prioridad de las estrategias, enfocándose principalmente en prevenir y minimizar la generación. El orden preferente es: prevención, seguido por el aprovechamiento, el tratamiento y, como última opción, la disposición final [33].

1.3.4 Plan de manejo de residuos en entornos industriales

Es un instrumento esencial en la industria para minimizar riesgos sanitarios y ambientales. Los generadores deben crear estrategias específicas para la fracción peligrosa [34]. Este plan integra un estudio de minimización que detalla el proceso

productivo, el inventario, las acciones de reducción y los responsables de su ejecución [35].

1.3.5 Diagnóstico de la generación de residuos

Su resultado principal es el inventario de residuos, base para la planificación. Es necesario identificar a los generadores y actores involucrados [36]. Se utiliza el balance de materiales o, ante falta de datos, métodos de estimación basados en índices de producción o personal para obtener un registro preliminar [36].

1.3.6 Clasificación general de residuos y desechos

De acuerdo con la normativa ambiental, los residuos y desechos se dividen en tres grandes categorías principales, las cuales a su vez se subclasifican según su naturaleza y potencial de recuperación.

a. Residuos Peligrosos

Aquellos con características intrínsecas de riesgo (tóxicos, inflamables) que exigen una gestión especializada para evitar daños a la salud o al ambiente [37].

- ***Orgánicos:*** Residuos de origen biológico y de rápida degradación.

- ***Inorgánicos:*** Residuos de origen no biológico o industrial. Según su capacidad de reincorporación a la cadena productiva, estos se dividen en Aprovechables (materiales con potencial de reciclaje como papel, cartón o plásticos limpios) y No Aprovechables (basura común que requiere disposición final) [38].

b. Residuos No Peligrosos:

Carecen de peligrosidad. Deben gestionarse en sitios autorizados, prohibiendo su abandono; aquellos que no sufren transformaciones se denominan inertes [39].

- ***No Aprovechables:*** Fracción que debe ser obligatoriamente eliminada o confinada por un gestor ambiental.

- ***Aprovechables:*** Algunos residuos peligrosos pueden ser aprovechables; esto depende netamente del tratamiento previo que requieran, del proceso productivo donde

serán incluidos, de los equipos de los que se disponga o del material virgen que vayan a sustituir [38].

c. Desechos especiales:

Son aquellos que por su volumen, tamaño o características físicas de fabricación, requieren de un manejo y transporte diferenciado del residuo común. Estos pueden ser Aprovechables si se someten a procesos técnicos de des ensamblaje [40].

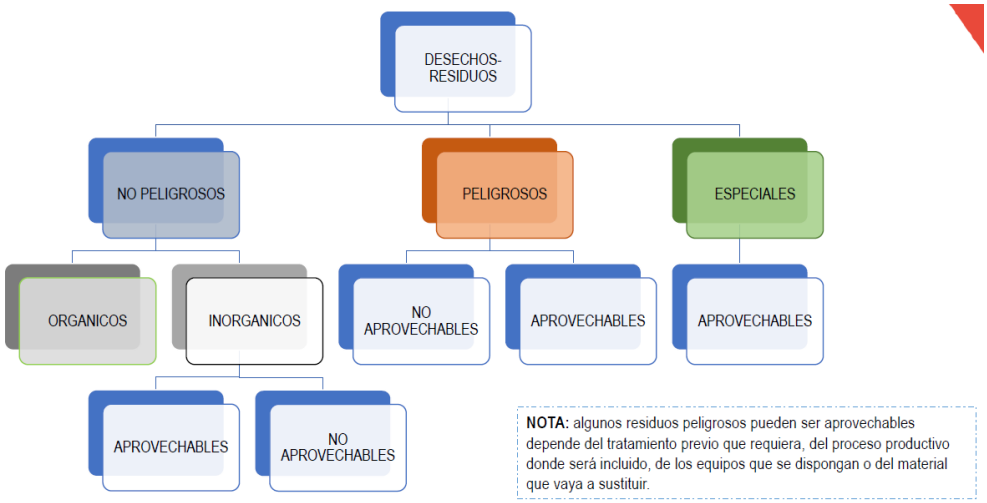


Figura 1. Clasificación de los desechos

1.3.7 Segregación

Es el paso inicial crucial para separar los materiales aprovechables del resto de la corriente de desechos. Los generadores industriales deben garantizar una clasificación adecuada en la fuente para la eficiencia del sistema [41].

1.3.8 Almacenamiento

Refiere al resguardo temporal previo al tratamiento, realizado en sitios seguros e impermeables para evitar fugas. Para desechos no peligrosos, el plazo máximo de almacenamiento es de dos años [41].

a. Dimensionamiento Volumétrico de Almacenamiento

El método empírico-matemático que Tchobanoglous sugirió para la administración completa de residuos sólidos es uno de los métodos más conocidos. Gracias a este

enfoque, resulta mucho más sencillo calcular cuánto espacio de recolección se necesita utilizando datos logísticos específicos [42]. Los siguientes parámetros esenciales respaldan este modelo: la Tasa de Generación (G), que representa el promedio producido por día; la Densidad (ρ), una magnitud física necesaria para convertir la masa en volumen espacial ocupado (m^3); el Factor de Llenado (K), un margen operativo normativo que garantiza que los recipientes no se desborden hasta su capacidad máxima; la Frecuencia (F) o intervalo de tiempo entre recolecciones; y el Coeficiente Punta Diario (C_{pd}), un factor de seguridad probabilístico que atenúa picos inesperados de generación [43]. Las ecuaciones matemáticas que transforman la masa generada en un volumen de diseño seguro para el sector industrial son las que se utilizan para calcular el dimensionamiento de acuerdo con estas variables logísticas.

- ***Cálculo del Volumen Base Diario:*** Transforma la masa media generada en un volumen físico teórico inicial.

$$V_{base} = \frac{G}{p} \quad (1)$$

- ***Ajuste por Variación Temporal (Volumen Máximo):*** Protege el diseño contra los picos imprevistos de producción sumados al tiempo de acopio.

$$V_{max} = V_{base} * C_{pd} * F \quad (2)$$

- ***Aplicación del Criterio de Seguridad (Volumen de Diseño):*** Garantiza que no se llegue al límite de la capacidad física, cumpliendo normativas de seguridad para materiales.

$$V_{diseño} = \frac{V_{max}}{K} \quad (3)$$

- ***Cuantificación Física de Contenedores:*** Relaciona el volumen de diseño matemático con la oferta comercial de recipientes estandarizados en el mercado.

$$N = \frac{V_{diseño}}{Capacidad\ Comercial} \quad (4)$$

1.3.9 Transporte

Es el traslado de los residuos hacia su destino final. En el caso de materiales peligrosos, se exige documentación de trazabilidad estricta, así como un acondicionamiento y etiquetado adecuados de la carga [41].

1.3.10 Minimización de residuos

Política ambiental orientada a reducir el volumen y peligrosidad de los desechos. Se logra mediante dos vías: la prevención en el origen (optimizando recursos y procesos) y el reciclaje de materiales dentro del ciclo productivo [39].

1.3.11 Control de residuos industriales

Conjunto de acciones que garantizan un manejo seguro y normado de los desechos para proteger la salud y el entorno. Legalmente, los generadores de residuos peligrosos deben realizar periódicamente Estudios de Minimización para reducir progresivamente su generación [44].

1.3.12 Disposición final de materiales

La fase final del ciclo de gestión es la disposición final y está destinada a aquellos residuos que deben ser confinados de manera segura después de que se han agotado las oportunidades de uso. En el marco de microempresas y locales urbanos, esta etapa se lleva a cabo al proporcionar los desechos comunes al sistema municipal público de recolección o gestores ambientales. La mencionada entidad se hace cargo de la responsabilidad técnica del traslado y la colocación definitiva en celdas de relleno sanitario autorizadas, asegurando que los desechos estén aislados y evitando efectos adversos al entorno circundante [45].

1.3.13 Diagrama SIPOC aplicado a la gestión de procesos.

Una herramienta de diagramación llamada SIPOC, la cual mapea los componentes esenciales de un proceso productivo: Clientes (C), Proveedores (S), Entradas (I), Procesos (P) y Salidas (O). Se utiliza en el contexto de la administración ambiental para organizar de manera sistemática las fases de producción (como la preparación, la impresión y los acabados) con el fin de detectar con precisión las fuentes de

contaminación, especificando qué residuos específicos (salidas) se producen en cada subproceso y qué materiales entran para su caracterización y manejo posteriores [46].

1.3.14 Modelado de Procesos (Notación BPMN)

La notación BPMN (Business Process Model and Notation) es un estándar gráfico que se usa para ilustrar procesos. Emplea símbolos estandarizados que simplifican la interpretación y visualización de las tareas, los responsables, los sucesos y los flujos secuenciales en el interior de un sistema operativo [47]. Su aplicación fundamenta técnicamente el diseño de los diagramas de flujo de los procesos de la imprenta, permitiendo identificar de forma ordenada las actividades operativas y los puntos decisivos de la producción [48].

1.3.15 Metodología de las "5S"

La metodología 5S es un instrumento esencial de Lean Manufacturing que tiene como objetivo perfeccionar el orden y la limpieza en el ámbito laboral [49]. Los cinco pilares que tienen su origen en Japón son: Seiketsu (Estandarizar), Seiton (Ordenar), Seiri (Clasificar), Shitsuke (Disciplina) y Seiso (Limpiar). Para administrar procesos físicos, es crucial su implementación industrial, pues asegura espacios de trabajo libres de obstáculos, reduce las posibilidades de que ocurran accidentes laborales y es esencial para que la separación de materiales en el origen se lleve a cabo de manera correcta e intuitiva [50].

1.3.16 Análisis ABC y Principio de Pareto en la gestión de inventarios y residuos.

El análisis ABC es un instrumento metodológico que se basa en la regla del 80/20 de Pareto y se emplea para determinar prioridades logísticas en el tratamiento y gestión de inventarios o residuos. Este método clasifica los materiales en tres categorías (A, B y C) basándose en su impacto volumétrico o másico [51]. La Zona A reúne los insumos críticos más voluminosos, que generalmente constituyen hasta el 95% del peso total, los cuales requieren la infraestructura de acopio más amplia y ofrecen las mejores posibilidades para la economía circular. Por otro lado, las Zonas B y C contienen volúmenes más reducidos, lo que posibilita la separación de los elementos masivos de

aquellos que tienen el potencial de ser altamente peligrosos y necesitan protocolos estrictos para prevenir la contaminación cruzada [51].

GESTIÓN AMBIENTAL

1.3.17 Gestión Ambiental y sus objetivos

La Gestión Ambiental (GA) es el marco operativo que permite a las organizaciones alinear su desempeño ecológico con sus metas institucionales [52]. Se integra en la estructura empresarial mediante la planificación y asignación de recursos, lo que representa una oportunidad estratégica para optimizar insumos y reducir costos asociados a impactos ambientales [53]. Sus objetivos abarcan tres dimensiones: la prevención de nuevos problemas, la solución de los ya existentes y la restauración de daños históricos. En la práctica, esto asegura el cumplimiento legal y el control sistemático de los efectos adversos generados por la empresa [54].

1.3.18 Sistemas de gestión ambiental (SGA)

La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) formaliza el compromiso ecológico de la institución al definir procedimientos, recursos y responsabilidades claras [54]. Este sistema funciona como un ciclo continuo que facilita la supervisión, garantiza el apego a la ley y permite la optimización progresiva del desempeño ambiental [55]. No obstante, como la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) completo es generalmente poco factible en términos técnicos y financieros para las microempresas y pequeñas empresas (MYPES), el primer paso sugerido es elaborar un Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR). Este plan funciona como el primer subsistema del SGA y posibilita que la compañía reduzca su impacto más grave (los residuos), acate las normas y establezca los fundamentos para una posterior gestión ambiental a largo plazo [56].

1.3.19 Ciclo PHVA y mejora continua en la gestión ambiental

El ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) es el motor operativo de la mejora continua y refleja el compromiso ineludible de la alta dirección [57]. Apoyándose en este método resulta más fácil para las empresas ir perfeccionando su desempeño ambiental de manera ordenada, logrando prácticas más firmes y productivas a largo plazo [58].

1.3.20 Auditorías ambientales internas y control de cumplimiento

La auditoría ambiental es una revisión metódica y documentada para verificar el cumplimiento de la normativa legal e interna mediante evidencias objetivas [52]. Su objetivo central es obtener pruebas fiables del desempeño, debiendo ejecutarse en intervalos planificados[54].

En los proyectos dirigidos a microempresas, la etapa de planificación (P) se centra en el diagnóstico y en la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR). Esto brinda a la gerencia los instrumentos para llevar a cabo de manera independiente las etapas de Hacer, Verificar y Actuar, garantizando así el cierre del ciclo en un plazo medio [59].

1.3.21 El Factor Humano y la Cultura Ambiental Organizacional

El éxito en la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) no solo depende de que la infraestructura tecnológica o física esté adecuadamente dispuesta, sino que también está estrechamente relacionado con la conducta del factor humano. Se denomina cultura ambiental organizacional al conjunto de costumbres, principios y saberes operativos que los empleados ponen en práctica en sus tareas cotidianas. En las pequeñas y microempresas gráficas, la ausencia de estándares y el empirismo son frecuentemente los factores principales que conducen a una mala administración de los desechos [60]. Por lo tanto, para garantizar la sostenibilidad y el éxito de cualquier plan de gestión de residuos, es esencial cambiar la forma en que opera el personal y alinear su rendimiento ecológico con los objetivos institucionales [60].

1.3.22 Percepción del Riesgo Químico y Educación Ambiental Laboral

En la industria gráfica, la exposición a riesgos importantes es el resultado de que los trabajadores manipulan continuamente solventes y tintas. La evaporación natural de estos materiales emite Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) al entorno laboral. Es común que, con el tiempo y la rutina, el personal presente una "desensibilización ante el riesgo", lo cual implica que se subestime la toxicidad [61]. Esto provoca que normalicen los peligros, no usen los equipos de protección adecuados y mezclen de manera incorrecta los materiales peligrosos con la basura ordinaria. Por lo tanto, la

formación constante y la educación ambiental son pasos correctivos fundamentales para prevenir contingencias, salvaguardar la salud ocupacional de los empleados y reducir estas vulnerabilidades sistémicas [62].

1.3.23 La Encuesta como Herramienta de Diagnóstico Psicosocial y Operativo

Mejorar de manera constante en la gestión ambiental es promovido por el ciclo PHVA. Se necesita una encuesta estructurada para conocer el nivel real de los empleados, lo que permite diagnosticar sus prácticas, su comprensión normativa, sus costumbres de segregación y su percepción de la infraestructura. Esto es necesario para planificar de manera efectiva [63].

1.3.24 Gestión de pasivos ambientales y responsabilidad extendida del generador.

Según la ley, todo generador de residuos tiene una responsabilidad completa sobre sus desechos, lo que requiere que registre los mismos, declare su volumen y asegure protocolos para el almacenamiento temporal. Delegar de manera errónea las responsabilidades ambientales, como remitir estopas con solventes contaminados al sistema municipal de recolección de basura común, es una infracción ecológica seria que va en contra de la normativa ambiental actual [59].

MARCO NORMATIVO AMBIENTAL ECUATORIANO

1.3.25 Legislación ambiental ecuatoriana: marco general

El sistema legal de Ecuador se cimienta en el derecho fundamental a vivir en un ambiente sano y equilibrado, condición necesaria para alcanzar el sumak kawsay (buen vivir). La defensa activa de la naturaleza se considera un interés público prioritario [64]. Constitucionalmente, el Estado debe promover un desarrollo sostenible mediante medidas de precaución que eviten daños irreversibles. Así, la normativa busca proteger el patrimonio ecológico como base del bienestar colectivo [65].

1.3.26 Código Orgánico del Ambiente (COA)

El COA, creado en 2017, es la norma principal que organiza la gestión ambiental nacional. Su meta es asegurar un entorno saludable y proteger los derechos de la

Naturaleza [66]. Este código designa al Ministerio del Ambiente como la autoridad rectora y establece herramientas para la conservación, el uso sostenible y la restauración de los ecosistemas [66].

1.3.27 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA)

El Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA) aplica la legislación sobre medio ambiente en Ecuador y se convierte en el estándar de evaluación que es necesario seguir para los establecimientos. Para prevenir la contaminación por derrames fortuitos de tintas o disolventes, esta regulación requiere que las zonas de acopio temporal dispongan de cubiertas, pisos impermeables y sistemas de contención [67]. Además, el RCOA establece la norma de responsabilidad extendida del generador, que prohíbe de manera rigurosa mezclar residuos peligrosos (tales como estopas químicas o envases vacíos de thinner) con los desechos asimilables a domésticos. Esta disposición prohíbe arrojar estos pasivos en los contenedores públicos y requiere que la compañía se los entregue solamente a gestores ambientales calificados, lo que justifica la necesidad técnica de rediseñar sus flujos internos de gestión [67].

1.3.28 Acuerdo Ministerial N° 026 (MAATE)

El Acuerdo Ministerial N° 026 establece cómo se deben tratar los residuos peligrosos y especiales para asegurar su trazabilidad desde que se generan hasta que son desechados. Con el fin de acatar esta regulación, cada instalación gráfica tiene que registrarse en el Registro de Generadores del MAATE, comprometiéndose a presentar declaraciones anuales sobre los volúmenes producidos y sus métodos de minimización [65]. En términos de operaciones internas, la ley establece un límite estricto de doce meses para el almacenamiento temporal. Además, para la gestión externa, establece un principio de cadena de custodia que requiere que la compañía entregue sus pasivos ambientales solamente a gestores autorizados por medio de manifiestos de transporte, lo cual prohíbe terminantemente su combinación con basura ordinaria o su eliminación mediante recolección municipal .

1.3.29 Acuerdo Ministerial N° 142 (MAATE)

Este acuerdo expide los listados nacionales de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y desechos especiales en el país. Su función principal es proporcionar la base legal y técnica para que las industrias puedan identificar, clasificar y categorizar de manera adecuada sus residuos según sus características de riesgo (toxicidad, inflamabilidad, corrosividad), determinando así las disposiciones para su manejo final [68].

1.3.30 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2841

Establece la estandarización obligatoria de colores para los recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos a nivel nacional. Tiene como objetivo facilitar la separación en la fuente y la recolección en las organizaciones, asignando un código cromático específico con el fin de evitar la contaminación cruzada y promover la economía circular [39].

TIPO DE RESIDUO	COLOR DE RECIPIENTE	DESCRIPCIÓN
Orgánico / reciclables	VERDE	Origen Biológico, restos de comida, cáscaras de fruta, verduras, hojas, pasto, entre otros.
Desechos	NEGRO	Materiales no aprovechables: pañales, toallas sanitarias, Servilletas usadas, papel adhesivo, papel higiénico, Papel carbón desechos con aceite, entre otros. Envases plásticos de aceites comestibles, envases con restos de comida.
Plástico / Envases multicapa	AZUL	Plástico susceptible de aprovechamiento, envases multicapa, PET. Botellas vacías y limpias de plástico de: agua, yogurt, jugos, gaseosas, etc. Fundas Plásticas, fundas de leche, limpias. Recipientes de champú o productos de limpieza vacíos y limpios.
Vidrio / Metales	BLANCO	Botellas de vidrio: refrescos, jugos, bebidas alcohólicas. Frascos de aluminio, latas de atún, sardina, conservas, bebidas. Deben estar vacíos, limpios y secos
Papel / Cartón	GRIS	Papel limpio en buenas condiciones: revistas, folletos publicitarios, cajas y envases de cartón y papel. De preferencia que no tengan grapas Papel periódico, propaganda, bolsas de papel, hojas de papel, cajas, empaques de huevo, envolturas.
Especiales	ANARANJADO	Escombros y asimilables a escombros, neumáticos, muebles, electrónicos.

Figura 2. Colores establecidos por el INEN para residuos

1.3.31 Especificaciones técnicas de materiales para recipientes de residuos industriales.

Para asegurar la integridad del confinamiento, es esencial elegir adecuadamente el material de los recipientes de almacenamiento. El Polietileno de Alta Densidad (PEAD) es notable en la administración industrial debido a su resistencia química frente a los ácidos, aceites y disolventes. Además, tiene una dureza elevada que previene las fracturas por impacto. Es fundamental que el diseño contenga tapas de cierre hermético y sistemas de apertura mecánica (pedal) para reducir la exposición del operario y evitar la contaminación atmosférica en el lugar de trabajo, si se trata de desechos que emiten compuestos orgánicos volátiles (COVs), como las tintas y los disolventes químicos [69].

1.3.32 Normas técnicas INEN aplicables a la gestión de residuos

Las Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE) traducen los mandatos legales en especificaciones técnicas operativas para manejar residuos peligrosos. Documentos como la NTE INEN 2266 y 2288 dictan las pautas para procesos críticos como el embalaje y etiquetado [70]. La aplicación de estas normas es clave para la validación del control, exigiendo que los análisis sean realizados exclusivamente por laboratorios acreditados ante el OAE para garantizar confiabilidad [71].

1.3.33 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2288

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2288 regula la identificación y el etiquetado de precaución de productos químicos industriales basándose en el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) [72]. Su propósito es prevenir contingencias ambientales y accidentes laborales mediante el uso obligatorio de pictogramas y frases de advertencia estandarizadas en los envases [72].

Esta normalización garantiza que cualquier empleado sea capaz de identificar visualmente el grado de riesgo de una sustancia antes de manipularla, lo que reduce la probabilidad de contingencias ambientales y accidentes. Un sistema de etiquetado debe incluir elementos visuales y textuales específicos para ser eficaz en el piso de

producción y cumplir con la normativa [72]. Entre los elementos obligatorios sobresalen:

- ***Pictogramas de peligro:*** Símbolos universales enmarcados en un rombo de borde rojo que advierten acerca de corrosión, inflamabilidad o toxicidad.

- ***Advertencias:*** Palabras como "Atención" (para peligros moderados) o "Peligro" (para peligros severos).

- ***Indicaciones de peligro (Frases H):*** Definiciones exactas de la naturaleza del riesgo.

- ***Consejos de precaución (Frases P):*** Acciones sugeridas para reducir los impactos negativos durante el almacenamiento o la exposición.

1.3.34 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266

La NTE INEN 2266 establece las pautas necesarias para la manipulación segura de solventes y tintas en el sector gráfico, con el objetivo de evitar la contaminación ambiental y los accidentes laborales [70]. Un elemento esencial de esta regulación es la separación de sustancias a través de una matriz de compatibilidad química. Esta matriz impide que se almacenen juntos materiales que tengan potencial para reaccionar entre sí y generar incendios. Además, la ley requiere que se empleen sistemas de contención secundaria, como las bandejas antiderrames que pueden almacenar un 110% del volumen del recipiente más grande, para impedir que cualquier fuga llegue al suelo o a la alcantarilla [70]. Además, la norma establece que en el área de operaciones es obligatorio contar con equipos que respondan inmediatamente a las emergencias, en particular con "Kits Antiderrames" y extintores que contengan material absorbente inerte como la arena [40].

1.3.35 Prevención de Incendios

La norma NFPA 10 y otras regulaciones globales de seguridad son las que determinan la prevención de incendios en el manejo de fluidos y materiales industriales [73]. Esta regulación categoriza el fuego de acuerdo con la composición de su combustible: Clase A (sólidos ordinarios), Clase B (líquidos que se pueden encender, como tintas,

hidrocarburos o disolventes) y Clase C (aparatos eléctricos que están energizados). El Polvo Químico Seco (PQS) de tipo ABC es el agente extintor más eficaz y aconsejable para áreas industriales multipropósito. Este funciona deteniendo la reacción en cadena del fuego, lo que lo convierte en una medida de contención y respuesta inmediata obligatoria en zonas de riesgo [74].

1.3.36 Análisis de peligrosidad CRETIB

Para determinar el nivel de riesgo químico de los materiales y residuos producidos en una planta, el análisis CRETIB es un instrumento técnico cualitativo esencial [75]. Su función es la de permitir que se reconozcan las propiedades fisicoquímicas específicas que convierten a un residuo en peligroso: Propiedades biológicas (B), reactividad (R), explosividad (E), toxicidad (T), inflamabilidad (I) o corrosividad (C). La creación de esta matriz de caracterización justifica, desde el punto de vista técnico y legal, la necesidad urgente de otorgar a estos materiales una gestión y disposición final especializada, lejos de los residuos sólidos ordinarios [76].

1.3.37 Sistemas de gestión ambiental (SGA) para el etiquetado de productos químicos.

En los Sistemas de Gestión Ambiental, la detección visual de riesgos es fundamental para evitar contingencias ecológicas y accidentes en el trabajo. El SGA requiere que todos los envases de productos químicos industriales tengan una etiqueta de precaución según el marco regulatorio (como la NTE INEN 2288) [77]. Esto significa que se empleen de manera obligatoria y estandarizada pictogramas de riesgo y frases de advertencia, con el fin de garantizar que los trabajadores identifiquen inmediatamente los riesgos asociados al manejo y desecho [78].

1.3.38 Regulación y monitoreo de las fuentes generadoras de residuos de riesgo

Existe el deber legal de que toda entidad que produzca residuos peligrosos se registre ante el MAATE [66]. Más que un trámite administrativo, este registro implica asumir responsabilidad plena. Por lo tanto, el generador debe declarar detalles sobre el tipo de desecho, sus características CRETIB, los volúmenes anuales y los protocolos de almacenamiento temporal [79].

1.3.39 Fiscalización y seguimiento ambiental por parte del MAATE

El MAATE, como Autoridad Ambiental Nacional lidera el control del sistema de gestión. Su función principal es inspeccionar y monitorear que todos los operadores, públicos o privados, cumplan con la normativa [66]. El objetivo es verificar la adhesión a las leyes, los planes de manejo y las condiciones estipuladas en los permisos administrativos [52].

ECONOMIA CIRCULAR Y SOSTENIBILIDAD

1.3.40 Concepto y principios de la economía circular

La Economía Circular (EC) se define como un sistema económico regenerativo enmarcado en el desarrollo sostenible. Su meta central es reemplazar el modelo lineal tradicional de "extraer y desechar" por un esquema de ciclo cerrado [80]. Este enfoque prioriza la eficiencia en el uso de recursos para fabricar productos y brindar servicios, minimizando al máximo los desperdicios. Sus principios rectores son:

a. ***Eliminar residuos y contaminación desde el diseño***: Se centra en evitar la creación de desechos y tóxicos desde la fase inicial de planificación del producto [80].

b. ***Mantener productos y materiales en uso***: Busca alargar la vida útil de los recursos mediante la reparación, el reuso y la remanufactura [81].

c. ***Regenerar los sistemas naturales:*** Garantiza que los materiales biológicos regresen a la tierra de forma segura para restaurar nutrientes y capital natural [81].

1.3.41 Estrategias de aprovechamiento de residuos en el sector industrial

El objetivo de estas estrategias es conservar el valor de los materiales por más tiempo [53]. En la Economía Circular, estas iniciativas se aplican en distintas fases:

a. ***Estrategias de extensión de vida útil (Las "R"):*** Abarcan el reciclaje y la reutilización. Esta última implica dar un segundo uso a un objeto sin someterlo a transformaciones complejas [82].

b. ***Valorización y Reciclaje:*** Consiste en recuperar el valor material o energético de los residuos para reinsertarlos como materia prima secundaria, evitando así la explotación de recursos vírgenes [82].

1.3.42 Modelos de producción más limpia

La Producción Más Limpia (PML) es una estrategia preventiva esencial para transitar hacia la Economía Circular. Se aplica integralmente a procesos y servicios con un doble propósito: optimizar el consumo de insumos (como agua y energía) y reducir significativamente la emisión de contaminantes [83].

1.3.43 Reutilización de subproductos en el sector gráfico

En este sector, la reutilización busca mantener los desechos dentro del ciclo económico valorizando subproductos. La fabricación de papel nuevo depende del reciclaje de celulosa, reintegrando residuos al proceso productivo. Se prioriza esta alternativa para que los recursos recuperados se usen nuevamente sin necesidad de procesos de transformación complejos [84].

APLICACIÓN PRÁCTICA EN EL SECTOR GRÁFICO

1.3.44 Descripción del proceso de impresión offset

La impresión offset lidera el mercado industrial como sistema planográfico. Su funcionamiento se basa en la repulsión física y química entre elementos grasos y acuosos, permitiendo diferenciar zonas entintadas de las húmedas en una misma superficie. Se clasifica como un método indirecto, ya que la imagen se traslada primero de una placa metálica a un cilindro de caucho, conocido como mantilla, antes de pasar al soporte final. Esta técnica es ampliamente utilizada debido a su alta calidad y rendimiento productivo [85].

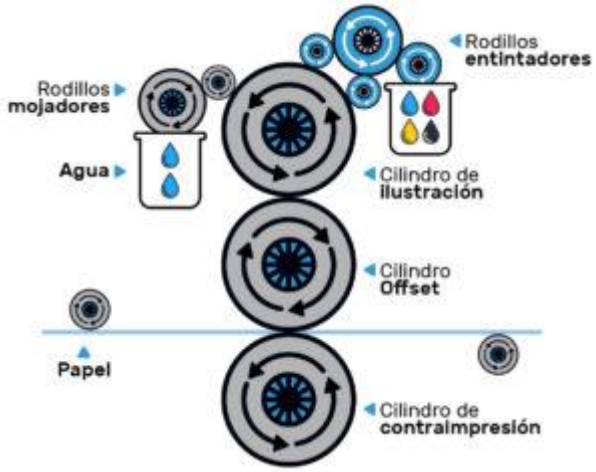


Figura 3. Componentes de la impresión offset

1.3.45 Identificación y cuantificación de residuos generados

Debido a los químicos y materiales usados, la industria gráfica produce una gran variedad de desechos. En la preimpresión, surgen líquidos agotados de revelado y fijado que pueden contener plata o cianuros, además de mermas de películas y planchas [86]. Durante la impresión, es habitual encontrar trapos con disolventes, lodos de tinta, envases sucios y soluciones de mojado con restos de alcohol. El riesgo principal de estos materiales radica en los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y posibles metales pesados. Por ello, es vital identificar y medir estos residuos, pues gran parte se clasifica oficialmente como peligrosa [86].

1.3.46 Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en la industria gráfica y su impacto.

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) son gases que se emiten en el aire del lugar de trabajo debido a la evaporación natural de tintas, alcoholes y disolventes químicos durante el secado de papel y los procedimientos de impresión. Representan uno de los riesgos más importantes en la industria gráfica [87]. Una valoración insuficiente de la toxicidad de los COVs y el uso inadecuado de equipos para proteger al personal generan debilidades a nivel sistémico que afectan la salud (enfermedades laborales) y aumentan considerablemente el peligro de conatos de incendio en las instalaciones [88].

1.3.47 Vías de Exposición Toxicológica en la Industria Gráfica

El manejo continuo de productos químicos peligrosos, como solventes industriales y tintas a base de petróleo, es un riesgo para la salud del personal operativo. Para entender su efecto sobre la salud ocupacional, resulta fundamental detectar las cuatro rutas de ingreso al cuerpo: el contacto ocular debido a salpicaduras mientras se mezcla o transfiere; el contacto cutáneo por manipulación sin guantes, que puede causar dermatitis y absorción dérmica; la inhalación de vapores en lugares con ventilación deficiente; y la ingestión accidental, vinculada a prácticas inadecuadas de higiene, como no lavarse las manos o comer en zonas de producción [89].

1.3.48 Protocolos de Primeros Auxilios ante Riesgo Químico

En un Plan de Gestión Integral de Residuos y seguridad industrial, las estrategias de mitigación aguda deben fortalecer la prevención. Los protocolos de primeros auxilios para la exposición química son lineamientos técnicos que se siguen inmediatamente con el fin de estabilizar al trabajador afectado antes de que reciba atención médica profesional [90]. Es esencial, para disminuir la severidad de las heridas, diluir el tóxico a través de lavados de emergencia y evitar daños en la salud del personal que no se puedan revertir, tener rutas de acción estandarizadas y visuales para cada clase de contacto (inhalación, piel, ojos o ingestión) [90].

1.3.49 Prácticas de manejo

Para mitigar el impacto ambiental, el sector requiere una secuencia de manejo controlada [91]. Este proceso inicia con un almacenamiento riguroso, especialmente de tintas y químicos, respetando las indicaciones del fabricante para evitar su caducidad [84]. Por otro lado, constituye una obligación legal que los residuos peligrosos sean entregados exclusivamente a gestores autorizados para su tratamiento o eliminación final [92].

a. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Los Indicadores Clave de Desempeño o más conocidos como KPI, constituyen valores medibles diseñados para comprobar la eficacia con la que una empresa o entidad está logrando sus propósitos operativos. Un KPI en la gestión e ingeniería ambiental necesita ser específico, temporal y medible. Para formularlo correctamente, es necesario diseñar fichas técnicas de control que especifiquen de manera clara: el nombre del indicador, su objetivo, la fórmula matemática para calcularlo, con qué frecuencia se mide y cuál es la meta a lograr. Esta estructura posibilita que se tomen decisiones para mejorar de manera continua, fundamentadas en datos objetivos[93].

1.3.50 Evaluación Económica

Para que un Plan de Gestión Integral de Residuos sea viable necesita una base económica que diferencie los flujos de capital requeridos para su implementación y

para su mantenimiento. Esta evaluación se organiza sobre todo en dos categorías: los costos de inversión (CAPEX), que incluyen el capital inicial empleado para adquirir activos fijos y equipos (como básculas, contenedores y señalización); y los costos operativos (OPEX), que son los gastos recurrentes e imprescindibles para conservar la operatividad del sistema. Dentro de estos últimos se encuentran la adquisición de insumos consumibles, el mantenimiento preventivo y el pago por servicios de gestión externa [94].

1.3.51 Evaluación del cumplimiento normativo ambiental

El cumplimiento implica verificar que las operaciones se ajusten a la legislación vigente, abarcando aspectos como la clasificación de establecimientos, el manejo de desechos y el control de emisiones y vertidos [95]. En el caso de Ecuador, se ha observado que las pequeñas y medianas empresas (PYMES) enfrentan dificultades para cumplir todas las exigencias legales y adoptar sistemas de gestión, debido principalmente a limitaciones financieras y administrativas [96].

1.3.52 Propuesta de mejora del plan de gestión integral de residuos

Bajo el enfoque de Producción Más Limpia (PML), se busca actuar de forma preventiva atacando la contaminación en su origen. Las mejoras sugeridas apuntan a la ecoeficiencia, por ejemplo, sustituyendo insumos de alto impacto, como tintas solventes, por opciones al agua o tecnología UV [97]. Asimismo, se propone optimizar el consumo de recursos e implementar mecanismos para la recuperación y reutilización de materiales [95].

1.3.53 Monitoreo, control y mejora continua del sistema

El monitoreo consiste en la medición periódica de variables ambientales para diagnosticar el estado del entorno y permitir correcciones [84]. El control, en cambio, refiere a la regulación de procesos específicos como emisiones o vertidos [91]. Ambos elementos se integran en un ciclo de mejora continua, un esfuerzo constante que utiliza estos datos para perfeccionar la gestión ambiental y alcanzar progresivamente los objetivos de reducción de riesgos [86].

1.3.54 Ergonomía y Manejo Manual de Cargas

La salud ocupacional requiere un control riguroso de los riesgos ergonómicos que resultan del levantamiento manual de cargas [98]. Siguiendo las normas que rigen la ergonomía a nivel internacional, como los parámetros del NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional) y las regulaciones actuales en materia de seguridad laboral, se determina un límite técnico para el levantamiento manual por parte de un trabajador hombre adulto en condiciones seguras: 25 kg. Mantener este parámetro evita serios trastornos musculoesqueléticos y asegura que las operaciones logísticas sean seguras a lo largo del transporte o acumulación de pesos físicos [99].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un plan de gestión integral de residuos en la Imprenta Voluntad JR en cumplimiento de la normativa ambiental ecuatoriana.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los tipos y cantidades de residuos generados en el proceso productivo.
- Identificar las prácticas actuales de manejo y disposición de residuos respecto a capacitación, infraestructura y control externo.
- Proponer acciones de mejora para la optimización de gestión de residuos adaptadas a las condiciones técnicas, económicas y ambientales.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para el desarrollo de la investigación, el diagnóstico y el diseño del plan de gestión en la Imprenta Voluntad Jr., se emplearon diversos recursos técnicos, tecnológicos e informáticos. Estos materiales permitieron la recolección de datos en planta, la cuantificación de los residuos y el modelado de los procesos operativos, los cuales se describen de forma detallada en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales y sus aplicaciones en la investigación

Recurso	Definición y Aplicación	Imagen
Procesador de Textos (Word)	Software de Microsoft utilizado para la estructuración, redacción y formato final del informe de investigación.	
Hoja de Cálculo (Excel)	Herramienta informática destinada al procesamiento de datos estadísticos, gestión de indicadores y análisis cuantitativo.	
Computadora	Hardware fundamental para el soporte de aplicaciones especializadas y la gestión integral de la información recolectada.	
Balanza	Balanza portátil de precisión utilizada para la cuantificación exacta de la masa de insumos o productos dentro del proceso.	
Bizagi Modeler	Aplicativo especializado en el mapeo y estandarización de flujos de trabajo mediante la simbología BPMN.	
Bases de Datos Académicas	Plataformas digitales de consulta para la recopilación de literatura científica y antecedentes relevantes al estudio.	

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

El trabajo adoptó una perspectiva mixta, uniendo técnicas cuantitativas y cualitativas para obtener una visión completa del problema. La parte cuantitativa sirvió para calcular con exactitud los volúmenes de papel, cartón y químicos, mientras que el análisis cualitativo buscó comprender los hábitos operativos y la visión de los trabajadores frente al manejo de los desechos.

El estudio se apoyó en las modalidades de campo y documental para dar validez técnica a la información. La investigación de campo se llevó a cabo directamente en las instalaciones de la Imprenta Voluntad JR, observando la generación de residuos in situ, actividad que se complementó con una revisión de las leyes ambientales y guías técnicas del sector gráfico.

La investigación se clasificó como aplicada, pues buscó resolver una necesidad práctica de la microempresa. La meta principal fue utilizar la ingeniería industrial para diseñar un Plan de Gestión Integral de Residuos que mejorara la operación y garantizara el apego a las regulaciones ambientales de Ecuador.

El alcance fue descriptivo y explicativo, lo que permitió detallar los residuos peligrosos y no peligrosos. A su vez, se indagaron las causas profundas de la gestión empírica actual para proponer soluciones técnicas que redujeran el impacto ambiental y los riesgos laborales derivados del uso de tintas y solventes.

Para la recolección de datos se emplearon dos métodos diferentes dependiendo del objeto de estudio. Por un lado, para reflejar con precisión la realidad organizacional, se empleó una investigación censal para el equipo humano, implementando las herramientas al total de los trabajadores administrativos y operativos. Por otra parte, para realizar el análisis físico de los residuos, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Para ello, se eligió un lapso representativo de 15 días continuos de producción.

2.2.2 Población y muestra

El grupo de estudio estuvo delimitado por el proceso de impresión offset de la Imprenta Voluntad JR, el cual incluyó tanto al personal administrativo y operativo como al conjunto de desechos sólidos y líquidos derivados de las operaciones diarias. Al tratarse de una microempresa, esta población se clasificó como finita y accesible, por lo que se realizó un registro al 100% de los colaboradores para el levantamiento de información mediante encuestas y entrevistas. En cuanto a los residuos, la muestra incluyó el volumen total de desperdicios producidos durante un tiempo de trabajo representativo, lo que permitió obtener una descripción exacta de los materiales generados.

2.2.3 Recolección de información

Tabla 2. Recolección de información para el desarrollo de actividades

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividades	Técnica Aplicable	Herramienta Aplicable
Establecer un sistema completo para el manejo de residuos en la Imprenta Voluntad JR, ajustado a las leyes ambientales de Ecuador.	Caracterizar los tipos y cantidades de residuos generados en el proceso productivo.	Identificación de puntos críticos mediante el levantamiento del flujo de proceso en el área offset.	Ingeniería de Métodos (Diagramación de Procesos)	Diagrama de Flujo de Procesos: Usando simbología BPMN mediante Bizagi Modeler
		Registro diario de pesos y volúmenes para determinar la generación exacta de desechos y químicos.	Pesaje Directo	Bitácora de Pesaje Diario
		Clasificación de desechos en categorías de peligrosos y no peligrosos.	Análisis regulatorio y CRETIB	Matriz de Requisitos Legales (Norma NTE INEN 2266)
	Identificar las prácticas actuales de manejo y disposición de residuos respecto a capacitación, infraestructura y control externo.	Evaluación de los métodos actuales de manejo y separación de residuos en la fuente.	Observación directa en el sitio	Checklist de Segregación
		Medición del nivel de conocimiento del personal sobre seguridad,	Encuesta o entrevista dirigida	Formulario de preguntas para identificar necesidades de

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividades	Técnica Aplicable	Herramienta Aplicable
		clasificación y leyes ambientales.		formación del personal.
		Diagnóstico de infraestructura enfocado en etiquetado, sistemas de seguridad y condiciones del suelo.	Inspección de infraestructura	Tomar fotos de la bodega y anotar al pie de la foto qué falta
	Proponer acciones de mejora para la optimización de gestión de residuos adaptadas a las condiciones técnicas, económicas y ambientales.	Definición de estrategias de prevención y aplicación de las 3R en el proceso de impresión.	Metodologías de Producción Más Limpia (PML)	Matriz de ecoeficiencia (para mejorar el uso de materiales, p.ej., reemplazo de tintas).
		Elaboración de protocolos de gestión para el transporte, etiquetado y seguimiento de residuos peligrosos.	Elaboración de protocolos de manejo	Modelos de etiquetas y registros
		Redacción del Plan de Manejo Integral, incluyendo cronograma de ejecución y recursos necesarios.	Formulación de la propuesta de mejora	Esquema del Plan de Gestión (guía aplicable para la imprenta).

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

a. ***Revisión de la información***: La recopilación de datos de campo abarcó dos frentes: el equipo humano y la cuantificación física de los desechos. La aplicación de encuestas y entrevistas tanto al personal operativo como administrativo contó con la moderación directa del investigador permitiendo aclarar cualquier duda técnica respecto a la terminología de clasificación de residuos y normativas ambientales, garantizando la obtención de respuestas claras y concisas. De igual manera, la revisión documental incluyó la verificación de las bitácoras de pesaje y volumen de los residuos (sólidos y líquidos) generados en el área offset, asegurando que los registros diarios estuvieran completos.

b. ***Limpieza de la información:*** El diseño estructurado y cerrado de las preguntas evitó ambigüedades y la guía del investigador impidió que los entrevistados se desviaran del tema central del manejo de desechos. En cuanto a los datos cuantitativos, la limpieza de la información consistió en validar los registros de los pesajes directos, descartando posibles anomalías o errores de anotación en la generación de tintas, solventes, papel y cartón, para consolidar una base de datos exacta previa a su tabulación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción de la empresa

Los orígenes operativos de la organización se derivan de la antigua "Imprenta Voluntad", fundada por el padre del señor Fabián Portero. En dicho establecimiento, Fabián Portero adquirió la experiencia técnica inicial en el sector gráfico. Posteriormente, al desvincularse de la imprenta original, Fabián Portero adquirió maquinaria propia y fundó la empresa independiente "Imprenta Voluntad Jr.". Con el paso de los años y el trabajo continuo, la nueva organización se dio a conocer de manera progresiva a lo largo del cantón Ambato.

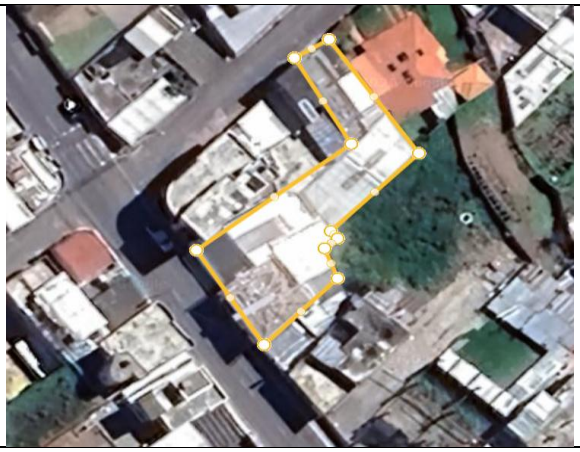
En la actualidad, la administración y dirección operativa de la Imprenta Voluntad Jr. está a cargo de manera conjunta por su fundador, Fabián Portero, y su hijo, Gary Portero, quienes se desempeñan como gerentes generales. La estructura productiva de la empresa se apoya en una plantilla de cuatro colaboradores encargados de la ejecución de los procesos de impresión offset y terminados.

3.1.1 Datos de la empresa

En la Tabla 3 se presentan los datos más relevantes de la empresa “Imprenta Voluntad Jr.”.

Tabla 3. Datos de la empresa "Imprenta Voluntad Jr."

Imprenta Voluntad Jr.		
Gerente General	Portero Villegas Carlos Fabian	
Número telefónico	+593 99 804 1429	
Correo Electrónico	gary_portero@hotmail.com	
Ubicación de la empresa		
Dirección	Tomás Nieto y Periódico La Democracia	

	
Provincia	Tungurahua
Cantón	Ambato
Parroquia	Pinllo

3.1.2 Filosofía Empresarial

a. Misión

Proveer soluciones integrales de comunicación gráfica y material impreso de alta calidad en Tungurahua. Combinamos nuestra gran tradición y maestría técnica para materializar las ideas de nuestros clientes, ofreciendo un servicio confiable, personalizado y de excelencia en cada proyecto gráfico.

b. Visión

Ser la imprenta tradicional de mayor prestigio y confianza en la zona centro del país, manteniendo nuestro legado de calidad, mientras transformamos nuestros procesos hacia un modelo operativo más eficiente, seguro y ambientalmente responsable.

3.1.3 Estructura organizacional

En la Figura 4 se muestra cómo está estructura y organizada la empresa “Imprenta Voluntad Jr.” donde se muestran el personal administrativo y colaboradores en los diferentes niveles jerárquicos.

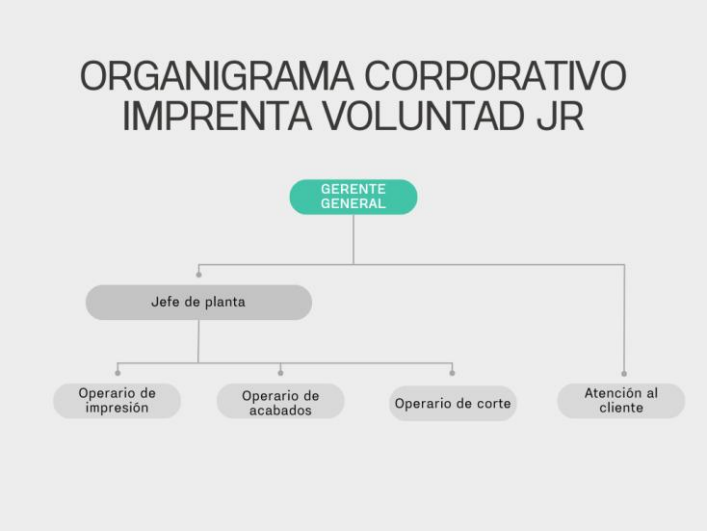


Figura 4. Organigrama de la Imprenta Voluntad Jr.

3.2 Flujograma del proceso de impresión offset

La Imprenta Voluntad Jr. produce distintos tipos de productos gráficos a través del sistema de impresión offset, un proceso que involucra múltiples etapas y áreas de trabajo. El Anexo G expone de forma clara y secuencial las tareas, decisiones técnicas y tiempos de espera que conforman el proceso de impresión offset de la empresa.

La etapa de limpieza de la máquina offset representa uno de los puntos más críticos desde la perspectiva de la gestión ambiental. Como se detalla en la Figura 5, este proceso se lleva a cabo solamente al finalizar la jornada de trabajo, exige el uso de solventes químico, entre ellos thinner y printex, para la remoción de tinta en tinteros, cilindros y mantillas.

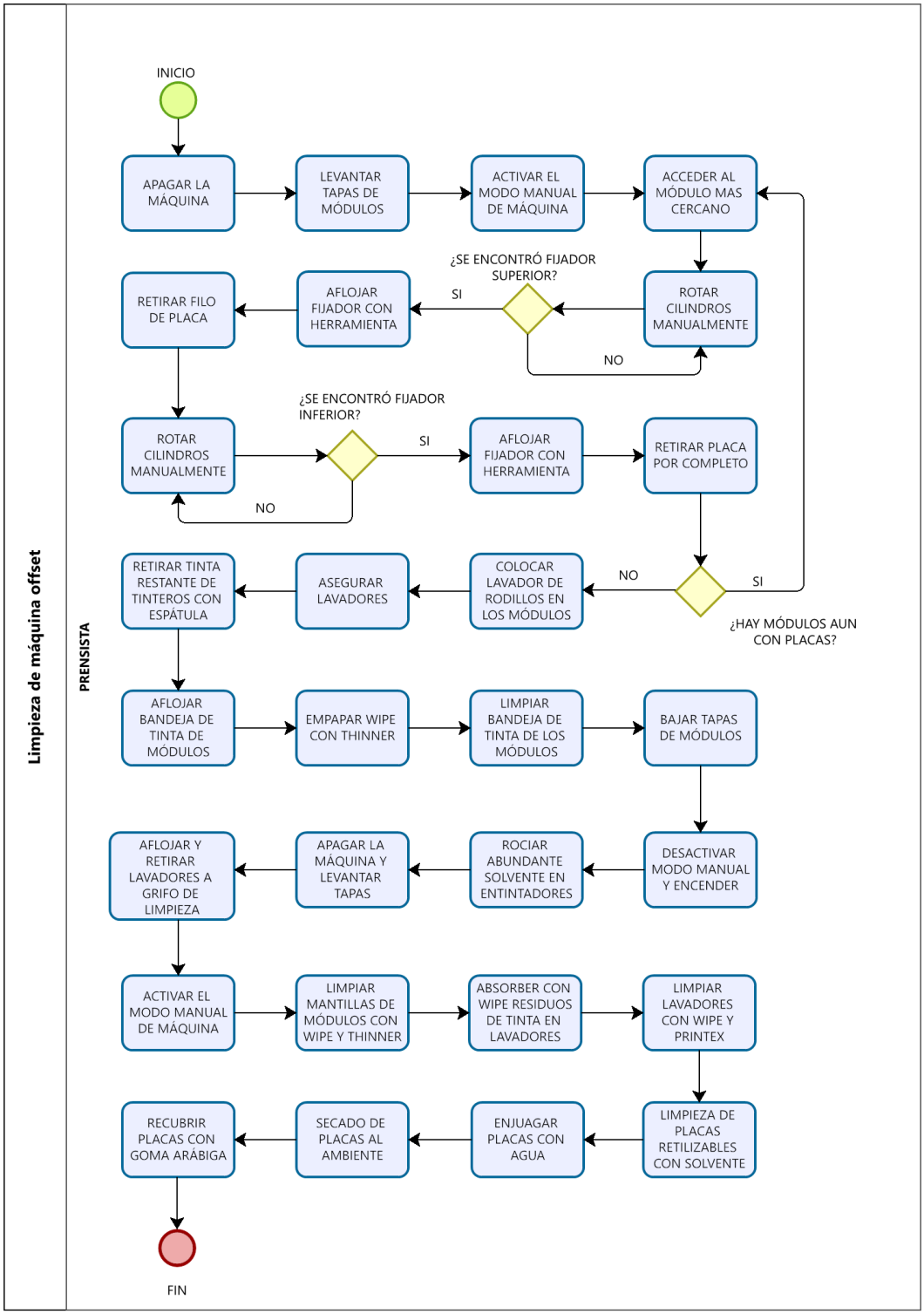


Figura 5. Proceso de limpieza de máquina offset

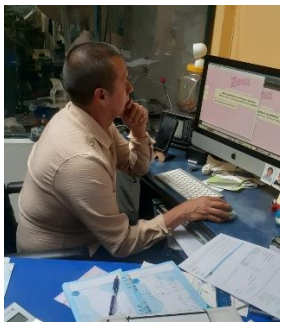
3.3 Procesos productivos identificados

Con base en la información proporcionada por el jefe de planta, colaboradores y mediante la observación directa en la planta, se identificaron y definieron cinco procesos productivos clave en el servicio de impresión offset, junto con el proceso de soporte de limpieza de la maquinaria, los cuales se describen de mejor manera en el siguiente apartado.

3.3.1 Gestión administrativa

En la Tabla 4 se describe a detalle en que consiste el proceso de "gestión administrativa".

Tabla 4. Ficha descriptiva del proceso "gestión administrativa"

Gestión Administrativa		
Responsable	Fabian Portero – Gary Portero (Gerentes Generales)	
Propósito	Receptar los requerimientos del cliente, planificar la producción y gestionar la tercerización de las matrices de impresión.	
Descripción	Se recibe la orden de trabajo, se elabora la cotización y se aprueba con el cliente. De tener una respuesta afirmativa se solicita la elaboración de las placas de aluminio a un local externo.	

3.3.2 Preparación de material

En la Tabla 5 se describe a detalle en que consiste el proceso de "Preparación de Material y Corte".

Tabla 5. Ficha descriptiva del proceso "preparación de material y corte"

Preparación de Material y Corte		
Responsable	Marco Chiliquinga (Guillotinero)	
Propósito	Acondicionar el material de impresión mediante cortes precisos y trasladarlo al área de preimpresión.	

Descripción	Se preparan los pliegos de papel virgen, realizando la alineación y los cortes iniciales en la guillotina de acuerdo con las medidas solicitadas por la orden. Posteriormente se traslada el material a la mesa de carga.	

3.3.3 Puesta a punto de máquina offset

En la Tabla 6 se describe a detalle en que consiste el proceso de "alistamiento de máquina offset".

Tabla 6. Ficha descriptiva del proceso "alistamiento de máquina offset"

Alistamiento de Máquina Offset		
Responsable	Santiago Cevallos (Prensista)	
Propósito	Calibrar los módulos de impresión, rodillos y tinteros para garantizar el registro exacto del color.	
Descripción	Se ajustan las entradas de papel, se introducen las placas de aluminio y se aseguran los fijadores superiores e inferiores. En paralelo, se abren los pasos de tinta, se corrige la posición de los rodillos y se realizan pruebas continuas de registro y color.	

3.3.4 Producción

En la Tabla 7 se describe a detalle en que consiste el proceso de "tiraje y producción offset".

Tabla 7. Ficha descriptiva del proceso "tiraje y producción offset"

Tiraje y Producción Offset		
Responsable	Santiago Cevallos (Prensista)	
Propósito	Ejecutar la impresión continua del lote requerido y asegurar la correcta fijación de las tintas en el producto.	

Descripción	Con la máquina debidamente calibrada y aprobada, se procede a imprimir la cantidad necesaria de pliegos. Al finalizar el tiraje, se establece un tiempo de secado obligatorio de 30 minutos al ambiente.	

3.3.5 Terminados

En la Tabla 8 se describe a detalle en que consiste el proceso de “terminados, empaquetamiento y almacenamiento”.

Tabla 8. Ficha descriptiva del proceso “terminados, empaquetamiento y almacenamiento”

Terminados, Empaquetamiento y Almacenamiento		
Responsable	Patricio Poaquiza (Empaquetamiento)	
Propósito	Consolidar el producto final mediante un embalaje seguro y su correcto acopio previo a la entrega al cliente.	
Descripción	Los pliegos impresos se transportan a la mesa de empaque. En esta etapa, el proceso de empaquetamiento y el almacenamiento posterior demandan un control riguroso.	

3.3.6 Limpieza de máquina offset

En la Tabla 9 se describe a detalle en que consiste el proceso de “limpieza de máquina offset”.

Tabla 9. Ficha descriptiva del proceso "limpieza de máquina offset"

Limpieza de máquina offset		
Responsable	Santiago Cevallos (Prensista)	
Propósito	Remover los residuos de tinta y acondicionar los rodillos, tinteros y mantillas mediante el uso de solventes, garantizando el óptimo funcionamiento del equipo y la pureza del color para el siguiente tiraje.	

Descripción	Al concluir la producción o durante un cambio de color, el prensista procede a retirar las placas de aluminio y utiliza estopas impregnadas con solventes químicos para la limpieza profunda de los tinteros, cilindros y mantillas de caucho de la máquina rotativa.	

3.4 Caracterización de los residuos generados en el proceso productivo

Para cumplir con la caracterización de los desechos, a continuación se describen en detalle los tipos de residuos identificados, su ubicación en las áreas de trabajo y la línea base de su generación.

3.4.1 SIPOC de los procesos productivos identificados

Tabla 10. SIPOC de procesos productivos clave

S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Procesos)	O (Salidas)	C (Clientes)
1. Gestión Administrativa y de pedidos				
-Cliente final -Gerencia general	-Requerimientos del cliente -Papel bond -Energía eléctrica	-Generar orden de trabajo y cotizar. -Solicitar elaboración de placas.	-Orden de trabajo aprobada -Diseño digital y cotización **Residuos** -Papel bond de descarte -Cartuchos de tinta	-Área de Preparación -Proveedor externo de placas -Sistema de recolección municipal
2. Preparación y corte				
-Proveedor de placas -Proveedores de papel -Gestión Administrativa	-Placas de aluminio -Pliegos de papel virgen -Orden de trabajo	-Configurar guillotina al tamaño adecuado y alinear hojas. -Activar cuchilla de guillotina y trasladar material a mesa de carga.	-Papel dimensionado -Placas listas **Residuos** -Tiras de papel de refile -Envolturas plásticas	-Área de Alistamiento -Sistema de recolección municipal -Recicladoras

S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Procesos)	O (Salidas)	C (Clientes)
			-Papel kraft de embalaje	
3. Alistamiento de la máquina				
-Área de Preparación -Proveedores de químicos y tintas	-Papel dimensionado -Placas de aluminio -Tintas y solventes -Agua y estopas	-Llenar los tinteros con colores necesarios. -Introducir lados de la placa y ajustar en los cilindros.	-Máquina calibrada -Primeros pliegos de prueba **Residuos** -Estopas contaminadas -Envases vacíos de químicos -Pliegos manchados	-Área de Producción -Sistema de recolección municipal
4. Tiraje y Producción				
-Área de Alistamiento	-Máquina calibrada -Papel y tintas -Energía eléctrica	-Imprimir la cantidad necesaria. -Secar durante 30 minutos.	-Pliegos impresos húmedos -Pliegos secos (después de 30 min) **Residuos** -Papel dañado por atascos -Emisiones de gases (COVs) -Planchas de aluminio	-Área de Terminados -Medio ambiente -Sistema de recolección municipal
5. Terminados y almacenamiento				
-Área de Producción -Proveedores de embalaje	-Pliegos impresos secos -Cajas de cartón -Cinta adhesiva	-Agrupar cantidad solicitada y empacar. -Trasladar a lugar de entrega.	-Lote de producto embalado **Residuos** -Papel de embalaje sobrante -Plásticos y cintas desechadas -Producto final no conforme	-Cliente final -Sistema de recolección municipal
6. Limpieza de máquina offset				
-Área de Producción -Proveedores de químicos	-Máquina con restos de tinta -Solventes y químicos de limpieza -Estopas o wipe	-Retirar placas de aluminio usadas. -Aplicar solventes en rodillos, mantillas y tinteros.	-Máquina limpia y acondicionada -Placas de aluminio usadas **Residuos** -Estopas contaminadas con solventes	-Área de Alistamiento

S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Procesos)	O (Salidas)	C (Clientes)
		-Remover la tinta residual con estopas.	-Envases vacíos de químicos	

El análisis de la Tabla 10 presente evidenció que, a causa de una inadecuada práctica operacional, los residuos generados en su totalidad son enviados al sistema de recolección municipal. Esta práctica cotidiana en la empresa mezcla materiales que se pueden aprovechar, como el papel de refile y el aluminio, con desechos clasificados como peligrosos como trapos con solventes y envases de químicos de darse el caso.

3.4.2 Identificación de desechos y clasificación según normativa

El levantamiento de información en campo permitió identificar los distintos tipos de residuos generados a lo largo del ciclo productivo de la empresa. La clasificación de los desechos químicos y especiales se fundamentó en el Acuerdo Ministerial N° 142 [68]; Paralelamente, la definición de los desperdicios sólidos comunes se apoyó en los parámetros de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2841 [39]. La Tabla 11 detalla los residuos encontrados, indicando qué proceso los origina, sus características y su clasificación de riesgo según las normas.

Tabla 11. Matriz de identificación y clasificación normativa de desechos.

Descripción del Desecho	Operación	Actividad Generadora	Estado Físico	Clasificación Normativa
Papel bond de descarte	Gestión Administrativa	Planificación y cotización	Sólido	No Peligroso (Aprovechable)
Cartuchos de tóner de impresión ofimática		Emisión de órdenes de trabajo	Sólido	Especial (Tóner)
Tiras de papel de refile	Preparación y Corte	Refilado de pliegos en guillotina	Sólido	No Peligroso (Aprovechable)
Envolturas plásticas de polietileno		Desembalaje de materia prima	Sólido	No Peligroso (Aprovechable)
Papel kraft de embalaje original		Desembalaje de materia prima	Sólido	No Peligroso (Aprovechable)
Estopas contaminadas con solventes	Alistamiento de Máquina	Limpieza de rodillos y mantillas	Sólido	Peligroso (Inflamable-Tóxico)
Envases vacíos de químicos y tintas	Limpieza de máquina offset	Llenado y calibración de tinteros	Sólido-Líquido	Peligroso (Tóxico-Corrosivo)

Descripción del Desecho	Operación	Actividad Generadora	Estado Físico	Clasificación Normativa
Pliegos de papel manchados		Pruebas de registro de color	Sólido	Peligroso (Contaminado con químicos)
Papel dañado por atascos mecánicos	Tiraje y producción	Impresión offset continua	Sólido	No Peligroso (Aprovechable)
Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs)		Proceso de fijación de tintas	Gaseoso	Emisión Atmosférica
Planchas de aluminio		Exposición y transferencia de imagen	Sólido	No Peligroso (Aprovechable)
Mermas de cartón	Terminados y Almacenamiento	Consolidación de lotes y embalaje	Sólido	No Peligroso (Aprovechable)
Cintas adhesivas		Sellado y embalaje final	Sólido	No Peligroso (No Aprovechable)

3.4.3 Descripción de los residuos identificados

Con la observación directa en las áreas laborales y con el análisis de la impresión offset, se logró determinar los diferentes materiales que se eliminan a diario en la planta. A continuación se describen los residuos que se producen en la imprenta, incluyendo una explicación de su apariencia física y el proceso para su generación:

- **Papel bond de descarte:** Residuos de papel generados principalmente en el área administrativa causados por errores de impresión ofimática, pruebas de diseño de placas o anulación física de órdenes de trabajo.

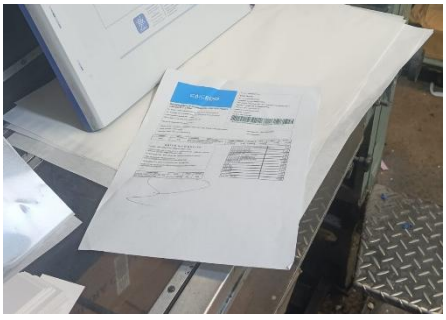


Figura 6. Residuos de órdenes de trabajo

- **Cartuchos de tóner de impresión ofimática:** Cartuchos de tinta o tóner correspondientes a las impresoras del área de gestión. Denominados como desechos especiales porque dentro de estos se conservan restos de polvos químicos finos e imantados que requieren un manejo especializado.



Figura 7. Cartuchos de tinta de impresora

- **Tiras de papel de refile:** Cortes de márgenes sobrantes de pliegos de papel virgen, provenientes del proceso de alineación y corte de pliegos en la guillotina. Al ser un desecho que no contiene tintas puede ser aprovechado.



Figura 8. Restos de refile de papel

- **Envolturas de plástico de polietileno:** Películas protectoras utilizadas por los proveedores para sellar y proteger las resmas de papel durante su transporte. Este se descarta inmediatamente después de abrir el material.



Figura 9. Restos de envolturas plásticas

- **Papel kraft de embalaje original:** Cubiertas de papel grueso y resistente que envuelven los lotes de materia prima. De igual manera se retiran antes de que el papel ingrese a la fase de preparación y corte.



Figura 10. Papel kraft en resmas de papel

- **Estopas contaminadas con solventes:** Paños de tela, algodón o wipe utilizados por los operarios para la limpieza profunda de los tinteros, rodillos y mantillas de la máquina offset. Al empaparse de químicos, tintas y solventes adquieren características tóxicas e inflamables.



Figura 11. Estopas contaminadas con solventes

- **Envases vacíos de químicos y tintas:** Tarros, botellas o galones que contuvieron los insumos líquidos de impresión. Se consideran residuos peligrosos, ya que, en sus paredes internas quedan adheridos restos de químicos.



Figura 12. Envases vacíos de solventes

- **Pliegos de papel manchados:** Hojas de papel utilizadas en pruebas de calibración de la máquina offset para lograr el registro exacto de color. Contienen tinta fresca lo que imposibilita su reciclaje común.



Figura 13. Papel manchado en pruebas de impresión

- **Papel dañado por atascos mecánicos:** Material que sufre roturas, dobleces o se traba dentro del mecanismo de la rotativa durante la calibración de la máquina offset e impresión, este puede ser recuperable si no ha recibido tinta.



Figura 14. Papel atascado en máquina

- **Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs):** Gases liberados hacia el ambiente de trabajo, fruto de la evaporación natural de los solventes, alcoholes o tintas durante la impresión y el secado del papel.



Figura 15. Evaporación de tintas

- **Mermas de cartón:** Sobrantes, recortes o cajas defectuosas generadas durante la etapa de consolidación de lotes y protección del producto impreso, en caso de ser necesario, para su despacho.



Figura 16. Mermas de cartón

- **Cintas adhesivas:** Materiales residuales mixtos provenientes del sellado final de los paquetes. Por estar mezclados con adhesivos, se consideran basura común no aprovechable.



Figura 17. Cinta Adhesiva usada en el empaque

- **Planchas de aluminio:** Láminas metálicas utilizadas para la transferencia de imagen en el proceso de impresión. Debido a la política de la empresa, se

conservan temporalmente para posibles reimpresiones y solo se consideran residuos aprovechables una vez que se confirma que no serán reutilizadas.



Figura 18. Planchas de aluminio

3.4.4 Distribución espacial de la generación de desechos

Para una interpretación más sencilla se planteó una codificación de colores en el plano de la instalación. Esta simbología permite identificar de manera rápida los puntos de generación de residuos según su nivel de riesgo, su potencial de aprovechamiento y las zonas de acumulación crítica que requieren intervención. En la Tabla 12 se detalla la codificación:

Tabla 12. Codificación visual para puntos de generación de residuos

Indicador Visual	Tipo de Residuo	Significado Operativo	Desechos Asignados
Círculo Gris	No Peligroso (Aprovechable)	Zona para separar papel y cartón limpios para reciclar.	Mermas de cartón, papel bond, papel kraft, recortes de refile y papel sin manchar.
Círculo Azul	No Peligroso (Aprovechable)	Punto de acopio exclusivo para plásticos reciclables.	Envolturas plásticas, fundas limpias.
Círculo Rojo	Peligroso	Alerta de materiales con riesgo tóxicos o inflamables que exigen manejo especial.	Estopas con solventes, envases de químicos y papel contaminado.
Círculo Negro	No Peligroso (No Aprovechable)	Depósito para basura común o mezclada que no se puede reciclar.	Cintas adhesivas, plásticos sucios y basura producto del barrido.
Círculo Amarillo	Especial/Emisión	Advertencia de desechos especiales o zonas de emisiones de gases al aire.	Cartuchos de tóner y emisiones de gases (COVs) de las tintas.
Circulo Blanco	No Peligroso (Aprovechable)	Punto de acopio para aluminio, vidrio, latas de conservas.	Planchas de aluminio para transmisión de imagen.

La Figura 19 muestra un mapa de las instalaciones de la Imprenta Voluntad JR que permite visualizar el lugar exacto dentro de la empresa donde se origina cada tipo de residuo, facilitando la comprensión de los riesgos cruzados por una deficiente distribución del espacio.

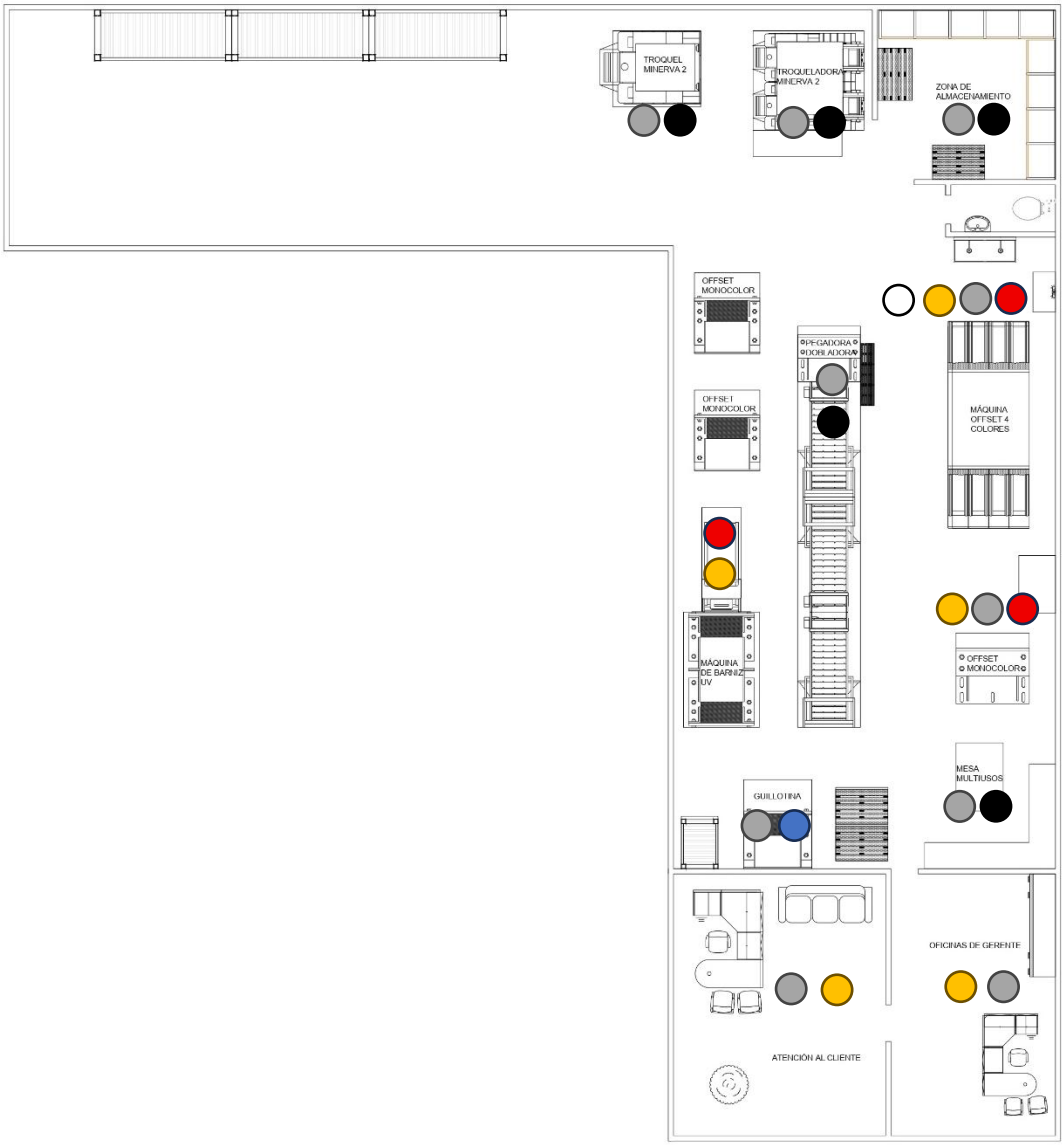


Figura 19. Puntos de generación de residuos en imprenta

3.4.5 Análisis de peligrosidad CRETIB

Con base en la clasificación general, se realizó un filtrado metodológico para identificar los elementos que representan un riesgo latente para la salud y el ambiente.

Bajo este criterio, se excluyeron los desechos comunes e inertes (aprovechables y no aprovechables).

De este modo, se seleccionaron únicamente los cinco (5) residuos críticos vinculados directamente con el uso de tintas, solventes y reactivos. A este conjunto se le aplicó la caracterización CRETIB para identificar las propiedades fisicoquímicas que los vuelven peligrosos. La evaluación cualitativa se detalla a continuación en la Tabla 13, donde se señala con una 'X' a los elementos corrosivos (C), reactivos (R), explosivos (E), tóxicos (T), inflamables (I) o biológicos (B), justificando la urgencia de una gestión y disposición final especializada.

Tabla 13. Matriz de caracterización CRETIB de los residuos peligrosos y especiales

Descripción del Desecho	**C**	**R**	**E**	**T**	**I**	**B**	**Clasificación**
Cartuchos de tóner de impresión ofimática				X			Especial
Estopas contaminadas con solventes				X	X		Peligroso
Envases vacíos de químicos y tintas	X			X			Peligroso
Pliegos de papel manchados con tinta fresca				X			Peligroso
Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs)				X	X		Emisión Atmosférica

3.5 Cuantificación de los desechos

La medición de los desechos producidos en la Imprenta Voluntad Jr. se realizó durante un lapso de 15 días laborales, que incluyó los sectores de impresión, acabados y administración. Para este propósito, se utilizaron hojas de control diario (Ver Anexo H), que fueron manejadas directamente por los empleados. Al término de cada jornada, se llevó a cabo el pesaje físico de los materiales mediante una balanza digital portátil y se registraron las cifras en libras (Lb). Para los residuos que tienen características volumétricas específicas, como los cartuchos de tóner y los envases vacíos de productos químicos, la medición se registró en unidades (Ud). Además no se reportó la generación de tóners durante este periodo porque el mantenimiento de los equipos es subcontratado y son los proveedores quienes manejan estos insumos vacíos. Es importante destacar que por su naturaleza gaseosa y dispersa, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) provenientes de solventes y tintas no se consideraron en este pesaje físico. Por lo tanto, el alcance se concentró únicamente en los residuos sólidos y envases de líquidos usados.

En el caso de las planchas de aluminio, su generación no se reflejó en este periodo debido a que la empresa las conserva entre uno y dos meses después de finalizar cada trabajo, con el fin de reutilizarlas si el cliente solicita un nuevo tiraje. Por lo tanto, su descarte definitivo no coincidió con las semanas de estudio, aunque se incluyen en la propuesta de gestión por su importancia económica.

La línea base de generación se consolidó con los datos recopilados durante este período quincenal. La matriz completa de generación mensual se elaboró a partir de estos resultados y está especificada en la Tabla 14.

Tabla 14. Resumen de pesajes de los residuos

Descripción del Desecho	**Clasificación Normativa**	**Unidad**	**Generación Quincenal**	**Proyección Mensual**	**Porcentaje del Peso Total (%)**
Residuos pesados físicamente					
Papel bond de descarte	No Peligroso (Aprovechable)	Lb	0,78	1,04	0%
Tiras de papel de refile	No Peligroso (Aprovechable)	Lb	853,64	1138,19	46%
Envolturas de plástico de polietileno	No Peligroso (Aprovechable)	Lb	1,89	2,52	0%
Papel kraft de embalaje original	No Peligroso (Aprovechable)	Lb	0,28	0,37	0%
Papel dañado por atascos mecánicos	No Peligroso (Aprovechable)	Lb	6,68	8,91	0%
Mermas de cartón	No Peligroso (Aprovechable)	Lb	887,78	1183,71	48%
Cintas adhesivas	No Peligroso (No Aprovechable)	Lb	0,04	0,05	0%
Estopas contaminadas con solventes	Peligroso	Lb	20,12	26,83	1%
Pliegos de papel manchados	Peligroso	Lb	65,50	87,33	4%
Planchas de aluminio	No Peligroso (Aprovechable)	Lb	0,00	0,00	0%
TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS		**Lb**	**1836,71**	**2448,95**	**100%**
Residuos cuantificados por unidad					
Cartuchos de tóner de impresión	Especial	Unidad	0,00	0,00	0%
Envases vacíos de químicos y tintas	Peligroso	Unidad	12,00	16,00	100%

La generación de planchas de aluminio se considera de tipo intermitente-acumulativa. Basado en la información técnica del área administrativa, se estima una tasa de generación de 60 kg por cada mes, dato que se utiliza para el dimensionamiento de la propuesta de almacenamiento final.

El 0% registrado en varios materiales es únicamente un efecto de redondeo estadístico frente al volumen masivo de los desechos principales. Sin embargo, esta igualdad matemática no determina su prioridad logística. Al aplicar un enfoque multicriterio que trasciende el pesaje físico, los residuos de masa marginal que exigen rigor operativo escalan a un nivel intermedio. En contraste, los desechos puramente inertes permanecen en la categoría más baja.

3.5.1 Clasificación ABC según el Volumen de Generación Mensual

Para establecer la prioridad logística de los desechos en la Imprenta Voluntad Jr., se aplicó un Análisis ABC basado en el principio de Pareto. Sin embargo, la realidad operativa del sector gráfico obligó a calibrar los límites tradicionales de la herramienta. Debido a que las mermas de cartón y el papel de refile acaparan cerca del 95% de la masa total mensual, clasificar únicamente por peso habría restado utilidad al método. Por ello, la categorización final integró tres variables clave: requerimiento espacial, criticidad operativa y volumen acumulado.

Bajo este enfoque integral, la Categoría A absorbe exclusivamente a los recortes de papel y cartón limpio. Su masiva generación exige condicionar de inmediato el dimensionamiento de las áreas de acopio y la frecuencia de evacuación. Por otro lado la Categoría B agrupa materiales como estopas contaminadas, pliegos manchados y planchas de aluminio. Si bien en conjunto apenas rozan un 5% del peso global, su impacto logístico es alto, ya que demandan rigurosos protocolos de seguridad por el manejo de químicos o justifican un trato especial por la viabilidad económica de su recuperación. La Categoría C queda reservada para los residuos de descarte ocasional y administrativo, cuya presencia marginal requiere una infraestructura mínima. El resultado de aplicar estos parámetros de discriminación se detalla en la Tabla 15.

Tabla 15. Categorización de residuos

Descripción del Desecho	Categoría
Mermas de cartón	A
Tiras de papel de refile	A
Pliegos de papel manchados	B
Planchas de aluminio	B
Estopas contaminadas con solventes	B
Papel dañado por atascos mecánicos	C
Envolturas de plástico de polietileno	C
Papel bond de descarte	C
Papel kraft de embalaje original	C
Cintas adhesivas	C

La Figura 20 muestra el diagrama de Pareto correspondiente para ejemplificar gráficamente la clasificación minuciosa en la tabla anterior. Esta visualización compara el peso individual de cada material con su frecuencia porcentual acumulada, lo que hace más fácil ver directamente cuáles son los residuos prioritarios.

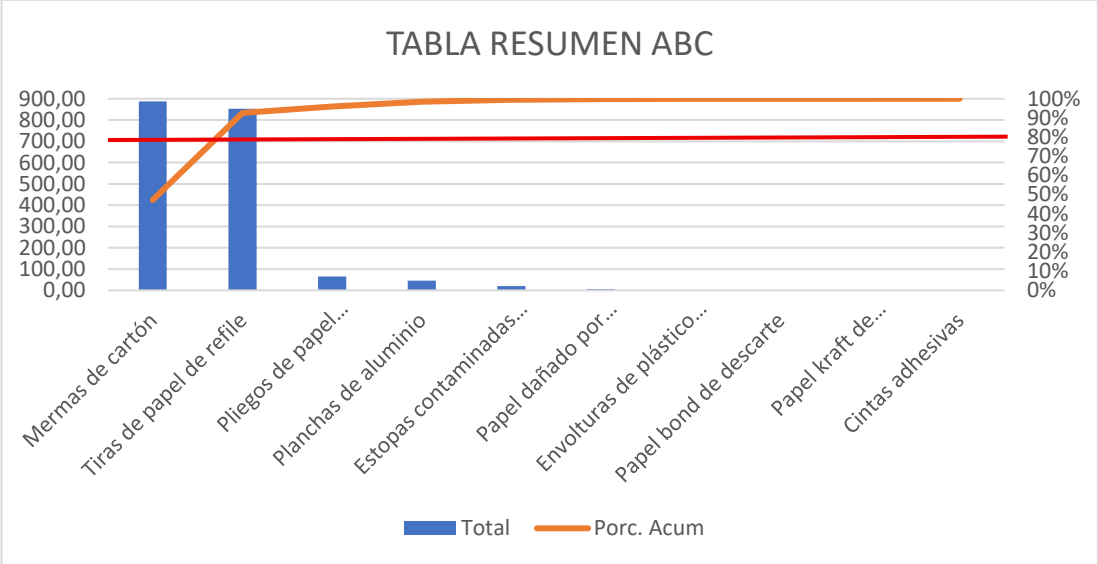


Figura 20. Diagrama ABC de residuos de la Imprenta Voluntad Jr.

3.5.2 Prioridades para el Manejo de Residuos

La distribución evidenciada en el diagrama de Pareto define tres enfoques de intervención técnica para el diseño del sistema de gestión ambiental en la planta:

Zona A

Esta área compuesta solamente por las tiras de papel de refile y las mermas de cartón, representa cerca del 95 % del peso total de la imprenta. El volumen crítico de estos materiales establece que la determinación del tamaño de los contenedores principales y los caminos de evacuación interna deben enfocarse en las áreas de troquelado y guillotina. Dado que se trata de desechos "No Peligrosos Aprovechables", este sector supone la oportunidad principal para implementar estrategias de revalorización y economía circular.

Zona B

Incluye los pliegos manchados, las estopas y las planchas de aluminio manteniendo la curva acumulativa en un 99,85%. A pesar de que su impacto volumétrico es reducido en comparación con la producción total, su importancia es muy alta por las propiedades de peligrosidad de sus elementos y el aluminio por su alto valor de recuperación. La administración en esta área requiere protocolos rigurosos de separación en la fuente utilizando contenedores específicos, para prevenir la contaminación cruzada que inutilizaría el reciclaje de los materiales masivos de la Zona A.

Zona C

El peso total (0,15%) está constituido en una pequeña medida por los insumos de embalaje, los plásticos y el material de oficina. La lenta acumulación de estos residuos sugiere una gestión simplificada, que solo necesita recipientes estándar de capacidad reducida en las estaciones finales y de administración, así como una larga frecuencia de vaciado.

3.6 Prácticas actuales de manejo y disposición de residuos

Con la finalidad de analizar la situación interna de la empresa, se evaluó las condiciones actuales de gestión de desechos de la empresa “Imprenta Voluntad Jr.”. Este diagnóstico se dividió en tres ejes fundamentales: la verificación de las prácticas de segregación en la fuente, la inspección de la infraestructura de almacenamiento

temporal y la medición del nivel de conocimiento del personal sobre temas ambientales.

3.6.1 Evaluación de la segregación y almacenamiento temporal

Para recolectar los datos técnicos y conocer la infraestructura presente en cada espacio laboral, se aplicó el método de observación in situ, utilizando como herramienta de apoyo un Checklist basado en la normativa vigente. La estructura de esta herramienta de diagnóstico (Anexo B) se estableció siguiendo rigurosamente las exigencias legales que aplican para este tipo de empresa. Se integraron los estándares técnicos de la NTE INEN 2841 para el sistema de colores, los requerimientos de las normas NTE INEN 2266 y 2288 para el tratamiento de productos peligrosos, y las normativas de infraestructura del RCOA y el Acuerdo Ministerial N° 026.

Después de aplicar el instrumento de verificación durante el recorrido por la planta, se determinó el nivel de cumplimiento normativo de la imprenta frente a las obligaciones ambientales que esta conlleva. Se han presentado los hallazgos de manera detallada centrándose en cuatro áreas críticas de gestión:

a. Prácticas de segregación en la fuente

Cuando se analizaron los lugares donde se generan residuos en el área de producción, se observó que la separación inicial de los materiales solo fue parcial. Aunque en las áreas de Guillotina y Troqueladora se emplean lonas específicas para la correcta eliminación de las sobras de papel de refile y los desechos de cartón, el resto del establecimiento no tiene recipientes regulados. Los basureros son improvisados y no están en conformidad con la NTE INEN 2841, que establece un código de colores para diferenciar su contenido. Por lo tanto, en algunas zonas, los desechos comunes se combinan con residuos de toda clase, sin tener en cuenta su peligrosidad. Adicionalmente, no hay un contenedor específicamente destinado a los residuos peligrosos ni tienen tapas de pedal o herméticas para prevenir la fuga de gases (COVs).



Figura 21. Recipientes provisionales de estopas usadas



Figura 22. Recipiente de basura común

b. Infraestructura de almacenamiento temporal (Bodega)

Respecto a la infraestructura de almacenamiento, se constató que una gran parte del espacio total de la imprenta está cubierta, lo que protege los desechos de las inclemencias del tiempo y de las variaciones climáticas, salvo unas pocas unidades de envases vacíos de polietileno con solventes expuestos al aire libre. El piso está hecho completamente de material impermeable y no tiene muchas rejillas conectadas al sistema de alcantarillado; no obstante, sus condiciones de conservación dejan mucho que desear. En el ámbito de la contención, hay un incumplimiento de la NTE INEN 2266 porque no se hallan sobre bandejas antiderrame sustancias como las tintas para impresión, el alcohol industrial o el printex. Para concluir, no hay limitaciones de acceso al área de sustancias peligrosas para el personal o externos porque estas se

sitúan cerca del puesto productivo que las necesita; además, la planta entera solo tiene señalización básica de seguridad industrial.



Figura 23. Área cubierta de Imprenta Voluntad Jr.

c. Etiquetado y seguridad industrial

Al contrastar las prácticas operativas con los lineamientos de la NTE INEN 2288 sobre identificación de riesgos, se detectó una deficiencia importante: en Imprenta Voluntad JR, los materiales peligrosos terminan en fundas comunes sin rótulos, o se guardan de forma improvisada en recipientes de tinta vacíos. En lo que respecta a la compatibilidad química en el almacenamiento (NTE INEN 2266), se realiza un control parcial, ya que, los productos químicos se almacenan lejos de la materia prima virgen, aunque existe peligro porque en toda la imprenta hay papel, cartón o residuos de ambos.



Figura 24. Residuos de cartón y papel

d. Gestión externa y control administrativo

Se detectó una práctica mixta al evaluar el manejo y el destino final de los desechos. La imprenta tiene un intervalo apropiado para recoger los residuos sólidos comunes al enviar los desechos al contenedor de basura de la zona. Esto previene que la basura se disperse y ensucie las calles y aceras. De igual manera, el almacenamiento interno no excede los tres días seguidos en que la compañía esté operando. Sin embargo, se incurre en una infracción ecológica seria en la gestión de residuos peligrosos: las estopas contaminadas son apiladas en bolsas plásticas y arrojadas a los contenedores de basura común, en vez de ser entregadas únicamente a un Gestor Ambiental autorizado, lo cual va en contra del marco legal vigente.



Figura 25. Estopas usadas con químicos en bolsa de plástico

3.6.2 Nivel de cumplimiento normativo general

Para evaluar este diagnóstico, se planteó un sistema de ponderación en el que cumplir completamente con un criterio "Sí" representa 1 punto, cumplir parcialmente con él equivale a 0.5 puntos y no cumplirlo "No" significa 0 puntos.

Con base en esta métrica y como se detalla en la Matriz Cuantitativa (Ver Anexo J) y en la Figura 26 se concluyó que la Imprenta Voluntad Jr. tiene un grado de cumplimiento normativo inicial del 39%. La falta de etiquetado estandarizado, la ausencia de recipientes específicos para residuos peligrosos y la falta de contención secundaria son los principales factores que indican una brecha significativa del 61% en su gestión ambiental. A pesar de que la organización satisface requisitos

elementales como los tiempos de entrega al recolector municipal y el resguardo bajo techo, el escaso resultado general corrobora la fragilidad legal y operacional de la instalación, lo que justifica la necesidad de elaborar un plan técnico estructurado.



Figura 26. Nivel de cumplimiento normativo

3.6.3 Evaluación del nivel de conocimiento y capacitación del personal

Una gestión ambiental eficiente en un ambiente industrial no solo depende de la adecuación de su infraestructura, sino que también está muy relacionada con el nivel de preparación del personal y con la cultura organizacional. Por lo tanto, para completar el diagnóstico de las prácticas actuales, se realizó una evaluación de los conocimientos técnicos y las costumbres operativas de los empleados de la Imprenta Voluntad Jr. a través de un cuestionario estructurado (ver Anexo E).

Este instrumento de recopilación de datos se utilizó con el objetivo de detectar las principales lagunas en la capacitación en los sectores más importantes del proceso productivo, como la clasificación de la fuente, el reconocimiento de riesgos químicos y la gestión diaria de desechos. La tabulación y el análisis técnico de los resultados logrados en cada una de las preguntas que se le hicieron al personal se detallan a continuación:

- ***Pregunta 1. ¿Ha recibido alguna capacitación sobre cómo separar y manejar correctamente la basura y químicos en la empresa?***

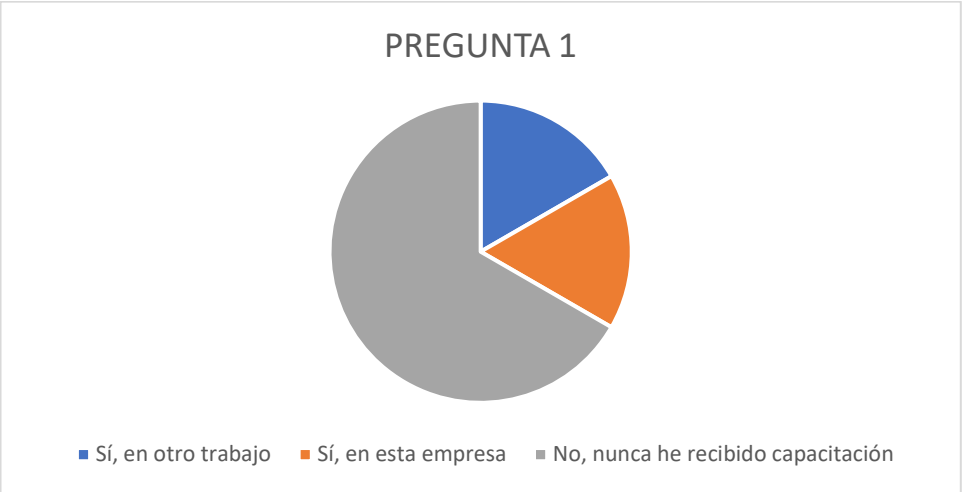


Figura 27. Resultados pregunta 1

Los hallazgos muestran una importante deficiencia en la capacitación del personal, pues el 66.7% sostiene que nunca ha sido capacitado en este campo. Solo un 16,7% admite haber sido capacitado internamente y otro 16,7 % en trabajos anteriores. Esto demuestra que la gestión de residuos en la imprenta se basa en el empirismo del empleado y no en una cultura organizativa estandarizada.

- ***Pregunta 2. ¿Conoce la normativa ecuatoriana sobre manejo de residuos peligrosos (tintas, solventes)?***

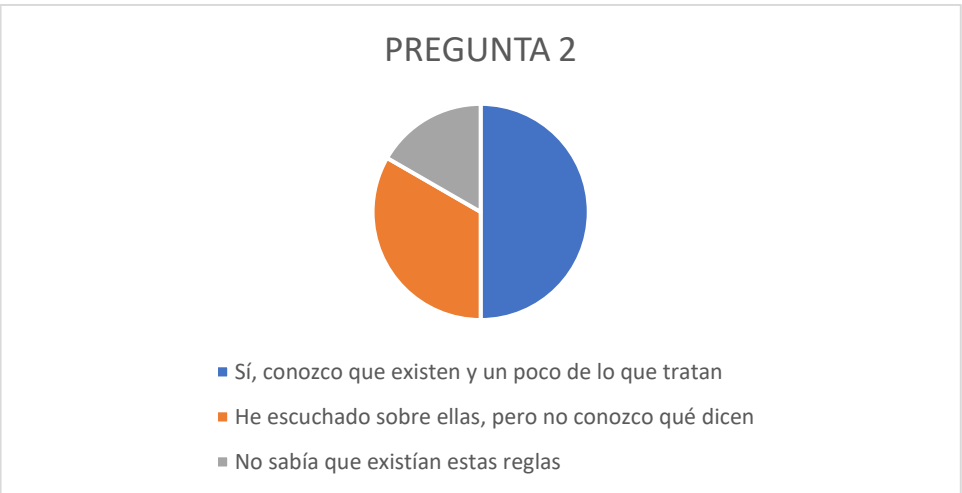


Figura 28. Resultados de pregunta 2

La evaluación evidencia que el cumplimiento legal no está vinculado con la cultura operativa. A pesar de que el 50% del personal tiene conocimientos elementales acerca de la existencia de regulaciones, un 33,3% sostiene que solo ha "oído" sobre ellas sin tener idea de su contenido, y un 16,7% no sabe nada acerca de ellas. Esta carencia de conocimiento normativo aumenta la susceptibilidad de la compañía ante las inspecciones de entidades municipales.

- ***Pregunta 3. Según el sistema de colores de su empresa, ¿qué tipo de residuos se depositan en el tacho rojo?***

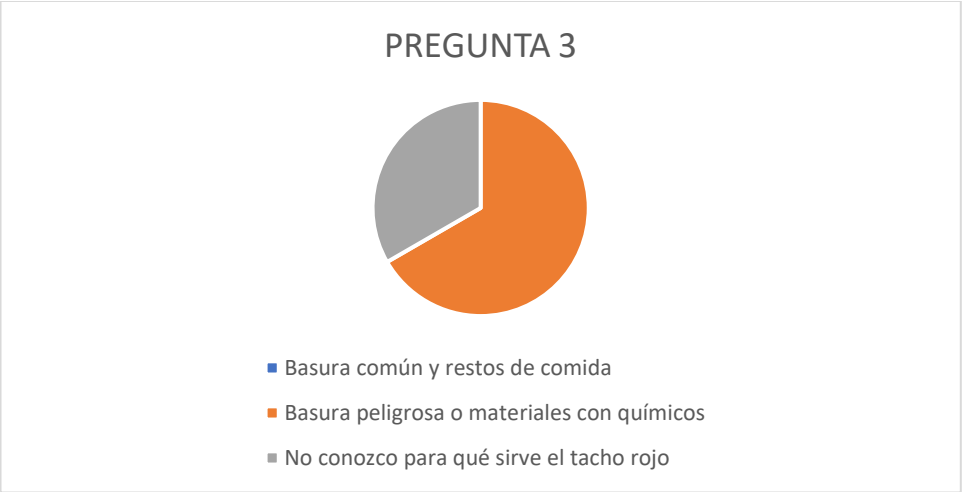


Figura 29. Resultados de pregunta 3

Se observa un conocimiento parcial de la norma nacional. Aunque el 66,7% del personal sabe que el tacho rojo es para desechos peligrosos, el resto, es decir, un 33,3% admite no saber en absoluto cuál es su función. Este desconocimiento implica un peligro inmediato de contaminación cruzada en un ambiente donde se utilizan solventes a diario.

- ***Pregunta 4. Durante su trabajo, ¿qué hace con los pedazos de papel limpio (como las tiras de refile) y cartón que sobran?***

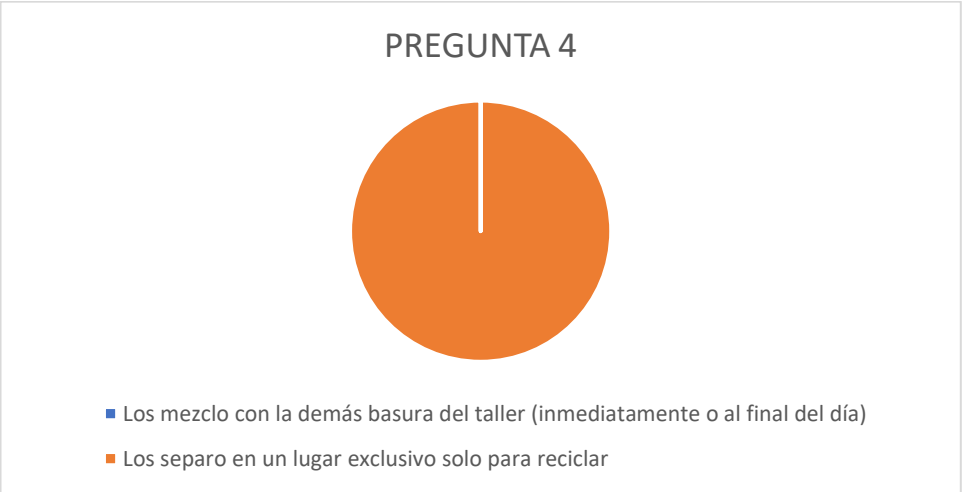


Figura 30. Resultados de pregunta 4

Para la organización, este indicador resultó ser muy positivo. El 100% de los participantes en la encuesta dice que separa el papel y cartón limpio en un espacio específico. Esto evidencia que el empleado sí tiene la inclinación y costumbre de clasificar de manera básica, lo cual asegura que el residuo más generado en la imprenta (zona A del análisis ABC) no se contamine.

- ***Pregunta 5. En su área de trabajo, ¿cómo bota la basura común (restos de comida, plásticos, botellas vacías)?***

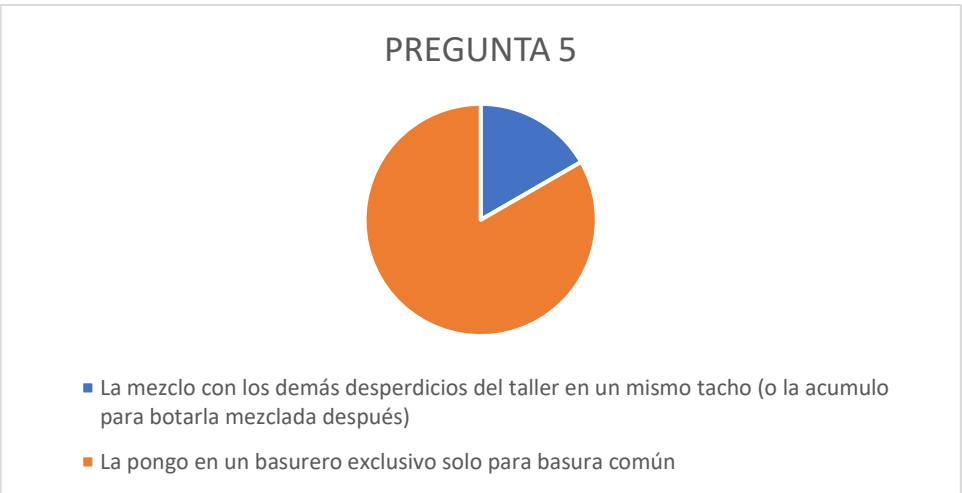


Figura 31. Resultados de pregunta 5

Se nota una tendencia extendida hacia la disposición adecuada, con un 83.3% de los empleados asegurando que utilizan basureros específicos para residuos comunes. No obstante, un 16,7% acepta combinar estos desechos con los residuos del taller. A pesar de ser más pequeño, este margen de error es suficiente para obstaculizar los procedimientos de reciclaje.

- ***Pregunta 6. Cuando utiliza estopas (wipe) o trapos sucios con tintas o solventes, ¿qué hace con ellos al final de la limpieza?***

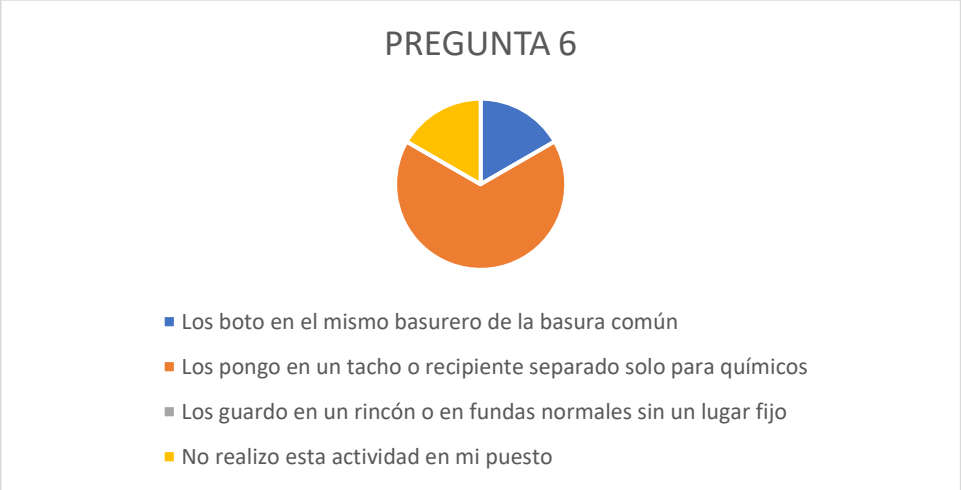


Figura 32. Resultados de pregunta 6

Se identificó que los procedimientos de limpieza no eran estables. A pesar de que el 66,7% señala la necesidad de poner las estopas en un recipiente separado para químicos, hay un 16,7% de los operativos que las tira en el basurero común. Esta práctica infringe gravemente las regulaciones ambientales que rigen la imprenta y anula el tratamiento de los residuos no peligrosos. Finalmente, el 16,7 % restante menciona que no llevan a cabo estas tareas de aseo en sus estaciones. Esto nos da a entender que el manejo de químicos y paños no ocurre en toda la imprenta.

- ***Pregunta 7. ¿Qué hace con los envases o galones vacíos de tintas o solventes una vez que se terminan?***

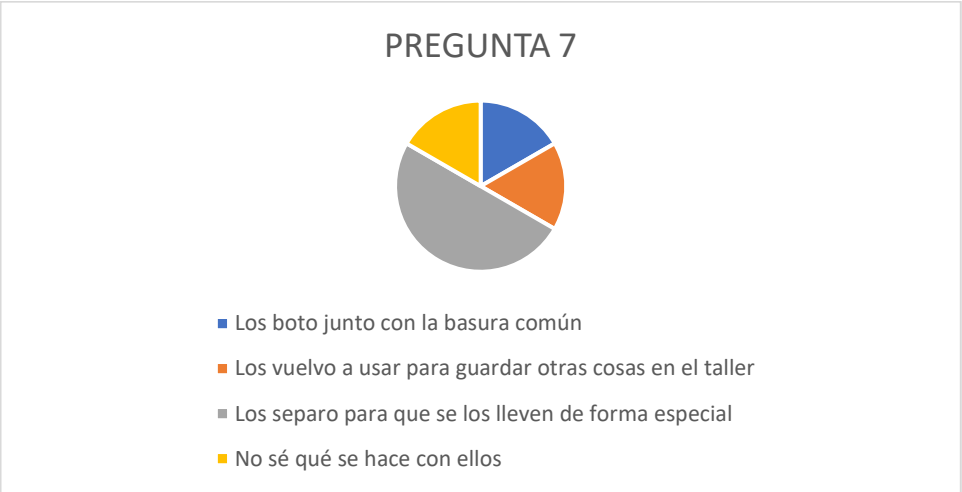


Figura 33. Resultados de pregunta 7

En relación a este desecho, hay una gran dispersión operativa. El 50% se separa para un tratamiento especial, mientras que el resto se reparte entre las personas que los tiran a la basura normal (16,7%), quienes no saben qué hacer (16,7%) y quienes los reutilizan en el taller (16,7%). El uso de envases químicos de manera empírica es una actividad sumamente peligrosa que está penalizada por la normativa debido a las potenciales reacciones perjudiciales.

- ***Pregunta 8. ¿Comprende las etiquetas de peligro al momento de manipular o desechar residuos químicos?***

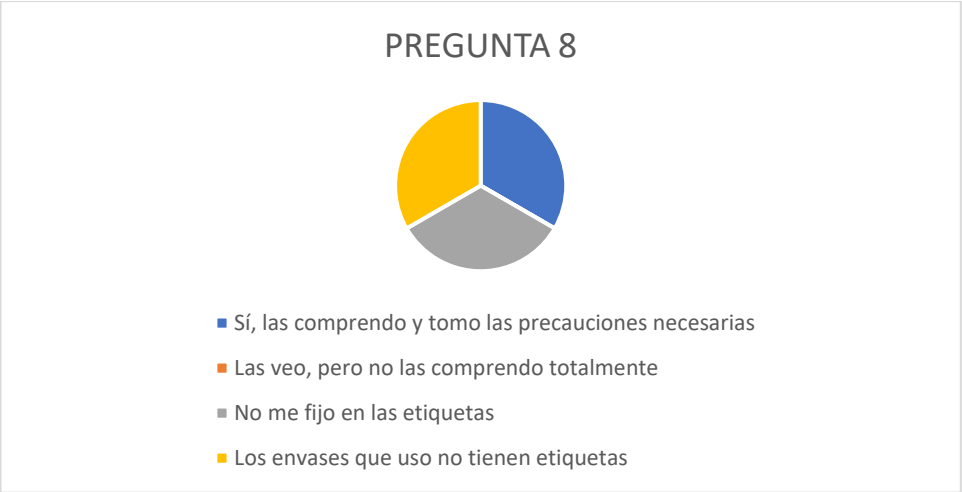


Figura 34. Resultados de pregunta 8

La evaluación sobre las etiquetas de riesgo revela una falla crítica en la comunicación visual de la planta. Apenas un tercio del personal comprende las advertencias y toma precauciones, mientras que el 66% restante labora en completa vulnerabilidad: la mitad ignora los rótulos y la otra mitad manipula envases sin identificación. Esta carencia operativa anula la prevención básica y expone al operario a riesgos directos por mero desconocimiento técnico.

- ***Pregunta 9. Cuando trabaja con tintas y solventes (thinner, printex), ¿qué equipo de protección usa normalmente?***

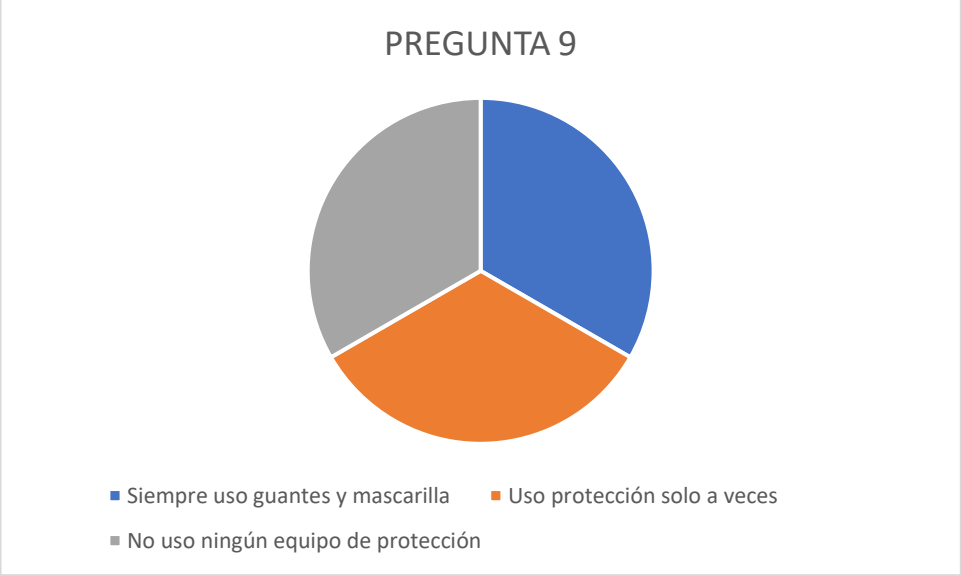


Figura 35. Resultados de pregunta 9

El manejo diario de tintas y solventes evidencia una alarmante informalidad en la protección personal. Solo dos de cada seis operarios utilizan rutinariamente guantes y mascarillas, dejando a la gran mayoría expuesta de forma intermitente o total. Esta deficiencia vulnera la normativa ocupacional y demuestra que la seguridad en planta depende exclusivamente del criterio voluntario del trabajador, confirmando la ausencia de un protocolo institucional estandarizado.

- ***Pregunta 10. Si por accidente se derrama mucha tinta o solvente en el piso, ¿qué es lo primero que hace?***

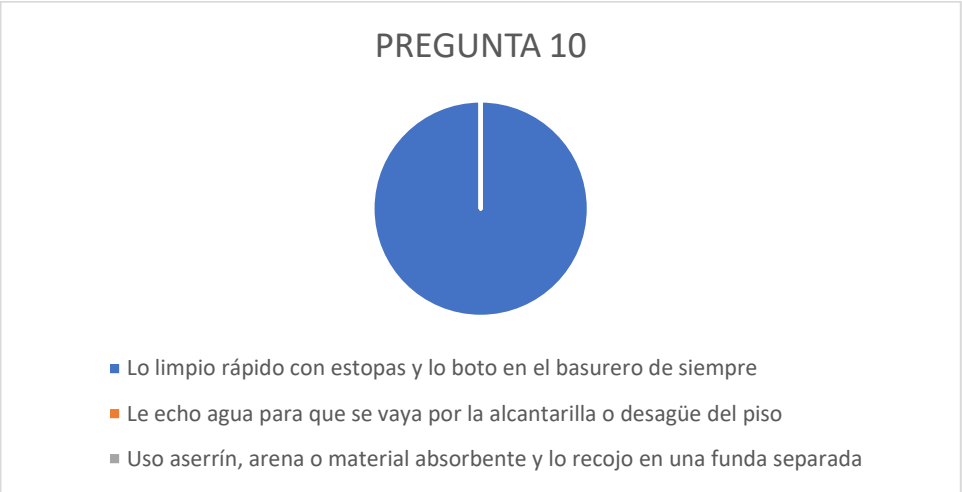


Figura 36. Resultados de pregunta 10

Este indicador muestra el descubrimiento con mayor gravedad en la evaluación de los hábitos operativos. El 100% de los encuestados declaró que utilizan estopas para limpiar un derrame químico y las tiran en el "basurero habitual". Si no se utiliza material absorbente inerte, toda la funda de basura adquiere características volátiles e inflamables, lo que aumenta considerablemente el peligro de incendio en la instalación.

- ***Pregunta 11. ¿Qué tanto cree que afecta a su salud trabajar diariamente con tintas y solventes sin usar protección?***

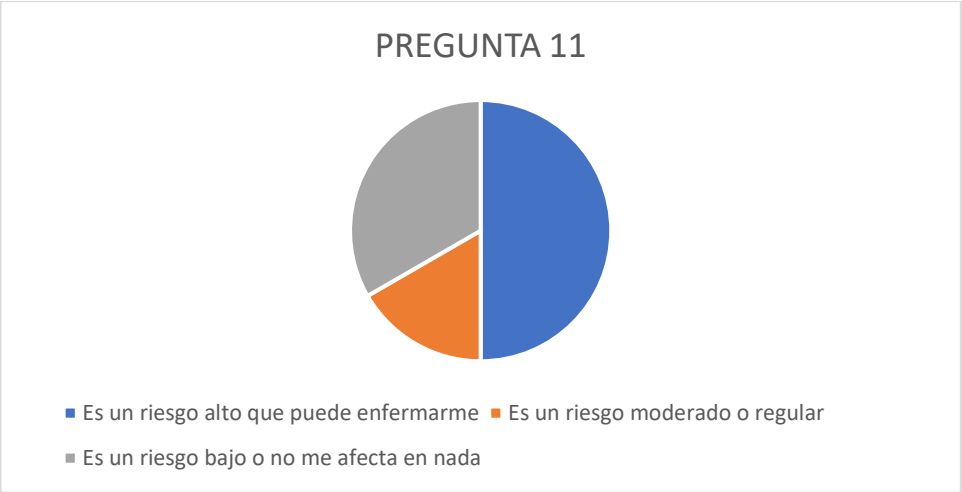


Figura 37. Resultados de pregunta 11

Los datos revelan que la mitad de los operarios no dimensiona el daño real de usar disolventes. Al evaluar el riesgo, el 33,3 % lo calificó apenas como bajo/nulo, mientras que el 16,7 % restante dentro de este grupo lo consideró moderado. Esta percepción errónea de seguridad es la razón directa de lo que se mostró en la pregunta 9, donde se notó que no se utilizaban los equipos de protección personal frente a las emisiones de COVs.

- ***Pregunta 12. Actualmente, ¿en su área de trabajo existen basureros de diferentes colores o tipos para separar la basura?***

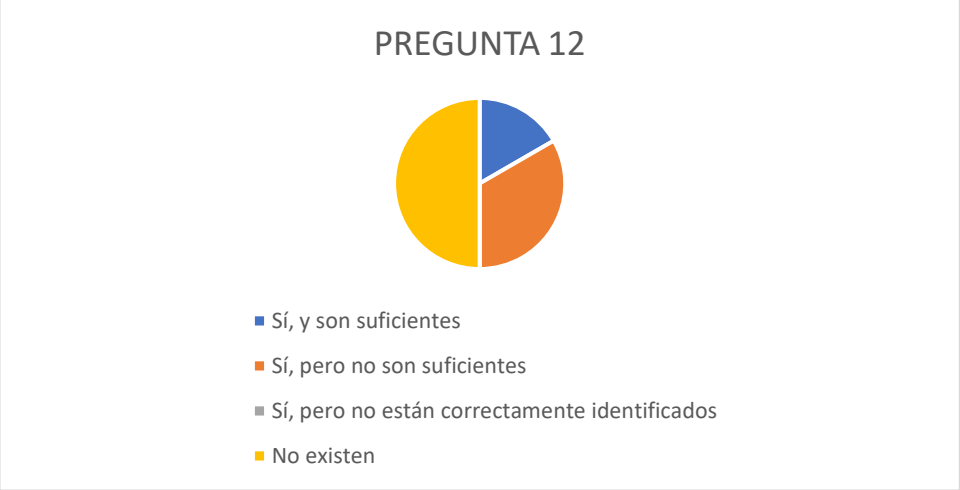


Figura 38. Resultados de pregunta 12

La respuesta del personal valida por completo los resultados del diagnóstico de infraestructura física (39% de cumplimiento). El 50 % de los colaboradores asegura de manera categórica la inexistencia de contenedores específicos para cada tipo de desecho, mientras que otro 33,3 % advierte que los pocos depósitos disponibles resultan escasos para la operación. Esto evidencia que la ausencia de segregación en la planta es resultado de insuficiencias materiales, pero no de una mala voluntad operacional. Solo un 16,7 % de los encuestados indica que sí dispone de los recipientes adecuados.

- ***Pregunta 13. Según lo que usted vive a diario, ¿qué cree que es más importante para mejorar el manejo de la basura y químicos en la imprenta?***

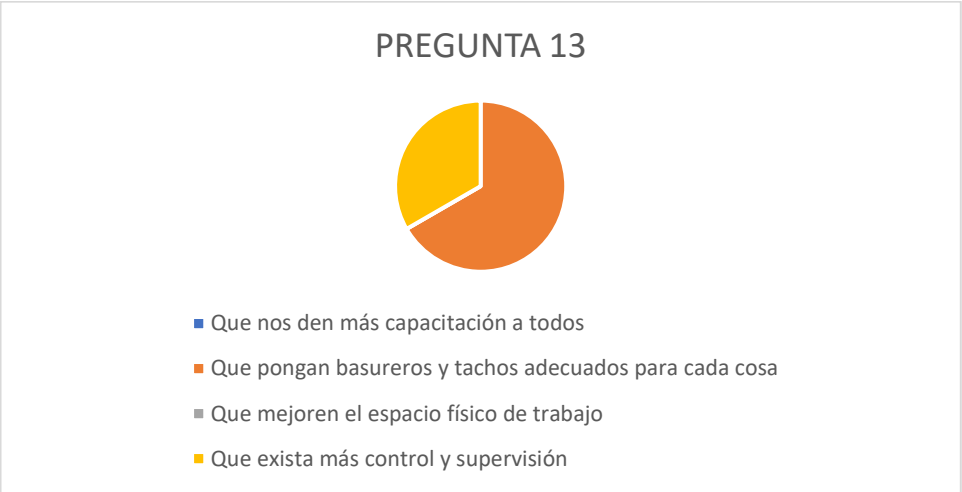


Figura 39. Resultados de pregunta 13

El personal operativo tiene una comprensión clara de las deficiencias en su ambiente laboral. La exigencia más importante (66,7%) es la provisión de "basureros y tachos apropiados para cada cosa", y el siguiente pedido es tener un control gerencial más riguroso (33,3%). Esta perspectiva desde el piso de producción confirma que es factible poner en marcha un sistema formal de gestión.

- ***Pregunta 14. ¿La empresa cuenta con un gestor autorizado para la recolección de residuos peligrosos?***

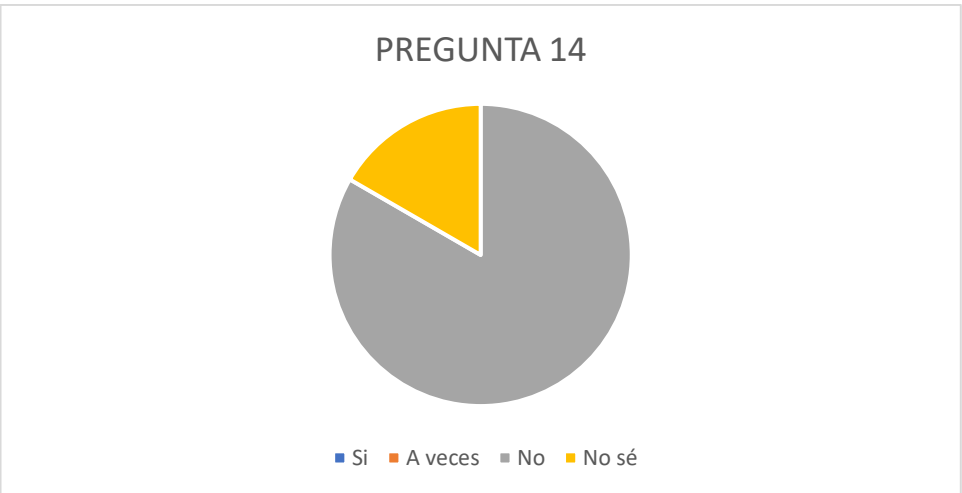


Figura 40. Resultados de pregunta 14

El 83,3% de los empleados asegura de manera firme que la compañía no tiene un gestor calificado, en contraste con el 16,7% que lo ignora. Esta respuesta confirma la violación ecológica que se detectó al principio de la investigación: la imprenta delega a la recolección municipal de basura común el manejo de sus residuos peligrosos (envases y estopas con solventes), lo cual infringe las normas regulatorias en vigor.

3.6.4 Síntesis de la situación actual

Un análisis detallado del sistema de gestión ambiental en la Imprenta Voluntad Jr. muestra una desconexión significativa entre las condiciones técnicas que brinda la instalación y la disposición operativa. Si se comparan los resultados del comportamiento humano con la insuficiencia de infraestructura física, se concluye que el origen de las deficiencias no es una falta de buena voluntad o resistencia cultural por parte de los empleados, sino una ausencia de estandarización en la organización. El equipo tiene la práctica incorporada de separar materiales masivos y valiosos desde el punto de vista comercial, pero la falta de directrices corporativas, señalización estandarizada y contenedores específicos les obliga a administrar la fracción peligrosa únicamente con base en la intuición y el empirismo.

La conjunción de procedimientos no estandarizados y falta de contención física ha resultado en una situación de vulnerabilidad sistémica para la organización. El incumplimiento de la legislación ecuatoriana va más allá de la simple violación de normas, como subestimar la toxicidad de las emisiones (COVs), delegar los pasivos ambientales a la recolección municipal y mitigar derrames sin el material absorbente apropiado. Estas acciones constituyen un peligro latente de accidentes laborales, enfermedades profesionales y posibles conatos de incendio que ponen en riesgo la continuidad del negocio.

Por lo tanto, establecer esta línea base confirma la urgencia y la posibilidad de intervenir en la planta de producción. Las disparidades identificadas demuestran que cualquier inversión aislada en infraestructura no tendrá éxito sin una transformación de la seguridad industrial. Este diagnóstico integral determina con precisión los cimientos sobre los que se basará el progreso de las medidas de mejora, asegurando que la propuesta técnica futura no sea genérica, sino que aborde con exactitud

matemática y operativa las debilidades halladas en la segregación, el almacenamiento temporal y el desarrollo del talento humano.

3.7 Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos para la Imprenta Voluntad Jr.

3.7.1 Generalidades del Plan

a. Introducción

La industria gráfica emplea solventes y tintas que producen desechos de alta peligrosidad. Estos residuos tienen un impacto negativo en la salud de los empleados y contaminan el medioambiente si no son manejados adecuadamente. Por lo tanto, las imprentas en Ecuador deben seguir estrictos controles sobre sus desechos, según la legislación del país.

El Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR) fue diseñado para resolver las dificultades que presenta la "Imprenta Voluntad Jr." en Ambato. Una evaluación inicial demostró que la imprenta apenas cumple con un 39 % de los requisitos ambientales. En la actualidad, el manejo de las basuras se hace de forma totalmente improvisada, lo que lleva al personal a mezclar los remanentes tóxicos con los desperdicios comunes. Si bien la gran mayoría de lo que se bota (95 %) es papel y cartón que puede reciclarse, resulta indispensable frenar de inmediato el mal tratamiento que recibe esa parte peligrosa.

El plan propone soluciones prácticas y asequibles, fundamentadas en la Producción Más Limpia (PML) y el ciclo de mejora continua (PHVA), para solucionar este problema. El propósito no se limita a que la imprenta respete la ley y evite las sanciones económicas, sino también a capacitar al personal, estructurar la planta y utilizar el material reciclable para recuperar gastos a través de la economía circular.

b. Alcance

Este Plan de Gestión Integral incluye todas las etapas de la operación de Imprenta Voluntad Jr., desde que se reciben las materias primas hasta que los residuos producidos son desechados.

Tabla 16. Alcance de la propuesta planteada

Dimensión	Descripción y Objetivo	Parámetros y Elementos Clave
Alcance Operativo	Gestión integral de las diferentes corrientes de desechos generados en el flujo productivo de la planta.	**Áreas intervenidas:** impresión offset, acabados y almacenamiento. **Residuos:** Peligrosos, especiales y no peligrosos.
Alcance Normativo	Elevar el nivel de cumplimiento legal de la empresa, partiendo de la línea base diagnosticada (39%).	**Legislación:** Acuerdo Ministerial N° 026, Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA). **Normas Técnicas:** NTE INEN 2841, 2266 y 2288.
Alcance Temporal	Ejecución escalonada de los nuevos procedimientos para garantizar su viabilidad técnica y económica.	Implementación gradual y cíclica para facilitar la adaptación organizacional.

c. Objetivos de la Propuesta

Estructurar un Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR) para la Imprenta Voluntad Jr. que optimice la separación, almacenamiento y disposición final de los desechos, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y protegiendo la salud ocupacional del personal.

- Establecer estrategias de Producción Más Limpia (PML) y economía circular para reducir los desechos desde la fuente y valorizar comercialmente los residuos reciclables.
- Estandarizar la clasificación y almacenamiento interno mediante infraestructura normada (NTE INEN 2841) y protocolos de seguridad para el manejo de residuos peligrosos.
- Formalizar la disposición final de los desechos peligrosos mediante gestores ambientales autorizados, garantizando su trazabilidad y el cumplimiento legal.

d. Marco Legal y Normativo

Este plan de gestión se basa en la observancia de las leyes ambientales locales y nacionales, garantizando que la Imprenta Voluntad Jr. cumpla con las regulaciones ante las autoridades competentes. Las normas que fundamentan este documento desde un punto de vista legal y técnico son:

- ***Código Orgánico del Ambiente (COA) y Reglas del COA:*** Marco legal fundamental que determina las responsabilidades de la empresa y las sanciones pertinentes en relación con el manejo de residuos.

- ***Acuerdo Ministerial N° 026:*** Establece que es obligatorio registrarse como generador de residuos peligrosos y además exige que sean entregados únicamente a gestores autorizados.

- ***NTE INEN 2841 (normalización de colores):*** Para garantizar la adecuada separación en la fuente, establece el código cromático (rojo, negro, azul y gris) de los contenedores.

- ***NTE INEN 2266 (Gestión de materiales peligrosos):*** Determina los requisitos de seguridad e infraestructura (por ejemplo, la utilización de bandejas antiderrame) para guardar solventes, tintas y residuos químicos.

- ***NTE INEN 2288 (Etiquetado de advertencia):*** Exige la rotulación de los recipientes que contienen residuos peligrosos para advertir de manera estandarizada acerca de su inflamabilidad o toxicidad.

- ***Reglamentos del GAD Municipal de Ambato:*** Regula las frecuencias, rutas y horarios de recolección municipal, que solo se aplican a los desechos comunes (no peligrosos) de la planta.

3.7.2 Organización y Responsabilidades

Para asegurar que el Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR) sea sostenible y funcional, se define la estructura jerárquica que sigue. El deber de gestionar los desechos no es solo de los trabajadores de limpieza, sino que es una obligación conjunta que va desde la gerencia hasta los operarios de planta.

- ***Comité de Gestión Ambiental***: Dada la estructura organizacional de la imprenta, el comité estará liderado por la Gerencia General y la Gerencia Operativa. Sus funciones principales son:

- **Asignación de Recursos:** Garantizar el presupuesto para la compra de contenedores normados, señalética, equipos de protección personal (EPP) y kits antiderrames.

- **Supervisión y Control:** Realizar inspecciones periódicas para verificar que los residuos se clasifiquen correctamente y que las bitácoras de generación estén al día.

- **Gestión Externa**: Actuar como el nexo oficial para la contratación de gestores ambientales autorizados y el registro ante las autoridades reguladoras.

- **Capacitación:** Programar jornadas de formación para el personal sobre riesgos químicos y manejo de residuos peligrosos.

- ***Roles y Funciones del Personal:*** Cada colaborador es responsable del residuo que genera en su estación de trabajo. Se definen las siguientes responsabilidades específicas:

Prensista (Área de Impresión Offset):

- **Gestión de RESPEL:** Separar obligatoriamente las estopas y trapos contaminados con solventes en el contenedor rojo, asegurándose de mantener la tapa cerrada para evitar la evaporación de gases (COVs).

- **Control de Químicos:** Utilizar las pisetas dosificadoras para el thinner y realizar la mezcla exacta de tintas mediante balanzas, reduciendo la generación de mermas tóxicas.

- **Seguridad:** Reportar cualquier derrame accidental de tintas o solventes y utilizar los materiales absorbentes del kit de emergencia.

Guillotinero (Área de Acabados):

- **Maximización del Reciclaje:** Recolectar las tiras de papel de refile y sobrantes de cartón exclusivamente en el contenedor gris, evitando cualquier contaminación con grasa o plásticos.

- **Orden y Limpieza:** Mantener el área de corte despejada de recortes para facilitar el flujo de producción y prevenir accidentes laborales por acumulación de material.

- **Transporte Interno:** Trasladar los sacos o lonas de papel reciclable hacia el centro de acopio temporal siguiendo las rutas establecidas.

Personal de Apoyo o Limpieza:

- **Mantenimiento del Centro de Acopio:** Asegurar que los contenedores en la bodega estén organizados por tipo de residuo y que el suelo se mantenga seco y libre de residuos.

- **Gestión de Residuos Comunes:** Recolectar las fundas de color negro (desechos generales) y azul (plásticos limpios) para su entrega al servicio de recolección municipal.

- **Registro de Datos:** Colaborar en el pesaje de los residuos y anotar las cantidades en la bitácora interna para el control mensual de generación.

3.7.3 Caracterización y diagnóstico de residuos

a. Identificación de fuentes de generación

El diagrama de entradas y salidas del proceso productivo de la imprenta Voluntad Jr. se muestra en la Figura 41. En este esquema se identifican, de modo visual, los orígenes precisos de generación, detallando las materias primas que entran en cada fase operativa y los residuos particulares que se generan en cada uno.

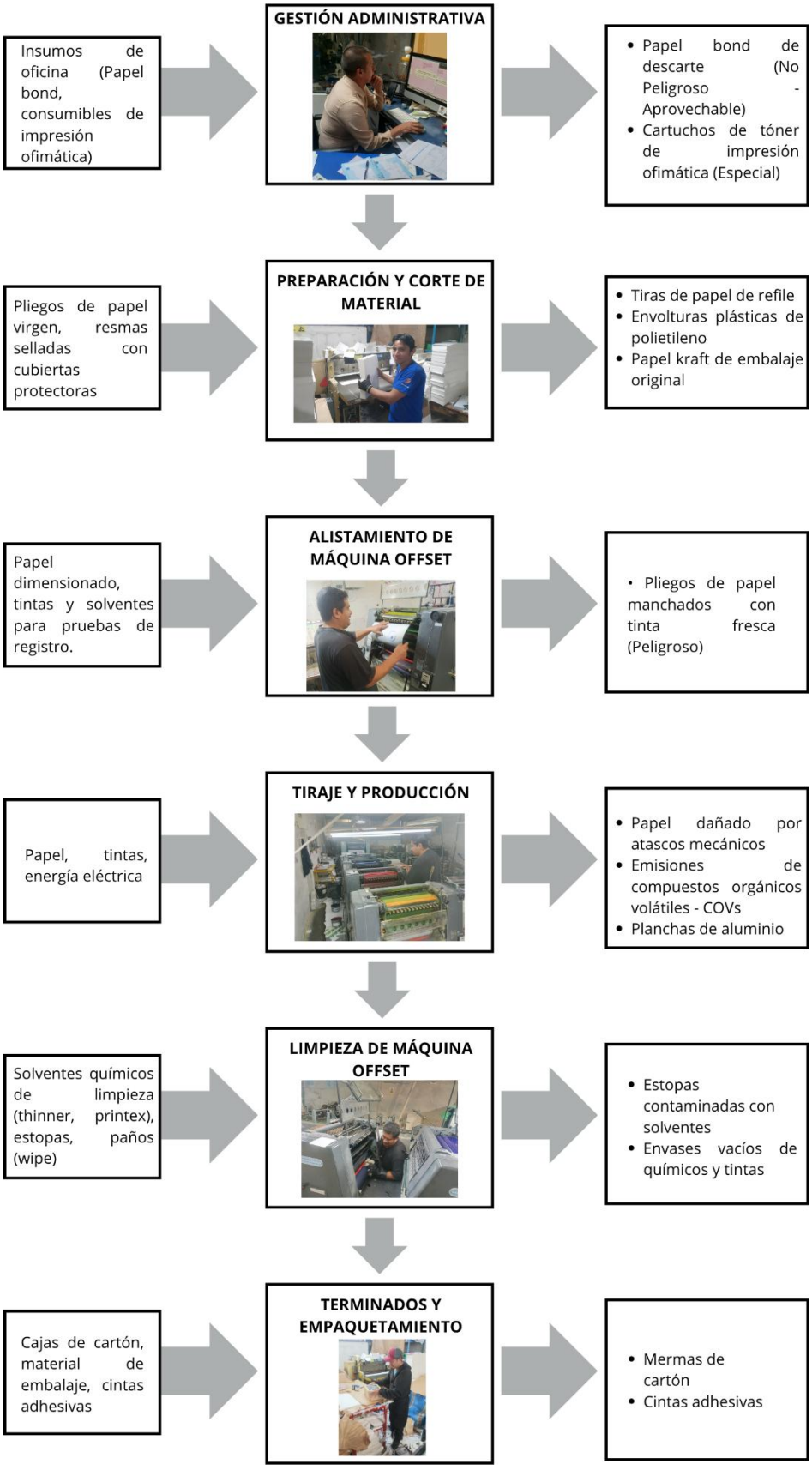


Figura 41. Puntos de generación identificados

b. Clasificación y protocolos de contención

La Tabla 17 convierte la evaluación de riesgos en reglas claras y prácticas para almacenar los residuos de forma segura. Para dar solución a la falta de protección del personal que se evidenció en el diagnóstico, este cuadro detalla exactamente en qué tipo de recipiente debe guardarse cada desecho peligroso y qué equipo de protección personal se debe utilizar al manipularlo. De esta manera, nos aseguramos de que el manejo diario de químicos, tintas y solventes cumpla con las exigencias del Acuerdo Ministerial N° 142 mediante medidas de prevención reales, evitando que los materiales se mezclen y cuidando efectivamente la salud de los trabajadores.

Tabla 17. Análisis CRETIB de desechos especiales y peligrosos

Descripción del Desecho	Riesgo Principal (CRETIB)	Contención y Almacenamiento Primario	Medidas de seguridad y EPP Requerido
Cartuchos de tóner de impresión ofimática	Especial (Tóxico)	Envase original o caja de cartón sellada, ubicada en área seca libre de humedad.	Guantes de nitrilo y mascarilla para polvo fino al momento del recambio.
Estopas contaminadas con solventes	Peligroso (Tóxico / Inflamable)	Recipiente metálico o plástico de alta densidad con tapa hermética (Color Rojo).	Guantes de nitrilo o neopreno y mascarilla para vapores orgánicos.
Envases vacíos de químicos y tintas	Peligroso (Corrosivo / Tóxico)	Acopio vertical en área confinada con cubeto antiderrame y ventilación natural.	Guantes de nitrilo y gafas de seguridad perimetral.
Pliegos de papel manchados con tinta fresca	Peligroso (Tóxico)	Funda plástica calibre grueso (Roja) depositada dentro de contenedor con tapa.	Guantes de nitrilo durante la recolección del área de máquinas.
Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs)	Emisión Atmosférica (Tóxico / Inflamable)	Extracción localizada (campanas) y ventilación mecánica cruzada en el área de impresión.	Mascarilla de protección respiratoria con filtros específicos para vapores (N95/R95).

c. Cuantificación y metas de gestión:

La Tabla 18 convierte los datos de generación quincenal en un plan de acción directo, asignando a cada residuo una meta de gestión y una ruta de destino final obligatoria. Con esta matriz, se garantiza que el 100% de los materiales cuantificados en la imprenta tenga un protocolo de salida específico: las mermas limpias se destinan a la comercialización y reciclaje para su retorno al ciclo productivo, mientras que los

desechos peligrosos se derivan estrictamente hacia gestores ambientales calificados para su tratamiento y confinamiento seguro.

Tabla 18. Cuantificación de residuos

Descripción del Desecho	Generación Quincenal	Meta de Gestión Propuesta	Ruta de Destino Final
Papel bond de descarte	0,78 Lb	100% Reciclaje	Comercialización con recicladora local
Tiras de papel de refile	853,64 Lb	100% Reciclaje	
Envolturas de plástico de polietileno	1,89 Lb	100% Reciclaje	
Papel kraft de embalaje original	0,28 Lb	100% Reciclaje	
Papel dañado por atascos mecánicos	6,68 Lb	100% Reciclaje	
Mermas de cartón	887,78 Lb	100% Reciclaje	
Cintas adhesivas	0,04 Lb	100% Disposición Regular	Recolección municipal (Basura común)
Estopas contaminadas con solventes	20,12 Lb	100% Tratamiento / Confinamiento	Gestor ambiental calificado
Pliegos de papel manchados	65,50 Lb	100% Tratamiento / Confinamiento	
Planchas de aluminio	49,50 Lb	100% Recuperación Metálica	Venta directa a fundidora o reciclador
TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	1905,71 Lb		
Cartuchos de tóner de impresión	0,00 Ud	100% Logística Inversa	Devolución al proveedor de suministros
Envases vacíos de químicos y tintas	12,00 Ud	100% Tratamiento	Gestor ambiental calificado

3.7.4 Programa de Prevención y Minimización (Producción Más Limpia)

La filosofía de Producción Más Limpia (PML) sostiene que la gestión medioambiental más eficaz es la que previene la producción de contaminantes desde su origen. Teniendo en cuenta las propiedades de la Imprenta Voluntad Jr. en términos técnicos y económicos, esta etapa elimina acciones que necesiten un gasto de capital elevado a corto plazo.

Es decir, el plan se basa en la optimización de las prácticas operativas, lo que asegura un notable avance en el cumplimiento de las normas sin poner en riesgo la liquidez financiera de la entidad.

a. Sustitución de Materias Primas

El diagnóstico de la situación actual evidenció que la generación de residuos peligrosos se concentra exclusivamente en el área de impresión, derivada del uso de tintas y solventes de limpieza (thinner). Además, la existencia de prácticas empíricas de limpieza que carecen de estandarización técnica y generan un volumen innecesario de pasivos ambientales. Buscando mitigar este impacto, se establecen las directrices operativas detalladas en la Tabla 19.

Tabla 19. Estrategias para Producción Más Limpia

Insumo Crítico	Práctica Actual	Directriz Técnica de Mejora Continua	Beneficio Económico y Ambiental
Tintas Offset	Preparación empírica de colores especiales (Pantone), generando mermas por exceso de mezcla.	Estandarización gravimétrica. Estandarizar el uso de balanzas grameras para la preparación exacta de tintas según la orden de producción.	Alto. Previene el secado de tintas sobrantes y su posterior categorización como residuo peligroso, optimizando el costo de la materia prima.
Base Química de Tintas Offset	Utilización exclusiva de tintas convencionales formuladas con bases minerales (derivados de petróleo) que liberan vapores durante la impresión.	Sustitución progresiva de tintas minerales por tintas ecológicas a base de aceites vegetales (como la soja), priorizando compras de insumos con bajo índice de COVs.	Alto. Reduce drásticamente la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), disminuye la toxicidad del desecho y mejora la salud ocupacional del operador.
Solventes (Thinner)	Trasvase desde el galón original hacia botellas plásticas comerciales.	Sustitución por envases dosificadores de seguridad. Implementar el uso de pisetas de polietileno de alta densidad.	Alto. Elimina el riesgo de degradación del envase, minimiza la evaporación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs).
Material de Limpieza (Estopas)	Uso de espátulas seguido de limpieza profunda con estopas de algodón de gramaje irregular.	Estandarizar el tamaño y la disponibilidad de estopas por turno. A mediano plazo, evaluar la transición hacia paños industriales absorbentes de bajo gramaje.	Alto. Al reducir el peso bruto del material absorbente, se disminuye directamente la masa (kg) del desecho peligroso generado.

b. Plan de Aprovechamiento (Economía Circular)

El manejo de los desechos sólidos no peligrosos supone una oportunidad estratégica para la recuperación de costos. De acuerdo con el análisis ABC realizado en la etapa de diagnóstico, los residuos que se encuentran en la zona A, que son las tiras de papel de refile y las mermas de cartón, representan alrededor del 95% del total de desechos producidos por la imprenta.

Para aprovechar este volumen dentro de un modelo de economía circular, se establecen las siguientes directrices de obligado cumplimiento.

- ***Segregación estricta (sin contaminación cruzada):*** Es absolutamente prohibido disponer de papel y cartón limpios junto con desechos plásticos, orgánicos o materiales contaminados con hidrocarburos. La contaminación cruzada hace que la maculatura pierda automáticamente su valor comercial.

- ***Reubicación ergonómica de lugares de acopio:*** Siguiendo el diseño de la planta, se destinarán contenedores de gran capacidad que estarán situados solamente al lado de la guillotina y del sector de acabados manuales.

- ***Almacenamiento de protección:*** El material que se ha recolectado tendrá que ser enfardado y apilado en palets de madera dentro del almacén de productos terminados. Este aislamiento evita que la humedad degrade el espacio y mejora el aprovechamiento del espacio físico.

- ***Cadena comercial y productiva:*** La Gerencia General formará acuerdos o alianzas estratégicas con centros de acopio autorizados o asociaciones de recicladores ubicados en el cantón Ambato para realizar ventas periódicas.

3.7.5 Programa de Manejo Interno de Residuos

Esto se centra netamente en el manejo físico y logístico de los residuos en las instalaciones de la Imprenta Voluntad Jr. después de que se han establecido las tácticas de prevención en la fuente. El propósito primordial de esta etapa es remediar las insuficiencias en infraestructura que fueron halladas durante el diagnóstico, asegurando que cada material esté separado y confinado en envases técnicamente adecuados, reduciendo así los peligros de accidentes laborales y cumpliendo con la legislación ambiental ecuatoriana vigente.

a. Segregación en la Fuente

Se pondrá en marcha un sistema completo de recipientes estandarizados con un enfoque dual para eliminar la práctica actual de usar envases improvisados. Se implementará un sistema móvil de alta ergonomía y fácil transporte en la planta para

la recolección específica de papel de refile y cartón. Por otro lado, para el manejo del resto de los residuos generadas (residuos peligrosos y los comunes), se utilizarán contenedores rígidos tradicionales, seleccionados por su compatibilidad química y durabilidad estructural.

- ***Codificación Cromática:*** Se establecerán lugares de recolección estratégicos desde una perspectiva dual. Se empleará infraestructura móvil y ergonómica para los residuos masivos, así como recipientes rígidos de polietileno de alta densidad (PEAD) para las demás corrientes de generación, organizados conforme al esquema cromático que sigue:

  Gris (cartón y papel): Situados de manera estratégica cerca del área de acabados y la guillotina. A causa del gran volumen de producción, se implementará un sistema híbrido en el que el mecanismo móvil funciona como soporte estructural para la lona de recolección, lo que simplifica el transporte del material útil sin peligros ergonómicos asociados al izaje vertical.



ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	
Estructura Base	Armazón tubular metálico de alta resistencia, con diseño abierto sin paredes laterales de 60 cm x 60 cm.
Sistema de Movilidad	Base equipada con 4 ruedas giratorias de grado industrial, incluyendo frenos de bloqueo.
Mecanismo de Sujeción	Marco superior a 90 cm del suelo, provisto de aros, ganchos o pinzas de fijación manual.
Asas de Empuje	Agarraderas superiores prolongadas con empuñaduras ergonómicas antideslizantes.
Recubrimiento (Color)	Aplicación de pintura industrial anticorrosiva en color gris.
Señalética Integrada	Placa rígida (acrílico/PVC) adosada en la parte superior frontal con el texto "PAPEL Y CARTÓN".
Capacidad de Carga	Estructura diseñada para soportar un peso máximo estimado de 50 kg

Figura 42. Especificaciones necesarias para el contenedor gris

Azul (plásticos): Con el propósito único de almacenar fundas plásticas, envolturas de polietileno y otros materiales de embalaje que estén limpios. El uso de estos contenedores asegura que los plásticos aprovechables se puedan

rescatar con facilidad, ya que evitan cualquier tipo de contacto con la basura común.



ESPECIFICACIONES DE LOS CONTENEDORES	
Identificación / Modelo	Contenedor rígido estático de capacidad media.
Estructura Base	Base plana sólida sin sistema de rodamiento.
Material de Fabricación	Polietileno de Alta Densidad (PEAD).
Sistema de Apertura / Cierre	Tapa superior sobrepuesta de ajuste seguro.
Recubrimiento (Color)	Inyección de color azul sólido en cuerpo y tapa.
Capacidad Volumétrica	20 Galones (Aproximadamente 75 - 76 Litros).
Señalética Integrada	Rotulado frontal visible con la palabra "PLÁSTICOS".

Figura 43. Especificaciones necesarias para el contenedor azul

Negro (no reutilizables y comunes): Dirigidos a residuos de barrido, cintas adhesivas empleadas, plásticos contaminados y desperdicios comparables a los domésticos. Como son materiales que no se pueden valorizar, su confinamiento evita que las zonas de producción se contaminen.



ESPECIFICACIONES DE LOS CONTENEDORES	
Identificación / Modelo	Contenedor estático de grado industrial con tapa articulada y mecanismo de pedal.
Estructura Base	Base plana sólida estática con sistema de pedal frontal integrado.
Material de Fabricación	Polietileno de Alta Densidad (PEAD) inyectado.
Sistema de Cierre	Tapa superior de ajuste seguro con bisagra, accionada exclusivamente por pedal
Ergonomía de Manejo	Evita el contacto manual y previene la contaminación cruzada; diseño liso interno que facilita el vaciado.
Recubrimiento (Color)	Color negro sólido en todo el cuerpo y tapa.
Capacidad Volumétrica	Entre 25-30 Litros

Figura 44. Especificaciones necesarias para contenedor negro

Rojo (Peligrosos): Contenedores específicos para estopas contaminadas por solventes y recipientes de tintas. Para prevenir la volatilización de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y el peligro de ignición, es obligatorio que estos contenedores tengan tapa hermética y apertura de pedal.



ESPECIFICACIONES DE LOS CONTENEDORES	
Identificación / Modelo	Contenedor estático con pedal frontal (Aprox. 30 Litros).
Estructura Base	Base plana sólida antideslizante.
Material de Fabricación	Resina plástica de alta densidad de alta resistencia química.
Sistema de Apertura	Mecanismo mecánico por pedal de uso rudo.
Sistema de Cierre	Tapa superior abatible plana con cierre continuo por gravedad.
Recubrimiento (Color)	Color rojo sólido en cuerpo y tapa.

Figura 45. Especificaciones necesarias para contenedor rojo

Blanco (Metales): Debido a las dimensiones y la necesidad de conservar la planicidad del material para su posible reutilización, no se utilizarán contenedores cerrados. En su lugar, se empleará infraestructura técnica especializada consistente en carritos portaplacas (Figura 46). Esta solución permite la clasificación por trabajos y evita daños mecánicos. Toda esta infraestructura será señalizada con el color blanco normativo para identificarla como punto de acopio de metales aprovechables.



ESPECIFICACIONES DE LOS CONTENEDORES	
Identificación / Modelo	Carro Móvil de Almacenamiento Técnico de Placa
Estructura Base	Bastidor rígido con soportes de perfiles tubulares
Material de Fabricación	Acero estructural soldado de alta resistencia
Sistema de Apertura / Cierre	Acceso superior abierto para carga y descarga directa
Recubrimiento (Color)	Pintura color Blanco
Capacidad Volumétrica	0.425 m3
Señalética Integrada	"METALES APROVECHABLES"

Figura 46. Especificaciones necesarias para contenedor blanco

- ***Distribución en Planta (Layout) y Cuantificación de Infraestructura:*** Los contenedores están situados estratégicamente cerca de la fuente generadora para evitar movimientos innecesarios y prevenir el riesgo de contaminación cruzada. Para establecer cuántas unidades son necesarias se emplea la relación entre la capacidad comercial existente en el mercado local y el volumen total necesario.

Se utilizó un método de dimensionamiento volumétrico para calcular la capacidad y la cantidad precisa de recipientes. Este método matemático convierte la masa de los residuos en un volumen físico real mediante variables operativas fundamentales:

- Tasa Media Diaria de Generación ($\boldsymbol{G}$)
- Densidad del Residuo sin compactar ($\boldsymbol{\rho}$)
- Frecuencia de vaciado interno ($\boldsymbol{F}$)
- Coeficiente Punta Diario ($\boldsymbol{C_{pd}}$)
- Factor de Llenado Normativo o de Seguridad ($\boldsymbol{K}$)

Esto hace posible calcular el volumen exacto de diseño ($V_{diseño}$) antes de elegir la capacidad comercial necesaria.

La resolución matemática paso a paso, que aplica las ecuaciones detalladas en la fundamentación teórica de esta investigación para cada tipo de residuo, se presenta de forma detallada en el Anexo M.

De la Tabla 20 a la

Tabla 24 muestran el dimensionamiento necesario por cada tipo de residuo generado y la cantidad de residuos que se ha registrado.

Tabla 20. Dimensionamiento volumétrico: Contenedor Gris

Fase del Diseño	Parámetro Evaluado	Descripción
Información General	Tipo de Contenedor	Gris
	Residuos intervenidos	Tiras de papel de refile, mermas de cartón, papel kraft de embalaje, papel dañado por atascos y papel bond de descarte.
Demanda Volumétrica Diaria	Día de máxima generación combinada	56,48 kg/día.
	Volumen requerido (V_{req})	70,6 Litros/día • Densidad $\rho = 0{,}8\ kg/L$
	Frecuencia de vaciado (F)	2,26 vaciados/día
Asignación Espacial (Layout)	Puntos de generación	Guillotina y Troqueladoras (Distancia < 3m).
	Distribución final	2 contenedores (lonas).
Conclusión del Diseño	Autonomía Operativa	Se requieren 2 contenedores grises con capacidad efectiva de 85,9 litros (Lonas de 60x90cm con margen de amarre). Esto resulta en 1,13 vaciados diarios por contenedor.

Tabla 21. Dimensionamiento volumétrico: Contenedor Rojo

Fase del Diseño	Parámetro Evaluado	Descripción
Información General	Tipo de Contenedor	Rojo (Residuos Peligrosos)
	Residuos intervenidos	Estopas contaminadas con solventes y pliegos de papel manchados con tinta.
Demanda Volumétrica Diaria	Generación máxima (G_{max})	3,49 kg/día (Promedio: 2,59 kg/día).
	Volumen máximo (V_{max})	23,13 Litros • Densidad $\rho = 0{,}15\ kg/L$ • $C_{pd} = 1{,}34$

Fase del Diseño	Parámetro Evaluado	Descripción
		• $F = 1\ día$
	Volumen de diseño ($V_{diseño}$)	28,91 Litros • (Factor de llenado $K = 0{,}80$)
Asignación Espacial (Layout)	Distribución final	Según la generación (Área de impresión offset).
Conclusión del Diseño	Autonomía Operativa	Se requiere una capacidad comercial mínima de 28,91 litros para el contenedor rojo, garantizando la seguridad en el manejo de materiales peligrosos.

Tabla 22. Dimensionamiento volumétrico: Contenedor Azul

Fase del Diseño	Parámetro Evaluado	Descripción
Información General	Tipo de Contenedor	Azul (Plásticos - Aprovechables)
	Residuos intervenidos	Envolturas de plástico de polietileno.
Demanda Volumétrica Diaria	Día de máxima generación	0,56 kg/día (Promedio: 0,059 kg/día).
	Volumen requerido (V_{req})	17,5 Litros • Densidad $\rho = 0{,}08\ kg/L$ • $C_{pd} = 9{,}49$ • $F = 2{,}5\ días$
	Volumen de diseño ($V_{diseño}$)	19,44 Litros • (Factor de llenado $K = 0{,}90$).
Asignación Espacial (Layout)	Distribución final	Área de desembalaje
Conclusión del Diseño	Autonomía Operativa	Se requiere un contendor azul con un volumen de diseño de 19,44 litros para almacenar adecuadamente los plásticos de embalaje.

Tabla 23. Dimensionamiento volumétrico: Contenedor Negro

Fase del Diseño	Parámetro Evaluado	Descripción
Información General	Tipo de Contenedor	Negro (Basura Común - No Aprovechable)
	Residuos intervenidos	Restos orgánicos, servilletas, empaques sucios, barreduras y mermas menores (cintas adhesivas).
Demanda Volumétrica Diaria	Generación diaria promedio (G)	3,58 kg/día ($0{,}58\ kg/persona$ * 6 trabajadores).
	Volumen requerido (V_{req})	42,96 Litros • Densidad $\rho = 0{,}10\frac{kg}{L}$ • $C_{pd} = 1{,}2$ • $F = 1\ día$
	Volumen de diseño ($V_{diseño}$)	47,73 Litros • (Factor de llenado $K = 0{,}90$)
Asignación Espacial (Layout)	Distribución final	Zonas generales (comedor, oficinas, planta).
Conclusión del Diseño	Autonomía Operativa	Se requiere una capacidad comercial mínima de 47,73 litros para los contenedores negros, considerando la generación de los trabajadores con vaciado diario.

Tabla 24. Dimensionamiento del Carro Móvil Blanco (Material de Aluminio)

Fase del Diseño	Parámetro	Descripción
Información General	Material	Planchas de aluminio (Material de Aluminio)
Capacidad de Carga	Cantidad por lote	60 kg / mes
Diseño Físico	Tamaño del carro	420 Litros (0.42 m^3)
	Criterio técnico	Espacio diseñado para que las planchas entren de pie, ordenadas y sin doblarse.
Asignación Espacial (Layout)	Lugar en planta	Área de Impresión (junto a la máquina offset)
Conclusión del diseño	Uso Operativo	El carrito permite guardar de forma segura y limpia el total de planchas generadas en 2 meses, facilitando su traslado final.

Después de establecer el volumen requerido para cada categoría de residuo ($V_{diseño}$), se lleva a cabo la cuantificación física de las unidades, comparándolas con las capacidades nominales que existen en el mercado nacional. Este ajuste técnico posibilita determinar la cantidad precisa de envases requeridos, garantizando que la infraestructura elegida satisfaga la demanda estimada y se adapte a la capacidad logística real, tal como se detalla en la Tabla 25.

Tabla 25. Matriz General de Cuantificación Física y Distribución de Contenedores

Parámetros de Diseño	Contenedor Gris	Contenedor Blanco	Contenedor Rojo	Contenedor Azul	Contenedor Negro
Volumen de Diseño	70,60 Litros	420 Litros	28,91 Litros	19,44 Litros	47,73 Litros
Capacidad Comercial Seleccionada	85,9 Litros / lonas de 50 kg	420 Litros	30 Litros	25 Litros	20 Litros
Cálculo Técnico	Basado en generación diaria y densidad.	Basado en geometría de placa y lote bimestral.	Basado en generación diaria y riesgo químico.	Basado en volumen de embalaje.	Basado en generación por trabajador.
Unidades Finales a Instalar	2 Unidades	1 Unidad	1 Unidad	1 Unidad	3 Unidades
Asignación en Layout (Ubicación)	Guillotina / Troqueladora	Área de Impresión (Máquina Offset)	Máquina offset	Área de desembalaje	Oficinas / Atención al cliente / Pasillo
Justificación Operativa	Aunque se necesita	Permite el acopio	La capacidad satisface la	Capacidad óptima con	Se distribuyen en 3 zonas para

Parámetros de Diseño	Contenedor Gris	Contenedor Blanco	Contenedor Rojo	Contenedor Azul	Contenedor Negro
	solamente uno por volumen, se instalan dos debido a las distancias en planta, además permite el transporte de los 50 kg.	ordenado de 60 kg de placas; su diseño móvil facilita el despacho final del material.	demanda de manera precisa. El riesgo químico (COVs) se encuentra contenido en su ubicación fija.	un margen de seguridad para la agrupación de plásticos de embalaje.	mejorar el orden y evitar desplazamientos largos del personal.

La distribución espacial de los recipientes seleccionados se presenta de forma gráfica en la Figura 47, donde se detallan los puntos de acopio estratégicos dentro del layout de la planta para facilitar el flujo operativo y asegurar una recolección eficiente de los residuos.

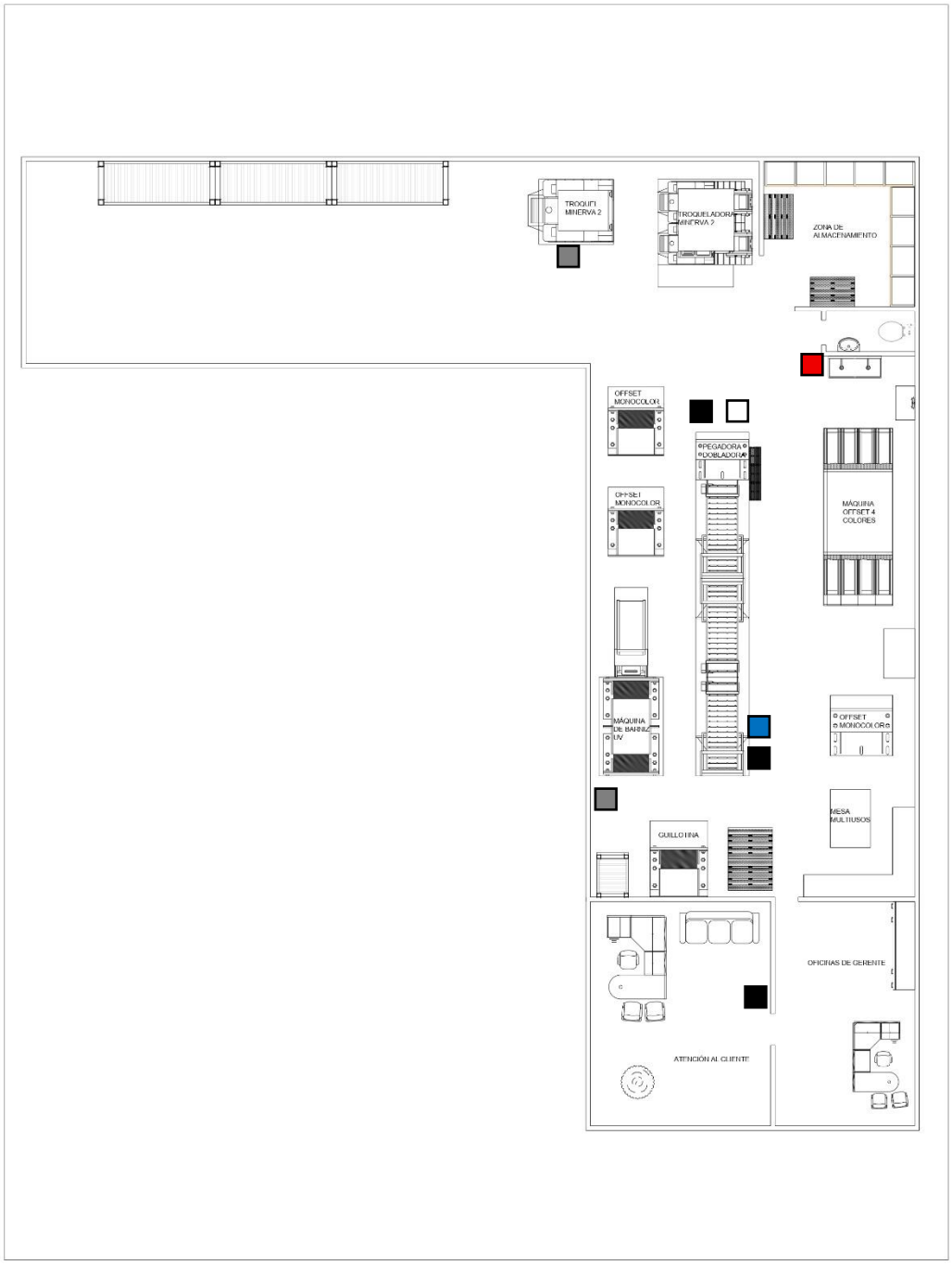


Figura 47. Ubicaciones propuestas para contendores estandarizados

b. Almacenamiento Temporal

Para organizar física y operativamente el área antes de establecer las medidas técnicas, se aplicará la metodología 5S. La Tabla 26 detalla las acciones operativas inmediatas para corregir los hallazgos detectados en el entorno.

Tabla 26. Plan de Acción Operativo 5S

Fase 5S	Hallazgo Detectado	Acción
Seiri	Mezcla de repuestos obsoletos con residuos.	Identificar y retirar físicamente del área de acopio todo objeto que no sea un residuo.
Seiton	Falta de áreas específicas de almacenamiento.	Delimitar zonas para separar peligrosos de no peligrosos.
Seiso	Acumulación de lodos de tinta en recipientes.	Limpieza en seco de los contenedores para evitar vapores tóxicos.
Seiketsu	Ausencia de identificación visual de riesgos.	Instalar señalética y códigos de colores según NTE INEN 2841.
Shitsuke	Incumplimiento de normas por parte del personal.	Realizar auditorías con listas de verificación técnica.

El diseño de la capacidad de almacenamiento es parte de una táctica para optimizar los costos logísticos, que determina cada dos meses un único y exclusivo ciclo de recolección externa para los residuos peligrosos. Los residuos no peligrosos seguirán con las frecuencias de recogida estándar que estableció el municipio. Por lo tanto el área de acopio para RESPEL está diseñada para soportar una carga máxima acumulativa de 228,32 kg. Esta carga se manejará a través de tanques de polietileno de alta densidad y boca ancha, como se observa en la Figura 48.



Figura 48. Tanque de polietileno de alta densidad para RESPEL

Con el fin de prevenir que los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) se evaporen en el aire, estos recipientes permanecerán sellados herméticamente. El área de acopio temporal, ubicada en el extremo superior izquierdo según la Figura 49, será un espacio techado, con ventilación constante y delimitado en el suelo con franjas amarillas, garantizando un confinamiento exclusivo y seguro para los residuos peligrosos.



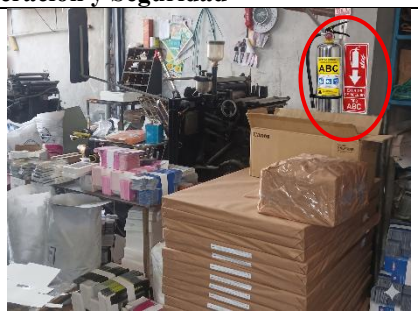
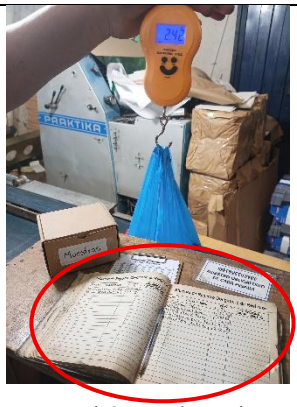
Figura 49. Ubicación de almacenamiento temporal para RESPEL

Después de que el espacio esté estandarizado, se continuará con la adecuación técnica y regulatoria de la zona. Los criterios y especificaciones de seguridad industrial necesarios para el almacenamiento temporal se detallan en la Tabla 27.

Tabla 27. Criterios y especificaciones para el acopio temporal de los residuos

Criterios	Especificación de Operación y Seguridad	
Aislamiento de Material Útil	Los residuos aprovechables (papel y cartón) se deben disponer sobre palets de plástico o madera para evitar el contacto directo con el suelo, protegiéndolos de la humedad capilar y conservando su valor comercial.	 Figura 50. Aislamiento de los residuos aprovechables
Compatibilidad Química	Se establece una separación física estricta entre materiales combustibles (cartón) e inflamables (estopas con solventes), cumpliendo con la matriz de segregación técnica para evitar reacciones accidentales.	 Figura 51. Separación de materiales combustibles e inflamables

Criterios	Especificación de Operación y Seguridad	
Contención Secundaria	Las bandejas antiderrames se usarán exclusivamente en los contenedores de recolección diaria dentro de la planta. El tanque de acopio final (tina de HDPE), al ser de uso rudo y almacenar residuos sólidos, no requiere estas bandejas y se colocará únicamente sobre un pallet plástico para aislarlo del suelo.	 Figura 52. Bandejas de contención para químicos  Figura 53. Área de acopio temporal para RESPEL
Condiciones Ambientales	El espacio debe contar con ventilación natural permanente para la disipación de vapores de compuestos orgánicos volátiles (COVs) e iluminación que permita la inspección segura de etiquetas.	 Figura 54. Ventilación para disipación de vapores COVs

Criterios	Especificación de Operación y Seguridad	
Seguridad Contra Incendios	Instalación de un extintor de polvo químico seco (clase ABC) en un lugar visible, señalizado y de fácil acceso, libre de obstáculos para su manipulación inmediata.	 Figura 55. Señalización de ubicación de extintores
Señalización y Acceso	Colocación de rótulos de advertencia según la normativa de seguridad ("Peligro: Residuos Peligrosos") y restricción de ingreso únicamente a personal autorizado y capacitado.	 Figura 56. Rótulos de advertencia para residuos peligrosos
Control de Trazabilidad	Implementación de una bitácora física de registro obligatorio donde se anote el peso, tipo de residuo y fecha de ingreso, asegurando el control estadístico de la generación mensual.	 Figura 57. Bitácora de registro para control de trazabilidad

c. Envasado, Rotulado y Etiquetado

Con el objetivo de asegurar la gestión segura de residuos desde su generación hasta su disposición final, así como prevenir la contaminación cruzada en las instalaciones de Imprenta Voluntad Jr., se definen las siguientes pautas técnicas de identificación y contención, adaptadas a las regulaciones nacionales vigentes.

- ***Envasado:*** El primer nivel de contención directamente en la fuente es el proceso de envasado. En la Tabla 28 se encuentran las especificaciones técnicas de los revestimientos internos.

Tabla 28. Especificaciones técnicas para el envasado de residuos en la fuente

Categoría de Residuo (Color)	Material de Envasado (Revestimiento)	Justificación
Aprovechables: Papel y Cartón (Gris)	Lona de polipropileno de alta resistencia.	Contención directa en la lona cuando se trata de residuos sólidos, secos y sin lixiviados.
Aprovechables: Plásticos (Azul)	Funda de polietileno estándar (Azul).	Agrupa los empaques livianos para vaciar de manera rápida y conserva el contenedor limpio.
No Aprovechables: Comunes (Negro)	Funda de polietileno estándar (Negro).	Aislando la materia orgánica y la suciedad, se protegen las paredes internas del recipiente.
Peligrosos: RESPEL (Rojo)	Funda PEAD de alta densidad (Roja, mín. 2 micras).	Proporciona una gran resistencia a los desgarros y sella de manera hermética los vapores tóxicos (COVs).

- ***Rotulado de la infraestructura:*** Todos los contendores que estén dispuestos en la distribución de la imprenta tienen un rótulo adhesivo en el frente, hecho con material que resiste los solventes y la humedad. Se determinan dimensiones rectangulares normalizadas de 15 x 20 cm y 20 x 30 cm, adecuadas al tamaño de cada envase, con el fin de asegurar la legibilidad y respetar las normas técnicas en cuanto a proporción visual. Esta señalización muestra de manera directa y precisa el pictograma de advertencia y la categoría del residuo, con el fin de guiar al personal operativo en la adecuada separación de los desechos. El Anexo B proporciona una descripción detallada de formatos, advertencias y diseños estandarizados que son aplicables a la planta.

- ***Etiquetado de Residuos Peligrosos:*** Con el fin de garantizar la trazabilidad y supervisión operativa, antes de ser enviado a almacenamiento temporal, es necesario identificar todos los envases de residuos peligrosos (RESPEL). Los datos del productor, el nombre del residuo, su clasificación CRETIB y las fechas de control serán obligatorios en la etiqueta. El Anexo A proporciona detalles sobre el diseño y el formato visual estándar de esta etiqueta.

3.7.6 Programa de Manejo Externo y Disposición Final

El plan establece las directrices administrativas y técnicas para la distribución de los desechos generados en la Imprenta Voluntad Jr. Se ha establecido el coprocesamiento en hornos de cemento como destino final para los residuos peligrosos, una opción de aprovechamiento energético que asegura la eliminación completa de contaminantes y la adquisición de certificados legales para su disposición. Para mejorar la logística se implementa una entrega de RESPEL al gestor cada dos meses y una recolección mensual para el material de aluminio, mientras que los desechos comunes y utilizables seguirán siendo recolectados con regularidad.

a. Selección de gestores autorizados

La elección del proveedor de servicios externo se lleva a cabo bajo un riguroso criterio de clasificación en la fuente, para asegurar que los residuos sean derivados correctamente. Los requisitos que se requieren para cada clase de material se describen a continuación:

Tabla 29. Requisitos para selección de gestores autorizados

Clasificación (Contenedor)	Entidad Gestora Autorizada	Tipo de Disposición Final	Requisitos de Entrega
Comunes (Negro)	Servicio de recolección pública (GAD Municipal).	Relleno sanitario municipal.	Disposición en los horarios y rutas establecidas por la ordenanza municipal.
Aprovechables (Gris, Blanco y Azul)	Recicladoras o asociaciones de recicladores.	Plantas de recuperación y reciclaje.	Evidenciar capacidad instalada para procesar papel, cartón, metal y plástico, evitando su llegada a botaderos.
Peligrosos y Especiales (Rojo)	Personas naturales o jurídicas con Permiso Ambiental expedido por el MAATE.	Coprocesamiento	Registro en el SUIA y licencias correspondientes para el transporte y disposición final.

b. Comercialización y Frecuencias de Retiro

Es indispensable establecer la logística de venta para los desechos con valor comercial luego de elegir a los gestores. La Tabla 30 presenta los criterios de valoración y las frecuencias de retiro para el aluminio, el papel y el cartón.

Tabla 30. Frecuencias y Valorización de Residuos Aprovechables

Material (Color)	Frecuencia de Venta	Valorización
Papel de Refile (Gris)	Semanal	Precio por kg.
Cartón (Gris)		
Aluminio (Blanco)	Mensual	Precio por kg.

c. Protocolo de entrega y trazabilidad

Se documentará de manera estricta el procedimiento de entrega-recepción de los desechos para definir la "Cadena de Custodia" de los materiales. Esto posibilita que la imprenta justifique su gestión durante las auditorías o inspecciones de la autoridad de control en cuatro fases principales.

- ***Acondicionamiento y Pesaje Interno:*** Antes de que llegue el gestor externo, los empleados asignados por la imprenta se encargarán de cerrar las lonas, fundas y asegurando el sellado hermético de las tinas de HDPE, garantizando que no haya filtraciones ni desgarros. Se pesará cada uno de los envases por separado y se anotará en la Bitácora de Registro de Generación Interna de la planta el peso en kilogramos.

- ***Inspección del Transporte (Desechos Peligrosos):*** En particular, para los residuos peligrosos (papel con tintas y estopas con solventes), el encargado de la planta comprobará visualmente que el vehículo del gestor autorizado

  - Asegúrese de tener la señalización de riesgo adecuada (Norma Técnica Ecuatoriana INEN para el transporte de materiales peligrosos).

  - Tenga a su disposición equipos básicos para actuar ante emergencias (fuegos o derrames).

- ***Trazabilidad Documental y Transferencia de Custodia:*** La documentación de respaldo debe estar siempre presente durante la transferencia física de los residuos, la cual varía dependiendo del peligro que represente la carga.

Tabla 31. Requisitos para trazabilidad y transferencia de residuos

Tipo de Carga	Documento de Respaldo Exigido	Detalles Requeridos
Residuos Aprovechables	Acta de Entrega-Recepción o Nota de Pesaje/Factura de la recicladora.	Debe detallar fecha, cantidad entregada (kg) y tipo de material (papel, cartón o plástico).

Desechos Peligrosos	Manifiesto Único de Entrega, Transporte y Recepción de Desechos Peligrosos.	Firma original de tres actores: Generador (Imprenta), Transportista y Disposición Final.

- ***Archivo y Declaración Anual:*** Toda la documentación producida se guardará en formato físico y se digitalizará. Estos registros son la base esencial para preparar y presentar la Declaración Anual de Desechos Peligrosos ante el MAATE.

3.7.7 Plan de Contingencias y Respuesta a Emergencias

Este plan describe los protocolos de intervención inmediata enfocados en proteger la integridad física de los empleados, preservar la infraestructura de la planta y reducir las repercusiones ambientales ante eventuales sucesos relacionados con el manejo de residuos y desechos generados, poniendo una atención particular en los residuos peligrosos.

a. Procedimientos ante Derrames Químicos

Los derrames de solventes y tintas, ya sea durante su manipulación o por la ruptura accidental de fundas en los contenedores rojos, requieren una acción de mitigación estandarizada. Para ello, la planta debe contar con un "Kit Antiderrames" básico. En la Figura 58 se expone el procedimiento necesario ante un derrame de químicos.



Figura 58. Procedimiento necesario ante un derrame químico

b. Prevención y Control de Incendios

La posibilidad de que se produzcan incendios es un aspecto crucial dentro de la instalación, debido a la gran cantidad de material celulósico (cartón, papel) y a la existencia de elementos inflamables. Las estrategias se clasifican en dos tipos: prevención y control; en la Figura 59 y Figura 60 se indican estas estrategias.



Figura 59. Estrategias de prevención ante incendios



Figura 60. Estrategias de control ante incendios

c. Primeros Auxilios por Exposición

Si surgen incidentes que pongan en riesgo la salud de los trabajadores por la inhalación de vapores o el manejo de productos químicos (solventes, tintas), es esencial actuar con rapidez y exactitud. Las instrucciones específicas y el protocolo de primeros auxilios, organizados según la vía de exposición, se presentan en la Figura 61. Este esquema es la primera línea de respuesta obligatoria en la planta para reducir las dolencias agudas mientras se organiza el transporte o el cuidado médico profesional.



Figura 61. Primeros auxilios antes emergencias por exposición

3.7.8 Plan de Capacitación y Sensibilización

El propósito principal del plan actual es asegurar que todos los empleados que participan en las operaciones de la imprenta obtengan las habilidades requeridas para gestionar internamente los desechos de manera segura y responsable, reduciendo así los peligros ambientales y laborales.

a. Temas de Formación

El programa de capacitación ha sido organizado en módulos temáticos, los cuales han sido creados para satisfacer tanto las demandas normativas como las necesidades operativas de la planta. La Tabla 32 menciona y explica los contenidos mínimos que se imparten al personal.

Tabla 32. Temas para exponer en las capacitaciones

TEMÁTICAS A TRATAR EN CAPACITACIONES	
Normatividad y Sensibilización	**Segregación en la Fuente**
Requisitos legales ambientales asociados a la generación de residuos. Políticas internas de la empresa	Diferenciación estricta entre residuos peligrosos y no peligrosos. Código de colores de los contenedores (Gris, Azul, Rojo, Negro).
Manejo Seguro de RESPE	**Higiene y Seguridad Industrial:**
Sistemas que se han puesto en marcha dentro de la compañía para el almacenamiento y manejo de desechos peligrosos (disolventes, tintas, estopas). Situaciones de incompatibilidad química.	Interpretación de las hojas de seguridad correspondientes a productos químicos. Reglas fundamentales de higiene y utilización de Equipos de Protección Personal (EPP).
Etiquetado y Trazabilidad	**Respuesta a Emergencias**
Normas para el etiquetado, empaquetado y registro de los desechos producidos con el fin de ser entregados a los gestores.	Acciones de contingencia que se prevén en la planta. Métodos de acción frente a derrames de disolventes y conatos de incendio.

b. Cronograma Anual de Capacitación

Para asegurar la asimilación del conocimiento y mantener la cultura ambiental en la planta, la ejecución del plan de capacitación se distribuye a lo largo del año operativo. La metodología incluye una inducción obligatoria para el personal de nuevo ingreso y charlas cortas de refuerzo mensual o bimensual dictadas en el área de trabajo, todo esto se indica de mejor manera en el Anexo L.

3.7.9 Seguimiento, Evaluación e Indicadores

Es imprescindible que la aplicación del Plan de Gestión Integral de Residuos en la imprenta incluya una evaluación continua, ya que esta posibilita comprobar el progreso, identificar anomalías eventuales y llevar a cabo las correcciones necesarias.

a. Indicadores de Desempeño Ambiental

En la Tabla 33 - Tabla 35 se establece un sistema de indicadores para medir el éxito de las medidas implementadas y así poder observar el nivel de progreso del plan de gestión.

Tabla 33. Fichas de indicador de Rentabilidad de la Gestión de Residuos

Elemento	Descripción
Nombre del Indicador	Ingreso Económico por Reciclaje de Maculatura.
Objetivo	Medir el ingreso económico mensual logrado a través de la adecuada separación y venta de residuos reciclables.
Fórmula de Cálculo	$\sum(Ingresos\ monetarios\ por\ venta\ de\ papel\ y\ cartón\ reciclables)$
Fuente de Información	Facturas o recibos de pago emitidos por la empresa o asociación recicladora.
Periodicidad	Mensual.
Meta	Cubrir los costos mensuales de insumos de limpieza

Tabla 34. Ficha de indicador de Límite Ergonómico Seguro

Elemento	Descripción
Nombre del Indicador	Tasa de Vaciado Seguro (Prevención de Sobreesfuerzo).
Objetivo	Garantizar la salud ocupacional del personal al asegurar que ninguna lona de acopio supere el límite de levantamiento manual permitido (25 kg).
Fórmula de Cálculo	$\left(\frac{Número\ de\ lonas\ evacuadas \leq 25kg}{Total\ de\ lonas\ evacuadas\ al\ mes}\right) * 100$
Fuente de Información	Bitácora de pesaje interno diario en las estaciones de producción.
Periodicidad	Mensual.
Meta	100%

Tabla 35. Ficha de indicador de Índice de Merma por Errores de Producción

Elemento	Descripción
Nombre del Indicador	Índice de Merma (Desperdicio) Operativa.
Objetivo	Medir la cantidad de materia prima (papel y tinta) que se convierte en residuo aprovechable o peligroso debido a errores humanos, de diseño o de calibración.
Fórmula de Cálculo	$\left(\frac{Kg\ de\ papel\ impreso\ dañado}{Kg\ totales\ de\ papel\ utilizado\ al\ mes}\right) * 100$
Fuente de Información	Registro de pesaje de los contenedores de rechazos del área de impresión, cruzado con las órdenes de compra o salida de bodega de papel.
Periodicidad	Mensual.
Meta	Mantener el desperdicio por debajo del 5%.

b. Auditorías Internas y Mejora Continua:

Se llevarán a cabo auditorías internas regularmente para comprobar que el Plan de Gestión de Residuos se está cumpliendo, a través de revisiones de las bitácoras de registro e inspecciones físicas en los espacios productivos (ver Anexo D). Durante estas auditorías, se examinarán los siguientes elementos operativos:

- ***Separación en su origen:*** Se verificará que los residuos se coloquen de manera apropiada en los recipientes correspondientes y que no haya mezclas inapropiadas.

- ***Ergonomía y seguridad:*** Con el objetivo de evitar que el personal sufra lesiones por esfuerzo físico, se comprobará que el vaciado de las lonas de recortes de papel se realice siguiendo el límite ergonómico de 25 kg.

- ***Estado de la infraestructura:*** Se comprobará el estado adecuado de los contenedores móviles, la claridad con que están etiquetados los desechos peligrosos y la organización dentro del espacio para almacenamiento temporal.

3.7.10 Evaluación Económica y Presupuesto

Se determina la viabilidad financiera del Plan de Gestión Integral de Residuos mediante el estudio del capital inicial requerido para la infraestructura y los gastos que se repiten con el fin de garantizar que las operaciones sean sostenibles y que se cumplan las normativas.

a. Costos de Inversión

Hace referencia a los rubros que se usan para comprar activos fijos, equipamiento de seguridad industrial e infraestructura de almacenamiento. La estimación se fundamenta en la evaluación física de los contenedores y las exigencias de respuesta frente a emergencias químicas.

Tabla 36. Presupuesto de Inversión Inicial

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario ($)	Costo Total ($)
Contenedor Gris	Estructura móvil con lona (Capacidad 50 kg / 85,9 L).	2	200,00	400,00
Contenedor Negro	Tacho estándar (20 L) para desechos comunes.	3	18,00	54,00
Contenedor Rojo	Tacho con pedal (30 L) para residuos peligrosos internos.	1	23,00	23,00
Contenedor Azul	Tacho rígido (25 L) para plásticos.	1	23,00	23,00
Tina de HDPE	Tanque de polietileno (55 gal) con tapa hermética para RESPEL.	1	200,00	200,00
Pisetas industriales	Pisetas de dosificación para solventes.	3	6,50	26,00

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario ($)	Costo Total ($)
Kit Antiderrame	Kit básico (paños, barrera, absorbente y bolsa).	1	85,00	85,00
Balanza Digital	Balanza portátil para registro de pesaje en bitácora.	1	35,00	35,00
Señalética	Letreros de identificación de residuos y riesgos químicos.	7	3,50	24,50
EPP Inicial	Kit de protección (guantes nitrilo, mascarillas y gafas).	1	45,00	45,00
Extintor	Extintor de Polvo Químico Seco ABC (20 lbs)	1	30.00	30.00
Contenedor Blanco	Acondicionamiento normativo con pintura blanca anticorrosiva y rotulación normativa	1	25,00	25,00
TOTAL INVERSIÓN INICIAL				$ 970,50

b. Costos de Operación

Refleja los gastos fijos mensuales que la compañía tiene que cubrir para sostener la operatividad técnica del plan y asegurar el cumplimiento legal de la disposición final de sus pasivos ambientales (RESPEL).

Tabla 37. Presupuesto de Costos Operativos Mensuales

Ítem	Descripción Técnica	Frecuencia	Costo Estimado Mensual ($)
Insumos consumibles	Fundas plásticas reforzadas (negras, rojas y azules).	Mensual	15,00
Gestión (RESPEL)	Amortización de pago bimestral al gestor ambiental.	Bimestral	104,91
Reposición EPP/Kit	Renovación de guantes y material absorbente.	Mensual	15,00
Mantenimiento	Limpieza y desinfección de infraestructura de acopio.	Mensual	8,00
TOTAL COSTO OPERATIVO MENSUAL			$ 142,91

La Tabla 38 detalla el cálculo del costo operativo para respaldar el concepto de la gestión externa de residuos peligrosos. Este se basa en una estrategia de recolección bimestral y el uso del método de coprocesamiento en hornos cementeros, con el objetivo de optimizar el pago de fletes logísticos legalizados según las normativas INEN 2266.

Tabla 38. Desglose de Costos de Gestión Externa de RESPEL

Concepto	Detalle	Cálculo	Subtotal ($)
Tratamiento	Coprocesamiento en hornos cementeros.	228,32 kg x $0,70/kg	159,82
Logística y Flete	Transporte certificado.	Tarifa base por viaje	50,00
Total por Recolección	Consolidado a entregarse cada 60 días.		209,82

c. Ingresos Mensuales por Valorización de Residuos

La Tabla 39 describe con detalle los ingresos previstos de acuerdo a la tasa de generación de la planta y a los precios vigentes en el mercado. Este flujo de caja hace posible que el manejo de residuos se financie por sí mismo, al cubrir los costos de mantenimiento y operación de la infraestructura sugerida.

Tabla 39. Ingresos Mensuales por Venta de Materiales

Material	Generación Mensual (kg)	Precio (USD/kg)	Ingreso Mensual (USD)
Papel y Cartón (Gris)	136,54	$0,07	$9,56
Aluminio (Blanco)	60,00	$1,25	$75,00
TOTAL	196,54		$84,56

La estimación económica del Plan de Gestión Integral establece que la inversión inicial para seguridad e infraestructura es de $970,50. Además, el costo operativo mensual asciende a $142,91; este último garantiza que se cumplan las normativas y se gestionen los desechos peligrosos. Sin embargo, la estrategia de valorización de residuos aprovechables produce un ingreso mensual estimado en $84,56, que se ve principalmente impulsado por las ventas de aluminio offset. Este flujo de caja positivo facilita la cobertura del 59% de los gastos operacionales mensuales, lo que disminuye notablemente la carga financiera para Imprenta Voluntad Jr. y establece que el proyecto no solamente es responsable desde una perspectiva ambiental, sino también desde una económica a largo plazo.

3.7.11 Cronograma de Implementación

La ejecución del plan se organiza en un periodo de 12 semanas, cuyas fases y actividades técnicas se detallan cronológicamente en la Tabla 40.

Tabla 40. Cronograma de actividades para la implementación del PGIR

Fase	Actividad Técnica	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Responsable
Adquisición	Compra de contenedores (7 unidades), balanza y kit antiderrame.	X			Gerencia
Instalación	Distribución en layout y fijación de señalética AM 142.	X			Operativo
Capacitación	Inducción en segregación en la fuente y respuesta ante derrames.		X		Autor
Operación	Inicio de registros en bitácoras y recolección diferenciada.		X	X	Operativo
Gestión	Primer retiro de RESPEL por gestor y evaluación de indicadores.			X	Gerencia / Gestor

3.7.12 Anexos



Imprenta Voluntad Jr.

ETIQUETA DE RESIDUOS PELIGROSOS (RESPEL)

1. IDENTIFICACIÓN DEL GENERADOR (Empresa)

Generador: **Imprenta Voluntad Jr.**

Teléfono: _____ RUC: _____

Dirección: _____

2. DENOMINACIÓN DEL RESIDUO (Contenido Exacto)

3. CLASIFICACIÓN DE PELIGROSIDAD (CRETIB)

Propiedad: _____ Riesgo: _____

Propiedad: _____ Riesgo: _____

- ☐ **C** (Corrosivo)
- ☐ **R** (Reactivo)
- ☐ **E** (Explosivo)
- ☐ **T** (Tóxico)
- ☐ **I** (Inflamable)
- ☐ **B** (Biológico-Infeccioso)

4. TRAZABILIDAD (Control Operativo)

Fecha Inicio Envasado:	Fecha Traslado a Bodega:	Peso Neto (kg) - Registro Balance:	Operario Responsable:
[___/___/____]	[___/___/____]	[____.____]	[_____]

Anexo A. Etiqueta de identificación de residuos peligrosos



Anexo B. Señalética propuesta para aplicación en la Imprenta Voluntad Jr.



BITÁCORA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS (PGIR)

EMPRESA GENERADORA: Imprenta Voluntad Jr.

MES/AÑO DE REGISTRO: _____

FECHA	ÁREA DE GENERACIÓN	DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DEL RESIDUO	CLASIFICACIÓN (NP, RESPEL, C)	CANTIDAD (Kg)	UBICACIÓN EN ACOPIO	NOMBRE DEL OPERARIO	FIRMA DEL RESPONSABLE

INSTRUCTIVO DE LLENADO PARA EL PERSONAL

(1) **Área de Generación:** Preisas, Guillidina, Acabados, Oficinas, etc.
(2) **Descripción Específica del Residuo:** Ejemplos: Retiejo de Papel Gris, Cartón de Embalaje, Plásticos de Embalaje, Estopas Contaminadas con Solvente, Envases de Tinta Vacios.
(3) **Clasificación:** Escribir **NP** (No Peligroso/Aprovechable), **RESPEL** (Residuo Peligroso - Requiere EPP y Etiqueta Roja), **C** (Común/No Aprovechable).
(4) **Cantidad (Kg):** Usar balanza. Peso neto.
(5) **Ubicación en Acopio:** Número del tacho o área asignada dentro del Almacenamiento Temporal.

Anexo C. Bitácora para registro de generación de residuos

FORMATO DE INSPECCIÓN DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL (PGIR)
Imprenta Voluntad Jr.
CHECKLIST SEMANAL DE BODEGA DE RESIDUOS

Mes: _____ Semana Nº (1, 2, 3, 4, 5): _____ Año: _____ Inspector (Nombre): _____

ÍTEM DE INSPECCIÓN	SÍ	NO	OBSERVACIONES / ACCIONES CORRECTIVAS
GENERAL BODEGA:			
1. Limpieza general del área y orden de materiales.	☐	☐	
2. Estado físico de estanterías y áreas de acopio.	☐	☐	
CONTENCIÓN DE RESIDUOS:			
3. Contenedores cerrados correctamente cuando no están en uso.	☐	☐	
4. Contenedores libres de goteos o grietas.	☐	☐	
5. Ausencia de derrames o manchas en el suelo.	☐	☐	
ETIQUETADO:			
6. Todas las etiquetas de contenedores están en su sitio.	☐	☐	
7. Etiquetas legibles y con información CRETIB completa (residuos peligrosos).	☐	☐	
8. Fechas de inicio y fin de envasado registradas.	☐	☐	
SEGURIDAD:			
9. Extintores de incendio accesibles, con presión correcta y vigencia de recarga.	☐	☐	
10. Ventilación operativa y área libre de vapores acumulados.	☐	☐	
11. Kit antiderrame completo y accesible.	☐	☐	
12. Señalética de seguridad legible y en buen estado.	☐	☐	
SEGREGACIÓN:			
13. Residuos peligrosos separados de no peligrosos.	☐	☐	
14. Incompatibilidad de residuos considerada en el almacenamiento.	☐	☐	

RESULTADO GENERAL DE LA INSPECCIÓN: [ ] Conforme [ ] No Conforme
OBSERVACIONES ADICIONALES:

Firma del Inspector: _____ Fecha: ____/____/____ Firma del Responsable (Verificación): _____ Fecha: ____/____/____

Anexo D. Checklist para inspección de almacenamiento temporal



ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Imprenta Voluntad Jr.

MANIFIESTO No.		FECHA	/ /

1. DATOS DEL GENERADOR	
RUC	
Dirección	
Responsable	
Teléfono	

2. DATOS DEL GESTOR AMBIENTAL (TRANSPORTISTA)			
Empresa Gestora			
RUC		Vehículo	
Registro Ambiental No.		Chofer	
Chofer		Licencia	

3. DETALLE DE RESIDUOS ENTREGADOS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO	CLASIFICACIÓN (CRETIB)	ESTADO FÍSICO	CANTIDAD TOTAL	UNIDAD	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
...						
			TOTAL:			

4. DECLARACIONES Y OBSERVACIONES ADICIONALES

5. FIRMAS DE CONFORMIDAD

			GENERADOR			GESTOR/TRANSPORTISTA		
Nombre		Sello	Nombre		Espacio Sello	Nombre		Espacio Sello
Cargo			Cargo			Cargo		
Firma			Firma			Firma		
Fecha			Fecha			Fecha		

Anexo E. Modelo de acta de entrega-recepción de residuos peligrosos



Anexo F. Procedimiento ante derrames de químicos

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El estudio determinó que durante los 15 días de medición, la empresa generó un volumen total de 1.836,71 libras, sumando absolutamente todos los tipos de desechos (generación global de casi 2.450 libras al mes). Al analizar la composición de este gran total, se evidenció que la inmensa mayoría (95% del peso) corresponde a materiales limpios y altamente reciclables, como mermas de cartón y papel. Por otro lado, solamente el 5% restante de ese peso total está conformado por residuos peligrosos, tales como estopas con solventes, envases de químicos y pliegos manchados con tinta. El hallazgo principal radica en que, aunque la proporción de desechos peligrosos es estadísticamente mínima frente al total general, su alto nivel de toxicidad e inflamabilidad exige un manejo prioritario e independiente para evitar que contaminen ese 95% de material que sí se puede aprovechar y vender.

- Se descubrió que la empresa presenta una alta vulnerabilidad en su gestión ambiental, cumpliendo apenas con el 39% de las exigencias legales. A nivel del personal, el 66,7% no ha recibido capacitación sobre cómo separar los desechos, lo que desencadena prácticas de alto riesgo. Por otro lado el 100% de los trabajadores encuestados admitió limpiar derrames de químicos con estopas normales y tirarlas en los basureros comunes. A esto se suma que la planta carece del 61 % del equipamiento elemental, como es el caso de los recipientes con cierre hermético. Esta limitación material causa que los restos inflamables terminen en los camiones de la basura pública, una falta normativa bastante seria que fue corroborada por casi todo el personal.

- El plan de gestión de residuos diseñado demostró ser una solución altamente práctica y viable a nivel económico. Para su implementación se requiere una inversión inicial bastante accesible de $970,50, destinada a adaptar la infraestructura y la señalización de seguridad. Aunque mantener este sistema funcionando tiene un costo mensual de $142,91 (principalmente por el

tratamiento especializado de la basura peligrosa), la iniciativa de reciclar y vender el papel, junto con las planchas de aluminio, generará ingresos mensuales proyectados de $84,56. Esto significa que el propio plan logra amortizar y cubrir casi el 60% de sus gastos operativos, garantizando que sea rentable y sostenible a largo plazo.

4.2 Recomendaciones

- Es vital implementar una supervisión estricta en el área de impresión para garantizar que cualquier material contaminado con químicos se deseche únicamente en los contenedores rojos correspondientes. También se aconseja concretar alianzas con centros de reciclaje o asociaciones para vender de forma constante el cartón y papel limpio, lo que traerá beneficios económicos directos para la empresa.

- Se debe poner en marcha a corto plazo un plan de capacitación para que los trabajadores aprendan a manejar productos químicos y a utilizar correctamente los kits contra derrames. Además, la gerencia necesita prohibir definitivamente que los residuos peligrosos se entreguen al servicio de recolección pública y debe contratar a un gestor ambiental certificado que se encargue de retirarlos y tratarlos de forma legal.

- Se sugiere a la administración aprobar este presupuesto inicial para poder instalar los puntos de recolección adecuados dentro de la planta. De igual manera es indispensable designar a un responsable interno que registre y firme a diario el peso de los residuos generados. Mantener este historial ordenado será la clave para poder presentar sin problemas la declaración anual de desechos peligrosos ante las autoridades ambientales correspondientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] B. M. García Cevallos y W. Pozo, "PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS EN UNA EMPRESA GRÁFICA – CANTÓN GUAYAQUIL", Guayaquil, mar. 2021.

[2] D. Moreno Vega y K. Coral, "MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y ESPECIALES PARA IMPRENTAS EN LA CIUDAD DE QUITO. 2018.", Quito, oct. 2019.

[3] INEC, "Según la última estadística de información ambiental: Cada ecuatoriano produce 0,58 kilogramos de residuos sólidos al día".

[4] SuperCias, "Empresas manufactureras relacionadas con impresión y artes gráficas", 2024.

[5] Ministerio del Ambiente, "Acuerdo MInisterial N° 026", Quito, may 2008.

[6] J. Oleas-Orozco, R. Cabezas Ramos, y P. Escobar Chiriboga, "Residuos en los procesos de producción de la industria de artes gráficas en la impresión de gran formato. El caso de Riobamba, Ecuador", *Zincografía*, abr. 2022, doi: 10.32870/zcr.v6i11.126.

[7] L. Flores Cevallos, C. Flores Tapia, G. Cuesta Chávez, y A. Pérez Barrionuevo, "Sectores estratégicos para el cambio de la Matriz Productiva: perspectiva de la ciudadanía y de los empresarios de Tungurahua", *Bolentín de Coyuntura*, vol. 1, núm. 20, 2019, doi: 10.31164/bcoyu.20.2019.687.

[8] Incinerox, "Manejo de residuos en imprentas". Consultado: el 15 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://incinerox.com.ec/manejo-de-residuos-en-imprentas/

[9] Redacción La Hora, "Ambato desecha más de lo que recicla", *La Hora*, 2021, Consultado: el 15 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.lahora.com.ec/tungurahua/Ambato-desecha--mas-de-lo-que-recicla-20210905-0023.html

[10] Asociación de Minucipalidades del Ecuador, "'Conectados con el Ambiente'".

[11] B. Simpson, P. Tazik, G. Miller, y P. Randall, "Waste Reduction Evaluation of Soy-Based Ink at a Sheet-Fed Offset Printer", Cincinnati, sep. 1994.

[12] U. Yılmaz, "Investigation of deinking efficiencies of trigromi laserjet printed papers depending on the number of recycling", *Pigment & Resin Technology*, vol. 53, núm. 4, pp. 475–483, 2024, doi: https://doi.org/10.1108/PRT-07-2022-0091.

[13] S. Rothenberg y M. Becker, "Environmental Management in Lithographic", sep. 2002. [En línea]. Disponible en: http://print.rit.edu

[14] I. Kliopova-Galickaja y D. Kliaugaite, “VOC emission reduction and energy efficiency in the flexible packaging printing processes: analysis and implementation”, *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 20, núm. 8, pp. 1805–1818, oct. 2018, doi: 10.1007/s10098-018-1571-x.

[15] I. Bolanča Mirković, G. Medek, y Z. Bolanča, “Ecologically sustainable printing: Aspects of printing materials”, *Tehnicki Vjesnik*, vol. 26, núm. 3, pp. 662–667, 2019, doi: 10.17559/TV-20180620181128.

[16] S. Canonico, R. Sellman, y C. Preist, “Reducing the greenhouse gas emissions of commercial print with digital technologies”, en *2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*, 2009, pp. 1–6. doi: 10.1109/ISSST.2009.5156685.

[17] P. Laihu, H. Fan, Q. Yubao, y J. Li, “Random Forest-Based Prediction of the Optimal Solid Ink Density in Offset Lithography”, *Applied Sciences*, vol. 15, núm. 9, p. 4830, 2025, doi: https://doi.org/10.3390/app15094830.

[18] N. Singh y D. Kumar, “A STUDY TO INVESTIGATE THE NEW COST SAVING & ENVIRONMENTALLY SAFE UV-LED LAMPS IN PRINTING INDUSTRY”, *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering*, vol. 14, núm. 1, pp. 73–78, 2021, [En línea]. Disponible en: https://login.uta.lookproxy.com/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/study-investigate-new-cost-saving-amp/docview/2513323108/se-2?accountid=36765

[19] K. Krystosiak, A. Kluczek, y W. Werpachowski, “Analysis of proper ink management impact on overall environmental equipment efficiency for sustainability”, *Scientific Reports (Nature Publisher Group)*, vol. 14, núm. 1, p. 19104, 2024, doi: https://doi.org/10.1038/s41598-024-70118-x.

[20] V. Marina y B. Josip, “Effect of PCL Nanocomposite Coatings on the Recyclability of Paperboard Packaging”, *Recycling*, vol. 10, núm. 2, p. 53, 2025, doi: https://doi.org/10.3390/recycling10020053.

[21] Md. R. Repon *et al.*, “Natural dyes in textile printing: parameters, methods, and performance”, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 31, núm. 35, pp. 47552–47583, jul. 2024, doi: https://doi.org/10.1007/s11356-024-34424-1.

[22] K. Kozake *et al.*, “Environmental Impact Assessment of Flexible Package Printing with the ‘LUNAJET®’ Aqueous Inkjet Ink Using Nanodispersion Technology”, *Sustainability*, vol. 13, núm. 17, p. 9851, 2021, doi: https://doi.org/10.3390/su13179851.

[23] W. J. Gu, Y. Li, y X. H. Zhang, “Printing Industry and the Environment”, *Adv. Mat. Res.*, vol. 663, pp. 759–762, 2013, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.663.759.

[24] P. Hayta y M. Oktav, “The Importance of Waste and Environment Management in Printing Industry”, *EJENS*, vol. 3, núm. 2, pp. 18–26, 2019.

[25] C. Aydemir, S. Yenidoğan, y D. Tutak, “SUSTAINABILITY IN THE PRINT AND PACKAGING INDUSTRY”, *Química y tecnología de la celulosa*, vol. 57, pp. 55–577, 2023.

[26] M. S. Jakovljević, S. M. Poljaček, S. J. Hanzer, D. Donevski, y T. Tomašegović, “Towards Expanding the Use of Paper Made from Recycled and Non-Woody Plants: Enhancing the Print Quality through the Application of Nano-Modified Offset Inks”, *Sustainability*, vol. 16, núm. 11, p. 4785, 2024, doi: https://doi.org/10.3390/su16114785.

[27] S. W. Horstman, S. R. Browning, R. Szeluga, J. Burzycki, y A. Stebbins, “Solvent exposures in screen printing shops”, *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART A-TOXIC/HAZARDOUS SUBSTANCES & ENVIRONMENTAL ENGINEERING*, vol. 36, núm. 10, pp. 1957–1973, 2001, doi: 10.1081/ESE-100107440.

[28] D. Donevski, T. Tomasegovic, y S. M. Poljacek, “Optimizing the Neural Network Architecture for Automation of the Tailored UV Post-Treatment of Photopolymer Printing Plates”, *MACHINES*, vol. 11, núm. 6, jun. 2023, doi: 10.3390/machines11060618.

[29] H. Shameem, R. Mittal, y A. Gupta, “Analysis of Barriers in Implementing Quality Management Initiatives in MSME Label Printing Firms for Sustainable Performance Improvement”, *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, vol. 8, núm. 3, pp. 444–463, 2023, doi: https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2023.8.3.025.

[30] C. Aydemir y S. A. Özsoy, “Environmental impact of printing inks and printing process”, *Journal of Graphic Engineering and Design*, vol. 11, núm. 2, pp. 11–17, dic. 2020, doi: 10.24867/JGED-2020-2-011.

[31] Fundación Avina, “Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)”, Ecuador, ene. 2012. [En línea]. Disponible en: www.care.org.ec

[32] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), “GUIA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS”, Cuba, 2007. [En línea]. Disponible en: www.unido.org

[33] Gael. Ferguson, A. J. . Dakers, y Ian. Gunn, *Sustainable wastewater management : a handbook for smaller communities*. Ministry for the Environment, 2003.

[34] J. Martínez, “Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos”, Montevideo, Uruguay, sep. 2005.

[35] J. Pérez Gómez y Fondo Social Europeo, *Gestión de residuos industriales*, Paralelo Edición, SA. 2010. [En línea]. Disponible en: www.istas.ccoo.es

[36] Asociación Chilena de Seguridad y Consejo Nacional de Producción Limpia, “PRODUCCION LIMPIA: PRINCIPIOS Y HERRAMIENTAS”, Chile, 2008.

[37] C. A. Mora Valencia y M. L. Berbeo Rodríguez, “Manual de Gestión Integral de Residuos”, may 2010.

[38] EP PetroEcuador, “Manejo de residuos peligrosos y no peligrosos”.

[39] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), “NTE INEN 2841”, Quito-Ecuador, mar. 2014.

[40] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 2266. Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos”, 2013.

[41] P. Tello Espinoza, D. Campani, y D. Rosalba Sarafian, *GESTIÓN INTEGRAL DE SÓLIDOS URBANOS*. 2018.

[42] Federación Asturiana de Concejos, Fondo Social Europeo, y Fundación Biodiversidad, “GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES”, 2013.

[43] J. Pichtel, “Waste Management Practices Municipal, Hazardous, and Industrial”, 2005.

[44] C. Brown, “Why and how to employ the SIPOC model”, *Journal of Business Continuity and Emergency Planning* , vol. 12, núm. 3, 2019, doi: 10.69554/zqrh7192.

[45] A. Velázquez, “Diagrama de Pareto: Qué es, usos y cómo elaborarlo”, https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/.

[46] R. G. Aguilera Peña y C. A. Santana Moncayo, *Fundamentos de la Gestión Ambiental*, Universidad ECOTEC. Samborondón, 2017.

[47] E. Claver Cortés, J. F. Molina Azorín, y J. J. Tarí Guilló, “Gestión de la calidad y gestión medioambiental”, 2011.

[48] L. Regaldo y E. Vidal, *GESTIÓN AMBIENTAL. INTRODUCCIÓN A SUS INSTRUMENTOS Y FUNDAMENTOS*, Ediciones UNL. 2022. [En línea]. Disponible en: www.unl.edu.ar/editorial

[49] M. Araque Arellano *et al.*, “Gestión ambiental en la empresa mediante la Norma ISO 14001:2015”, 2018

[50] Tecnológico Nacional de Mexico, “Manual del Sistema de Gestión Ambiental. ISO 14001:2015”, 2015

[51] Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos, “Mejores prácticas para la gestión de los residuos sólidos: Una Guía para los responsables de la toma de decisiones en los países en vías de desarrollo”, oct. 2020.

[52] J. Flores, “Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos”, *Revista Boliviana de Administración*, vol. 3, núm. 2, 2021, doi: 10.33996/reba.v3i2.5.

[53] MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA, “Acuerdo Ministerial 323”, mar. 2019.

[54] Ministerio del Ambiente, “Acuerdo Ministerial 026”, may 2008.

[55] Gobierno del Ecuador, “CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE”, Quito, abr. 2017. [En línea]. Disponible en: www.lexis.com.ec

[56] COA, “Reglamento al Código Orgánico del Ambiente”, *Fielweb Evolución Jurídica*, vol. 752, núm. 507, 2019.

[57] MINISTERIO DEL AMBIENTE, “Acuerdo Ministerial 142. Clasificación de residuos”, dic. 2012.

[58] Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, “NORMA INEN 2266”, jul. 2000.

[59] Subcomité Técnico de PCB’s, “NORMA TÉCNICA DE DESECHOS PELIGROSOS Y ESPECIALES”, 2012.

[60] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, “INEN 2288:2000. PRODUCTOS QUÍMICOS INDUSTRIALES PELIGROSOS. ETIQUETADO DE PRECAUCIÓN. REQUISITOS.”, Quito, 2000.

[61] P. N. Malacatus, P. E. Manobanda, y I. Romero, “Hazard Study of Sludge from Mining Wastewater Treatment Systems (Tailings), Accumulation of Contaminants and Potential Utilization Proposals”, *Sustainability (Switzerland)*, vol. 16, núm. 23, 2024, doi: 10.3390/su162310569.

[62] L. Garcia, “CRETIB”, 23/10.

[63] F. Márquez, “ROMBO DE SEGURIDAD NFPA”, *Departamento de Ingenieria Química*, 2005.

[64] F. Martí Fernández, R. van der Haar, J. C. López López, M. Portell, y A. Torner Solé, “La comprensión de los pictogramas de peligro de productos químicos entre trabajadores del sector de limpieza”, *Arch. Prev. Riesgos Labor.*, vol. 18, núm. 2, 2015.

[65] Presidencia Constitucional de la República, “LISTADO NACIONAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS”, dic. 2012.

[66] Centro de Innovación y Economía Circular CIEC, “Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador”, 2021.

[67] R. A. Vásquez Verdezoto y K. A. Villacis Tumbaco, “Propuesta de estrategias de economía circular para la gestión de residuos en una empresa manufacturera”, Guayaquil, 2025.

[68] J. E. Caballero Chacón y A. D. López Arias, “ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EMPRESAS PYME PRODUCTORAS DE LÁCTEOS ENFOCADOS A RESIDUOS SÓLIDOS Y SUBPRODUCTOS”, Fundación Universitaria San Mateo, Bogotá DC, 2022.

[69] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Estrategia Nacional de Economía Circular”, 2019.

[70] J. Rieradevall Pons y C. Gasol Martínez, *Economía circular. El camino hacia la sostenibilidad*. España: Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 2025. doi: 10.5565/lib/9788410202481.

[71] M. Pagani, L. Chasset, y A. Cesari, “Buenas Prácticas Ambientales en Industrias Gráficas”, 2024.

[72] Palgraphic, “En qué consiste la impresión offset”.

[73] Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL), “Prevención de la contaminación en el sector de Artes gráficas”, 2003. [En línea]. Disponible en: http://www.cema-sa.org

[74] C. INSST, “Riesgos Laborales Químicos - INSST - Portal INSST - INSST”, https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-quimicos.

[75] J. Sanz Valero, “Los equipos de protección personal usados por el personal sanitario frente a las sustancias peligrosas”, *Hospital a Domicilio*, vol. 7, núm. 1, 2023, doi: 10.22585/hospdomic.v7i1.187.

[76] C. D. CADENA POLANCO y T. G. GONZÁLEZ AGUILERA, “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UN CENTRO DE SERVICIOS EN IMPORTACIONES PARA EL SECTOR GRÁFICO DE LA CIUDAD DE QUITO”, Quito, jul. 2014.

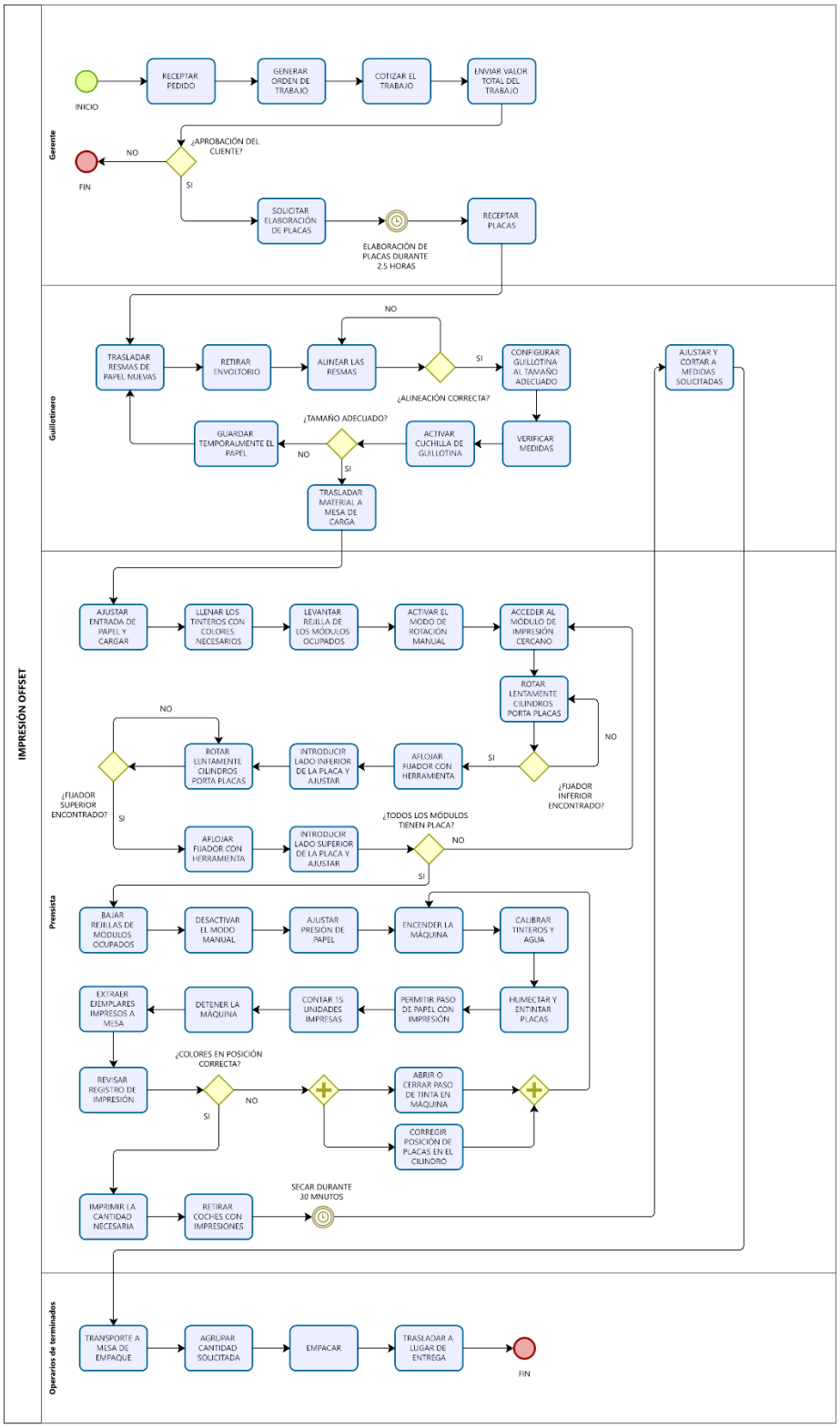
[77] APC Colombia, “MANUAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS”, dic. 2015.

[78] D. Cañedo Rodríguez, “Guía práctica de prevención de riesgos laborales en impresión offset tradicional”, junio de 2013

[79] H. A. Jiménez Delgado, “ANALISIS DE LA GESTION AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA PYMEG RAFICA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.”, Guayaquil, 2022.

[80] Fábrica Nacional de Moneda y Timbre, “Manual Básico de Artes Gráficas”, oct. 2016.

ANEXOS



Anexo G. Diagrama de flujo de impresión offset

Descripción del Desecho	Unidad	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	Total	Ind	Acum	Cat.
Mermas de cartón	Lb	56,03	61,08	55,47	57,90	66,13	51,16	58,45	64,51	63,71	56,83	57,53	64,71	54,47	60,12	59,68	887,78	48%	48%	A
Tiras de papel de refile	Lb	59,69	54,47	62,60	54,41	55,85	55,24	49,20	58,43	59,49	63,71	55,97	52,80	59,01	52,73	60,04	853,64	46%	95%	A
Pliegos de papel manchados	Lb	4,07	4,10	5,28	4,68	3,34	3,07	4,56	4,82	4,27	5,26	4,88	3,22	4,02	4,95	4,98	65,50	4%	98%	B
Estopas contaminadas con solventes	Lb	0,92	1,15	0,85	1,08	2,48	1,04	1,28	0,98	1,21	2,42	1,18	0,89	1,32	1,16	2,16	20,12	1%	99%	B
Papel dañado por atascos mecánicos	Lb	0,28	0,34	0,53	0,64	0,46	0,30	0,46	0,36	0,31	0,67	0,57	0,65	0,39	0,40	0,32	6,68	0%	100%	C
Envolturas de plástico de polietileno	Lb	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	0%	100%	C
Papel bond de descarte	Lb	0,06	0,05	0,06	0,08	0,05	0,05	0,08	0,06	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05	0,02	0,02	0,78	0%	100%	C
Papel kraft de embalaje original	Lb	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,28	0%	100%	C
Cintas adhesivas	Lb	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0%	100%	C

Anexo H. Tabla de cuantificación de desechos

Checklist de Segregación y Manejo

Matriz de verificación normativa para el manejo y disposición de residuos

1. **Objetivo de la Inspección**

Evaluar el nivel de cumplimiento normativo de las instalaciones y los procesos operativos de la Imprenta Voluntad Jr. en relación con el manejo, segregación y almacenamiento temporal de sus residuos sólidos y peligrosos.

2. **Datos de la Empresa**

Razón Social: Imprenta Voluntad Jr.

Ubicación: Tomás Nieto y Periódico La Democracia (Pinllo - Ambato)

Acompañante de la empresa: Santiago Cevallos Malla (Prensista)

3. **Instrucciones de Llenado del Checklist**

- **Sí:** Cumple totalmente con el requerimiento normativo.
- **No:** Incumplimiento total o ausencia de la medida.
- **Parcial:** La medida existe, pero es deficiente, incompleta o presenta fallos.
- **Nota***: En caso de marcar "No" o "Parcial", es obligatorio detallar el hallazgo en la columna "Observaciones"*

4. **Acrónimos empleados:**

- **RCOA:** Reglamento al Código del Ambiente
- **AM 026:** Acuerdo Ministerial 026
- **NTE INEN 2841:** Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2841. Estandarización de colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos.
- **NTE INEN 2266:** Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2266. Almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.
- **NTE INEN 2288:** Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2288. Productos químicos industriales peligrosos, etiquetado de precaución.

5. **Aplicación del Checklist en la empresa**

Anexo I. Resultados de la aplicación del Checklist de segregación

La Tabla 1 presenta el Checklist de Segregación y Manejo aplicado en las distintas áreas de la Imprenta Voluntad Jr. Esta herramienta, estructurada bajo la normativa ecuatoriana vigente, permite evaluar de forma física y objetiva las prácticas actuales de separación de desechos, el estado del almacenamiento y los protocolos de seguridad interna.

Tabla 1. Checklist de segregación de la Imprenta Voluntad Jr.

Nº	Criterio a Evaluar (Pregunta de Inspección)	Normativa Aplicable	Calificación	Observaciones
SEGREGACIÓN EN LA FUENTE (Zonas de trabajo: Impresión, Corte, Empaque)				
1	¿Existen recipientes suficientes y cercanos a los puntos de generación de residuos?	NTE INEN 2841	Parcial	  Se logró observar que existen varios recipientes donde se desechan los residuos comunes cerca de cada punto de generación, sin embargo, en la Guillotina y Troqueladora se usan lonas donde solamente se desechan restos de papel de refile y mermas de cartón.
2	¿Los recipientes están identificados mediante el código de colores oficial (Gris, Azul, Negro, Rojo)?	NTE INEN 2841	No	 Debido a que muchos de los recipientes usados como basureros son improvisados, ninguno de los que se encuentra de se encuentra en la empresa lleva un código de color para distinguir el contenido de estos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CICLO ACADÉMICO: FEBRERO 2026 – JUNIO 2026

3	¿Se evidencia una correcta separación física?	RCOA / AM 026	Parcial	  Existen ciertos puntos de la imprenta en donde la basura es separada de forma adecuada, principalmente en lugares donde existe alta cantidad de residuos que pueden ser aprovechados (cartón y papel), sin embargo, también existen lugares donde la basura es mezclada con todo tipo de residuos sin importar su peligrosidad.
4	¿Los recipientes para desechos peligrosos (Rojos) cuentan con tapa hermética o pedal para evitar la fuga de gases (COVs)?	NTE INEN 2266	No	En la imprenta no existen recipientes con un código cromático que indique el contenido de este, y mucho menos existe un recipiente específicamente para desechos peligrosos.
INFRAESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL (Bodega o zona de acopio)				
5	¿El área destinada a almacenar desechos peligrosos está techada y protegida de la intemperie?	RCOA / AM 026	Si	   La gran mayoría del área total de la imprenta se encuentra cubierta de la intemperie, por lo que los desechos peligrosos también lo estarán, evitando la exposición a los cambios climáticos. Existen pocas unidades de recipientes de polietileno de alta densidad de solventes vacíos que se encuentran expuestos al exterior.

6	¿El piso de la zona de acopio de peligrosos es de material impermeable y carece de rejillas conectadas al alcantarillado?	RCOA / AM 026	Parcial	 El piso es de material impermeable en su totalidad, pero las condiciones en las que se encuentra no son las mejores, además no contiene muchas rejillas que estén conectadas al sistema de alcantarillado.
7	¿El acceso al área de desechos peligrosos es restringido y cuenta con letreros de advertencia (Peligro, No Fumar)?	RCOA	No	  No existe una restricción de acceso para el personal o para personas externas, ya que las sustancias peligrosas son colocadas cerca del puesto del proceso productivo que este lo requiera. Además existe señalética básica de seguridad industrial que se usa para toda la planta, no exclusivamente para el área de desechos peligrosos.
8	¿Los recipientes con líquidos peligrosos están sobre bandejas antiderrame?	NTE INEN 2266	No	 

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CICLO ACADÉMICO: FEBRERO 2026 – JUNIO 2026

				Sustancias como las tintas para impresión, alcohol industrial o printex no se encuentran sobre bandejas antiderrame, por lo que pueden afectar al ser regadas.
ETIQUETADO, SEGURIDAD Y COMPATIBILIDAD				
9	¿Los envases y fundas que contienen desechos peligrosos poseen etiquetas visibles con su clasificación de riesgo (SGA o rombo NFPA)?	NTE INEN 2288	No	 Los desechos peligrosos de la empresa, principalmente las estopas contaminadas de químicos o tintas son colocadas en fundas plásticas comunes que no contienen ninguna etiqueta de identificación o temporalmente son almacenados en recipientes vacíos de tinta.
10	¿Se respeta la compatibilidad química en el almacenamiento? (Ej. No almacenar inflamables junto a materiales reactivos/combustibles como el cartón).	NTE INEN 2266	Parcial	 No se lleva un almacenamiento aislado de insumos, específicamente de productos químicos, ya que estos se guardan a una distancia considerable de la materia prima (papel virgen), pero en toda la imprenta se encuentra papel, cartón o restos de ambos.

11	¿Existen equipos de respuesta a emergencias cerca de la zona de generación y acopio (extintores vigentes, kit antiderrame, duchas/lavaojos)?	NTE INEN 2266	Parcial	 Existen varios extintores a lo largo de la planta de producción pero no se cuenta con kits antiderrame, duchas o lavaojos.
GESTIÓN EXTERNA Y CONTROL ADMINISTRATIVO				
12	¿La imprenta respeta las frecuencias y horarios de recolección para los residuos sólidos comunes (fundas negras/grises)?	Ordenanza GAD Ambato	Si	Los desechos no son sacados a la calle a la espera del recogedor municipal, sino son enviados cada dos días al contenedor de basura de la zona, evitando que sea regada y contamine las calles y aceras de la zona.
13	¿Los desechos peligrosos se almacenan por un periodo menor al límite legal máximo de 12 meses?	RCOA	Si	A pesar de que la disposición final de estos residuos no es la correcta desde un punto de vista ambiental, la basura no es almacenada por más de 3 días consecutivos, en los cuales la empresa esté funcionando.
14	¿Los desechos peligrosos (estopas, envases, maculatura) son entregados exclusivamente a un Gestor Ambiental autorizado?	RCOA / AM 026	No	Las estopas contaminadas son acumuladas en fundas plásticas y enviadas a los recipientes de basura común.

El Anexo J nos muestra el cumplimiento de la normativa legal de la empresa “Imprenta Voluntad Jr.”

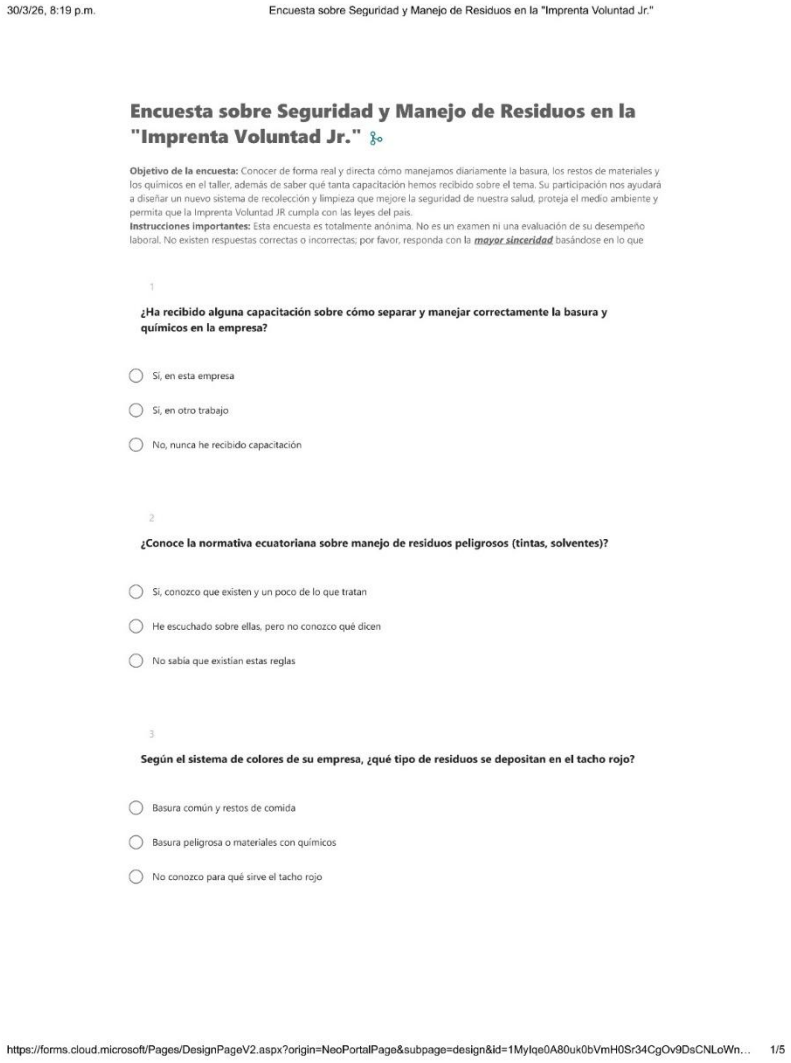
N°	**Criterio a Evaluar (Pregunta de Inspección)**	**Normativa Aplicable**	**Calificación**	**Puntuación**
1	¿Existen recipientes suficientes y cercanos a los puntos de generación de residuos?	NTE INEN 2841	Parcial	0,5
2	¿Los recipientes están identificados mediante el código de colores oficial (Gris, Azul, Negro, Rojo)?	NTE INEN 2841	No	0
3	¿Se evidencia una correcta separación física?	RCOA / AM 026	Parcial	0,5
4	¿Los recipientes para desechos peligrosos (Rojos) cuentan con tapa hermética o pedal para evitar la fuga de gases (COVs)?	NTE INEN 2266	No	0

N°	Criterio a Evaluar (Pregunta de Inspección)	Normativa Aplicable	Calificación	Puntuación
5	¿El área destinada a almacenar desechos peligrosos está techada y protegida de la intemperie?	RCOA / AM 026	Si	1
6	¿El piso de la zona de acopio de peligrosos es de material impermeable y carece de rejillas conectadas al alcantarillado?	RCOA / AM 026	Parcial	0,5
7	¿El acceso al área de desechos peligrosos es restringido y cuenta con letreros de advertencia (Peligro, No Fumar)?	RCOA	No	0
8	¿Los recipientes con líquidos peligrosos están sobre bandejas antiderrame?	NTE INEN 2266	No	0
9	¿Los envases y fundas que contienen desechos peligrosos poseen etiquetas visibles con su clasificación de riesgo (SGA o rombo NFPA)?	NTE INEN 2288	No	0
10	¿Se respeta la compatibilidad química en el almacenamiento? (Ej. No almacenar inflamables junto a materiales reactivos/combustibles como el cartón).	NTE INEN 2266	Parcial	0,5
11	¿Existen equipos de respuesta a emergencias cerca de la zona de generación y acopio (extintores vigentes, kit antiderrame, duchas/lavaojos)?	NTE INEN 2266	Parcial	0,5
12	¿La imprenta respeta las frecuencias y horarios de recolección para los residuos sólidos comunes (fundas negras/grises)?	Ordenanza GAD Ambato	Si	1
13	¿Los desechos peligrosos se almacenan por un periodo menor al límite legal máximo de 12 meses?	RCOA	Si	1
14	¿Los desechos peligrosos (estopas, envases, maculatura) son entregados exclusivamente a un Gestor Ambiental autorizado?	RCOA / AM 026	No	0

N°	Criterio a Evaluar (Pregunta de Inspección)	Normativa Aplicable	Calificación	Puntuación
PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO				39%

Anexo J. Matriz Cuantitativa de Cumplimiento Normativo

El Anexo K nos indica la estructura de las encuestas aplicada a los trabajadores y gerentes de la Imprenta Voluntad Jr., con el fin de establecer el porcentaje de conocimiento que tienen sobre la normativa.



30/3/26, 8:19 p.m. Encuesta sobre Seguridad y Manejo de Residuos en la "Imprenta Voluntad Jr."

Encuesta sobre Seguridad y Manejo de Residuos en la "Imprenta Voluntad Jr."

Objetivo de la encuesta: Conocer de forma real y directa cómo manejamos diariamente la basura, los restos de materiales y los químicos en el taller, además de saber qué tanta capacitación hemos recibido sobre el tema. Su participación nos ayudará a diseñar un nuevo sistema de recolección y limpieza que mejore la seguridad de nuestra salud, proteja el medio ambiente y permita que la Imprenta Voluntad JR cumpla con las leyes del país.
Instrucciones importantes: Esta encuesta es totalmente anónima. No es un examen ni una evaluación de su desempeño laboral. No existen respuestas correctas o incorrectas; por favor, responda con la ***mayor sinceridad*** basándose en lo que

1

¿Ha recibido alguna capacitación sobre cómo separar y manejar correctamente la basura y químicos en la empresa?

- Sí, en esta empresa
- Sí, en otro trabajo
- No, nunca he recibido capacitación

2

¿Conoce la normativa ecuatoriana sobre manejo de residuos peligrosos (tintas, solventes)?

- Sí, conozco que existen y un poco de lo que tratan
- He escuchado sobre ellas, pero no conozco qué dicen
- No sabía que existían estas reglas

3

Según el sistema de colores de su empresa, ¿qué tipo de residuos se depositan en el tacho rojo?

- Basura común y restos de comida
- Basura peligrosa o materiales con químicos
- No conozco para qué sirve el tacho rojo

https://forms.cloud.microsoft/Pages/DesignPageV2.aspx?origin=NeoPortalPage&subpage=design&id=1MyIqe0A80uk0bVmH0Sr34CgOv9DsCNLoWn... 1/5

Anexo K. Encuestas aplicadas a trabajadores y gerentes de la Imprenta Voluntad Jr.

4

Durante su trabajo, ¿qué hace con los pedazos de papel limpio (como las tiras de refile) y cartón que sobran?

- ◯ Los mezclo con la demás basura del taller (inmediatamente o al final del día)
- ◯ Los separo en un lugar exclusivo solo para reciclar

5

En su área de trabajo, ¿cómo bota la basura común (restos de comida, plásticos, botellas vacías)?

- ◯ La mezclo con los demás desperdicios del taller en un mismo tacho (o la acumulo para botarla mezclada después)
- ◯ La pongo en un basurero exclusivo solo para basura común

6

Cuando utiliza estopas (wipe) o trapos sucios con tintas o solventes, ¿qué hace con ellos al final de la limpieza?



- ◯ Los boto en el mismo basurero de la basura común
- ◯ Los pongo en un tacho o recipiente separado solo para químicos
- ◯ Los guardo en un rincón o en fundas normales sin un lugar fijo
- ◯ No realizo esta actividad en mi puesto

7

¿Qué hace con los envases o galones vacíos de tintas o solventes una vez que se terminan?

- ◯ Los boto junto con la basura común
- ◯ Los vuelvo a usar para guardar otras cosas en el taller
- ◯ Los separo para que se los lleven de forma especial
- ◯ No sé qué se hace con ellos

8

¿Comprende las etiquetas de peligro al momento de manipular o desechar residuos químicos? (IMAGEN DE ETIQUETA REFERENCIAL)



- ◯ Sí, las comprendo y tomo las precauciones necesarias
- ◯ Las veo, pero no las comprendo totalmente
- ◯ No me fijo en las etiquetas
- ◯ Los envases que uso no tienen etiquetas

9

Cuando trabaja con tintas y solventes (thinner, printex), ¿qué equipo de protección usa normalmente?

- ◯ Siempre uso guantes y mascarilla
- ◯ Uso protección solo a veces
- ◯ No uso ningún equipo de protección

10

Si por accidente se derrama mucha tinta o solvente en el piso, ¿qué es lo primero que hace?

- ◯ Lo limpio rápido con estopas y lo boto en el basurero de siempre
- ◯ Le echo agua para que se vaya por la alcantarilla o desagüe del piso
- ◯ Uso aserrín, arena o material absorbente y lo recojo en una funda separada

11

¿Qué tanto cree que afecta a su salud trabajar diariamente con tintas y solventes sin usar protección?

- ◯ Es un riesgo alto que puede enfermarme
- ◯ Es un riesgo moderado o regular
- ◯ Es un riesgo bajo o no me afecta en nada

12

Actualmente, ¿en su área de trabajo existen basureros de diferentes colores o tipos para separar la basura?

- ◯ Sí, y son suficientes
- ◯ Sí, pero no son suficientes
- ◯ Sí, pero no están correctamente identificados
- ◯ No existen

13

Según lo que usted vive a diario, ¿qué cree que es más importante para mejorar el manejo de la basura y químicos en la imprenta? *(Puede seleccionar más de una opción)*

- ◯ Que nos den más capacitación a todos
- ◯ Que pongan basureros y tachos adecuados para cada cosa
- ◯ Que mejoren el espacio físico de trabajo
- ◯ Que exista más control y supervisión

14

¿La empresa cuenta con un gestor autorizado para la recolección de residuos peligrosos?

- ◯ A veces
- ◯ A veces
- ◯ No
- ◯ No sé

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.

Microsoft Forms

En el Anexo L se indica el cronograma planteado para la capacitación sobre temas relevantes para ampliar el conocimiento de los trabajadores.

IMPRENTA VOLUNTAD JR.
Dirección: Tomás Nieto y Periódico La Democracia (Parroquia Pinllo, Ambato - Tungurahua)
Gerencia: Carlos Fabián Portero Villegas / Gary Portero
Teléfono: +593 99 804 1429 | **Correo:** gary_portero@hotmail.com

ANEXO L: Cronograma Anual de Capacitación Ambiental para la Imprenta Voluntad

Objetivo: Establecer la programación anual de formación para el personal operativo y administrativo, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental y la seguridad industrial en la planta, mediante intervenciones cortas que no afecten los tiempos de producción gráfica.
Metodología: Charlas operativas in situ y simulacros prácticos.

Tabla 1. Cronograma anual de capacitación ambiental

N°	Módulo / Tema de Capacitación	Descripción Detallada del Contenido	Duración y Metodología	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	Inducción a Personal de Nuevo Ingreso	Reglamento de la planta, código de colores, peligros por posición y caminos de evacuación.	45 min. (Inducción teórica y recorrido en planta)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1	Segregación en la Fuente y Reciclaje	Clasificación de RESPEL, maculatura y plásticos. Eludir la contaminación cruzada.	15 min. (Charla operativa)	X						X					
2	Manejo Seguro de Químicos y Tintas	Interpretación de las Hojas de Seguridad (MSDS) y reconocimiento de pictogramas de peligro.	20 min. (Charla operativa)		X						X				
3	Seguridad Industrial y Uso de EPP	Empleo, conservación y renovación de EPP (máscaras, guantes, gafas y audífonos).	15 min. (Charla demostrativa)			X						X			
4	Ergonomía, Envasado y Etiquetado	Límite ergonómico (25 kg), cerrado, marcado y transporte de desechos de manera segura.	20 min. (Práctica en puesto)				X						X		
5	Prevención de Incendios y Atmósferas (COVs)	Manejo de estopas volátiles, uso de extintores y supervisión de fuentes de ignición.	30 min. (Simulacro preventivo)					X						X	
6	Protocolo ante Derrames Químicos	Empleo del kit para derrames y almacenamiento adecuado de productos químicos en bolsa roja.	30 min. (Simulacro práctico)						X						X

Anexo L. Cronograma para capacitación del personal

Anexo M. Desglose Matemático para la Determinación de Capacidades de Almacenamiento

Tasa de Generación Diaria Promedio (G)

Densidad del Residuo sin compactar (ρ)

Frecuencia de Vaciado Interno (F) – en días

Coeficiente Punta Diario (C_{pd})

Factor de Llenado Normativo (K)

Cálculo del Volumen Base Diario: Transformas la masa generada en volumen físico real.

$$V_{base} = \frac{G}{\rho}$$

Ajuste por Variación Temporal: tu diseño contra los "picos de producción".

$$V_{max} = V_{base} * C_{pd} * F$$

Aplicación del Criterio de Seguridad: garantizas el cumplimiento de la norma técnica ecuatoriana de materiales peligrosos

$$V_{diseño} = \frac{V_{max}}{K}$$

Cuantificación Física de Contenedores: Relacionas el volumen de diseño con la oferta comercial de tachos en el mercado y la distribución en planta..

$$N = \frac{V_{diseño}}{Capcidad\ comercial}$$

Contenedor Gris (Papel y Cartón - Aprovechables)

Residuos intervenidos: Tiras de papel de refile + Mermas de cartón + Papel kraft de embalaje + Papel dañado por atascos + Papel bond de descarte

Cálculo de volumen teórico de lonas – costales

$Capacidad\ de\ tensión = 50kg$

$Dimensiones = 60\ cm * 90\ cm$

$Circunferencia\ total = 2 * 60 = 120\ cm$

$A\ partir\ de\ esto\ despejamos\ el\ radio\ (r)$

$r = \frac{C}{2\pi} = \frac{120}{2 * 3{,}1416} = 19{,}09\ cm$

Cálculo del área de la base

$A = \pi * r^2$

$A = 3{,}1416 * (19{,}09\ cm)^2$

$A = 1144{,}88\ cm^2$

Calcular el volumen espacial máximo teórico

$V_{max} = A * H = 1144{,}88\ cm^2 * 90\ cm = 103039{,}61\ cm^3 \approx 103\ litros$

Capacidad efectiva

Sin embargo se debe tener un margen de 15 a 20 cm en la parte superior para amarrar el saco por lo que se restaran 15 cm a la altura total, teniendo así un volumen real de almacenamiento de $A = 1144{,}88\ cm^2 * 75\ cm = 85866\ cm^3 \approx 85{,}9\ litros$

Determinación de la Demanda Volumétrica Diaria

$- Dia\ de\ máxima\ generación\ (combinada) = 124{,}52\frac{lb}{dia} = 56{,}48\frac{kg}{dia}$

$- Densidad\ estimada\ (\rho) = 0{,}8\frac{kg}{L}$

$- Factor\ de\ seguridad\ INEN\ (K) = 0{,}95$

Determinación de la Demanda Volumétrica Diaria

$$V_{req} = \frac{G_{max}}{\rho}$$

$$V_{req} = \frac{56{,}48\ kg/dia}{0{,}8\ kg/L} = 70.6 \frac{L}{dia}$$

Vaciados Diarios Totales

$$F_{total} = \frac{G_{max}}{P_{seguro}}$$

$$F_{total} = \frac{56{,}48\ kg/dia}{25\ kg/vaciado} = 2{,}26\ vaciados\ totales\ al\ dia$$

Asignación espacial

Se identificaron 2 puntos de generación masiva en la imprenta, la guillotina y una de las troqueladoras, además la distancia entre estas dos máquinas supera los 10 metros, por lo que se decide colocar un contenedor en cada puesto de trabajo:

$$Ciclo = \frac{2{,}26\ vaciados\ totales}{2\ contenedores} = 1{,}13\ vaciados\ por\ contenedor\ al\ dia$$

La necesidad de colocar dos contenedores grises, los cuales tienen una capacidad efectiva de 85,9 litros y están equipados con lonas de polipropileno, es determinada por el dimensionamiento logístico. Cada estación de trabajo posee una autonomía que necesita 1,13 vaciados por día. Este diseño se adecúa a la realidad de producción de la microempresa y asegura que el material aprovechable sea evacuado a tiempo, sin sobrecargar la planta con infraestructura innecesaria.

Contenedor Rojo (Residuos Peligrosos)

Residuos intervenidos: Estopas contaminadas con solventes + Pliegos de papel manchados con tinta

$$-\ Generación\ diaria\ promedio\ (G) = 5{,}71 \frac{lb}{dia} = 2{,}59\ kg/dia$$

$$-\ Dia\ de\ máxima\ generación\ (combinada) = 7{,}68 \frac{lb}{dia} = 3{,}49 \frac{kg}{dia}$$

$- Coeficiente\ punta\ (C_{pd}) = \frac{3{,}48}{2{,}59} = 1{,}34$

$- Densidad\ estimada\ (\rho) = 0{,}15\frac{kg}{L}$

$- Frecuencia\ de\ vaciado\ (F) = 1\ dia$

$- Factor\ de\ seguridad\ INEN\ (K) = 0{,}80$

Resolución

$V_{max} = V_{base} * C_{pd} * F$

$V_{max} = \frac{2{,}59\frac{kg}{dia} * 1{,}34 * 1\ dia}{0{,}15\frac{kg}{L}} = 23.13\ Litros$

$V_{diseño} = \frac{V_{max}}{K}$

$V_{diseño} = \frac{23.13}{0{,}80} = 28{,}91\ litros\ requeridos$

Contenedor Azul (Plásticos - Aprovechables)

Envolturas de plástico de polietileno (desembalaje de materia prima).

$- Generación\ diaria\ promedio\ (G) = 0{,}13\frac{lb}{dia} = 0{,}059\ kg/dia$

$- Dia\ de\ máxima\ generación = 1{,}24\frac{lb}{dia} = 0{,}56\frac{kg}{dia}$

$- Coeficiente\ punta\ (C_{pd}) = \frac{0{,}56\frac{kg}{dia}}{0{,}059\frac{kg}{dia}} = 9{,}49$

$- Densidad\ estimada\ (\rho) = 0{,}08\ kg/L$

$- Frecuencia\ de\ vaciado\ (F) = 2{,}5\ dia$

$- \textit{Factor de seguridad INEN } (K) = 0{,}90$

Cálculo del Volumen Base

$$V_{req} = \frac{G * C_{pd} * F}{\rho}$$

$$V_{req} = \frac{0{,}059 \frac{kg}{dia} * 9{,}49 * 2{,}5\ dia}{0{,}08\ kg/dia}$$

$$V_{req} = 17{,}5\ litros$$

Aplicación del Criterio de Seguridad

$$V_{diseño} = \frac{V_{req}}{K}$$

$$V_{diseño} = \frac{17{,}5\ litros}{0{,}90} = 19{,}44\ litros$$

Contenedor Negro (Basura Común - No Aprovechable)

Residuos intervenidos: Restos orgánicos (alimentos), servilletas, empaques sucios, barreduras del piso y mermas menores no reciclables (cintas adhesivas).

$$- \textit{Generación diaria promedio } (G) = \frac{0{,}58 \frac{kg}{persona}}{dia} * 6\ trabajadores$$

$$= 3{,}58 \frac{kg}{dia}$$

$- \textit{Coeficiente punta } \left(C_{pd}\right) = 1{,}2$

$- \textit{Densidad estimada } (\rho) = 0{,}10\ kg/L$

$- \textit{Frecuencia de vaciado } (F) = 1\ dia$

$- \textit{Factor de seguridad INEN } (K) = 0{,}90$

Cálculo del Volumen Base

$$V_{req} = \frac{G * C_{pd} * F}{\rho}$$

$$V_{req} = \frac{3{,}58\,\frac{kg}{dia} * 1{,}2 * 1\ dia}{0{,}10\,\frac{kg}{L}} = 42{,}96\ litros$$

Aplicación del Criterio de Seguridad

$$V_{diseño} = \frac{V_{req}}{K}$$

$$V_{diseño} = \frac{42{,}96\ litros}{0{,}90}$$

$$V_{diseño} = 47{,}73\ litros$$