

Trabajo de Grado Especialización en Gestión Integrada QHSE

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL “WHAT  
IF” PARA LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE  
GESTIÓN EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE  
CLASIFICACIÓN DE BASURAS PARA EL RELLENO  
SANITARIO DOÑA JUANA**

**Ing. Andres Felipe Arbelaez Villamizar**

Ing. Felipe Fajardo Sanabria

Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”  
Facultad de Ingeniería Industrial  
Especialización Gestión Integrada QHSE  
Cohorte #42  
Bogotá D.C., Colombia, septiembre del 2019

© Únicamente se puede usar el contenido de las publicaciones para propósitos de información. No se debe copiar, enviar, recortar, transmitir o redistribuir este material para propósitos comerciales sin la autorización de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Cuando se use el material de la Escuela se debe incluir la siguiente nota "Derechos reservados a Escuela Colombiana de Ingeniería" en cualquier copia en un lugar visible. Y el material no se debe notificar sin el permiso de la Escuela.

Publicado en 2019 por la Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito". Avenida 13 No 205-59 Bogotá. Colombia  
TEL: +57 – 1 668 36 00, e-mail: [espeqhse@escuelaing.edu.co](mailto:espeqhse@escuelaing.edu.co)

## **Reconocimiento o Agradecimientos**

Antes que nada, tengo el deber de decir, que este proyecto fue producto de un grupo de trabajo como lo fue, la empresa “SERVICIOS ENERGETICOS Y AMBIENTALES CALD SAS”, y a quienes agradezco por darme la confianza y hacerme parte de todo este proceso, que para mí fue único.

Primero quiero agradecer a mis padres y mi familia, quienes me han apoyado y ayudado en toda ocasión, y en cualquier momento, siempre están ahí, dándome consejos y ayudando a construirme como persona y como ser humano.

Por otro lado, en mi proceso de formación, también se cruzaron muchas personas de las que saco siempre una enseñanza, otras que me hacen ver mis fortalezas y debilidades, de las que aprendo un poco para entender cómo mejorarlas. Entre estas, están los compañeros que han venido viviendo este proceso de transformación conmigo, y los docentes que con el pasar del tiempo me han dado las herramientas necesarias para afrontar problemas que no solo son académicos o laborales, sino que pueden hacer parte de la vida, y que, gracias a ellos, he aprendido a tomar las decisiones apropiadas para resolverlos.

Gracias a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito por ser un puente hacia grandes oportunidades, y por permitirme ser parte de esta gran aventura.



## **Sinopsis**

Los Métodos de identificación de riesgos son una herramienta útil para encontrar los eventos, de manera general o específica (según el método y la profundidad con la que este se trabaje), que pueden generar un impacto no deseado antes, durante o después de la realización de una o más actividades que permitan el desarrollo del proceso.

Aunque se sabe que la eficiencia de los métodos de identificación depende del correcto desarrollo de este, y del conocimiento adecuado del proceso, actividad, proyecto...etc. que se vaya a intervenir, se evidencia una oportunidad de mejora que de manera eficiente lograría reducir la aplicación de varias de estas metodologías de identificación, cada una atacando su problemática específica; a una que maneje de forma sencilla y bajo una estructura similar, la identificación de las no conformidades, los aspectos e impactos ambientales y los riesgos en seguridad y salud en el trabajo.

Teniendo en cuenta lo anterior, durante el desarrollo de este documento se demuestra que la aplicación de una metodología conocida como "What If" (o "Que pasa sí"), puede ser utilizada para dar cumplimiento a los numerales de identificación de cada una de las normas ISO estudiadas, es decir, funcionar como método integrado de identificación de no conformidades, aspectos y peligros; y valoración de impactos ambientales y riesgos de seguridad.

Lo anterior aplicado a un proceso de clasificación de basuras, realizado en el Relleno de Doña Juana (de ahora en adelante RDJ), del cual se explicará el proceso, junto con sus actividades y subactividades, para entender el contexto en el cual se va a desarrollar el ejercicio



## **Resumen Ejecutivo**

El presente trabajo, consiste en el análisis de una metodología, que busca aprovechar las recomendaciones y directrices de las normas técnicas colombianas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 para lograr la identificación de los riesgos, y determinar los controles que se pueden aplicar teniendo en cuenta el proceso específico de la operación el cual es la aplicación y manejo de una tecnología que logre clasificar los residuos encontrados en el relleno sanitario Doña Juana (RSDJ).

Durante el proceso de diseño se tuvo en cuenta el desarrollo de una metodología de identificación de riesgos con el fin de tomar medidas frente a los posibles peligros a los que se expongan los trabajadores.

En el desarrollo de la metodología, se vendrán identificando las diferentes fases que conforman la operación y se evaluará cada una de ellas de manera detallada para lograr la respectiva identificación.

Con la aplicación de esta metodología se buscará reducir y mitigar los diferentes riesgos identificados y al mismo tiempo generar e implementar diferentes procesos que se logren observar para encontrar oportunidades de mejora que logren dar los mejores resultados en la operación.

De la mismo forma se estará dando cumplimiento a los requisitos de las normas involucradas y nombradas anteriormente, generando una metodología integral para la identificación de los riesgos del sistema integrado de gestión de la empresa.





## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
1.1	PROBLEMÁTICA (JUSTIFICACIÓN)	5
1.2	OBJETIVOS Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	8
1.3	ALCANCE Y LIMITACIONES	8
1.4	METODOLOGÍA	9
1.5	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO OPERATIVO	10
1.5.1	<i>Sistema de Recibo y Dosificación</i>	10
1.5.2	<i>Sistema de Clasificación, Selección, Transporte, Acopio y/o Disposición de Corrientes.</i>	10
1.5.3	<i>Otras Actividades</i>	11
<b>2</b>	<b>DISEÑO CONCEPTUAL</b>	<b>12</b>
2.1	METODOLOGÍA GENERAL DEL DISEÑO. (MÉTODO Y COMPILACIÓN DE DETERMINANTES (INICIALES Y COMPLEMENTARIAS)	12
2.2	BALANCE DE MASAS	15
2.3	DISEÑO DETALLE POR OPERACIONES UNITARIAS	16
2.3.1	<i>Alimentación</i>	18
2.3.2	<i>Clasificación</i>	19
2.3.3	<i>Descarga</i>	20
2.3.4	<i>Esquema de distribución</i>	22
<b>3</b>	<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA A PARTIR DEL DISEÑO</b>	<b>23</b>
3.1	IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS	23
3.1.1	<i>Sistemas operativos</i>	23
3.1.2	<i>Sistema de planificación</i>	23
3.2	IDENTIFICACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS	25
3.3	MATRIZ DE PROBABILIDAD Y CONSECUENCIA	27
3.4	ESTRUCTURA DEL FORMATO	32
3.4.1	<i>Información general</i>	32
3.4.2	<i>Sistemas y subsistemas</i>	34
3.4.3	<i>Hoja de trabajo</i>	35
3.4.4	<i>Recomendaciones</i>	35
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA OPERACIÓN</b>	<b>36</b>
4.1	PARTE TÉCNICA	36
4.2	GESTIÓN AMBIENTAL	37
4.2.1	<i>Monitoreos y control ambiental</i>	37
4.2.2	<i>Punto Ecológico</i>	40
4.2.3	<i>Mantenimiento de baños y duchas portátiles</i>	40
4.2.4	<i>Empresas encargadas de materiales aprovechables</i>	41
4.2.5	<i>Control de material particulado</i>	41

4.2.6	<i>Plan de Señal</i> .....	43
4.3	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	46
4.3.1	<i>Seguridad industrial</i> .....	46
4.3.2	<i>Inspecciones de seguridad</i> .....	48
5	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	49
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	51
	<b>ANEXOS</b> .....	52

## **Lista de Figuras**

<b>FIGURA 1 MODELO TOTAL DESIGN .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 2 ESPECIFICACIONES TOMADAS EN CUENTA PARA EL DISEÑO CONCEPTUAL – DETERMINANTES.....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 3BALANCE DE MASAS DEL PROCESO. ....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL SISTEMA MECANIZADO DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS MIXTOS (RCD Y RSO).....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 5. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN (TOLVA) .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 6. DISEÑO DE LA UNIDAD DE CLASIFICACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 7. DISEÑO CONCEPTUAL DE LAS BANDAS DE ENTREGA DE RSD Y RSO .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL SISTEMA MECANIZADO.....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 9 UBICACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 10 MONITOREO DE VECTOR MOSCA EN PLATOS ADHESIVOS .....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 11 MONITOREO VECTOR ROEDOR.....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 12 LIMPIEZA PUNTO ECOLÓGICO .....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 13 LIMPIEZA DE BAÑOS PORTÁTILES .....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 14. RECOLECCIÓN MATERIAL ESPECIAL (LLANTAS).....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 15 RIEGO DE CARROTANQUE CON MANGUERA EN EL PATIO DE OPERACIONES. ....</b>	<b>42</b>
<b>FIGURA 16 CAÑONES DE ASPERSIÓN EN EL PATIO DE OPERACIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA 17 PLAN DE SEÑALIZACIÓN .....</b>	<b>46</b>

## Lista de Tablas

TABLA 1. DIMENSIONES DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA .....	18
TABLA 1 SISTEMAS.....	24
TABLA 2 SUBSISTEMAS .....	25
TABLA 3 CONSECUENCIAS .....	28
TABLA 4 PROBABILIDADES .....	29
TABLA 5 MATRIZ PROBABILIDAD VS CONSECUENCIA.....	30
TABLA 6 DESCRIPCIÓN DE NIVEL DE RIESGO .....	31
TABLA 7 INFORMACIÓN GENERAL FORMATO WHAT IF .....	32
TABLA 8 HOJA DE TRABAJO FORMATO WHAT IF .....	35
TABLA 9 RECOMENDACIONES Y PRIORIZACIÓN FORMATO WHAT IF .....	35
TABLA 9 EJEMPLO RECOMENDACIONES.....	36
TABLA 10 PLAN DE SEÑALIZACIÓN .....	44
TABLA 11 SEÑALIZACIÓN.....	47

## **1 Introducción**

### **1.1 Problemática (Justificación)**

La prestación del servicio público domiciliario de aseo en el Distrito Capital ha incluido en los últimos veinte años la realización de actividades asociadas de recolección, transporte, barrido, limpieza, corte de césped y poda de árboles, las cuales han sido ejecutadas bajo el esquema de áreas de servicio exclusivo e incluyen la recolección y el transporte de residuos sólidos especiales, entre los cuales se encuentran los residuos de construcción y demolición (RCD) producidos por pequeños generadores.

Estos residuos especiales generados históricamente, han sido dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana (RSDJ) que, para efectos de la prestación del servicio de aseo, hace parte de la infraestructura con la que cuenta el distrito desde 1988 para la actividad complementaria de disposición final y que en la actualidad está siendo operado por el consorcio Unión Temporal Centro de Gerenciamiento de Residuos Doña Juana (CGR).

Producto del manejo de estos residuos sólidos especiales a través de la prestación del servicio público domiciliario de aseo, actualmente al interior del relleno sanitario Doña Juana se encuentran acopiados cerca de 346.000 m<sup>3</sup> provenientes de pequeños generadores y de puntos críticos compuestos principalmente por RCD y residuos sólidos ordinarios (RSO) recolectados y transportados a través de un servicio especial de aseo que para efectos del presente documento se referenciarán como residuos mixtos.

En la actualidad en el Relleno de Doña Juana se encuentran almacenados cerca de 230.000 m<sup>3</sup> de material mixto cuyos mayores componentes son RCD y RSO. Para realizar una correcta gestión y/o disposición final, es necesario realizar una separación de estos materiales con el propósito de realizar un aprovechamiento del material RCD como aporte al mantenimiento vial de los carreteables del Relleno Sanitario y hacer la disposición final de los RSO en la celda de operación actual.

Para realizar esta operación, la empresa Servicios energéticos y ambientales CALD SAS (de ahora en adelante "CALD SAS") propone los hitos siguientes:

- a. Flujo Máximo de proceso: 1.000 Ton/día
- b. Diámetro de Partícula aprovechable de RCD 4 Pulgadas

c. Tiempo de Operación Efectiva Diaria	7 Horas/día
d. Tiempo de Operación Total	2 Años

Para lograr los parámetros solicitados, CALD SAS, propone realizar la operación completa del aprovechamiento de mixtos con base en las operaciones siguientes:

- Cribado en Zaranda Vibratoria Móvil malla 4”
- Molienda, clasificación, cargue y Pesaje sobre tamaños
- Descargue en Planta Mecanizada Selección
- Limpieza RCD en Planta mecanizada
- Transporte y Descarga Material Limpio Aprovechable
- Transporte y Descarga Residuos Ordinarios a Frente de Operación
- Gestión de Respel y Llantas con gestor externo
- Monitoreo Material Particulado (semestral)

Previo al desarrollo de la operación, desarrollamos un método de identificación de peligros y valoración de riesgos que se enfocó principalmente en la seguridad de la operación (ISO 45001), pero que con el paso del tiempo se evaluó la posibilidad de implementarlo como una metodología integrada que ayude en la identificación de las no conformidades según los requisitos del cliente (ISO 9001), y los aspectos ambientales (ISO 45001).

El “What If” se puede definir como una metodología de identificación de peligros, que se enfoca en procesos. Se trata de utilizar información muy específica de un proceso, desglosarlo en un “paso a paso”, y buscar en cada uno de los elementos, los posibles peligros que este tipo de actividades pueden generar en la organización.

La metodología “What If” se utiliza de manera frecuente en diferentes organizaciones, con un enfoque a la seguridad y salud en el trabajo, lo que limita mucho las grandes posibilidades que tiene este método para la aplicación en la identificación de riesgos u oportunidades en los ámbitos de calidad y medio ambiente, de modo que se busca la aplicación de esta metodología para que posteriormente se logre unificar el proceso de identificación y evaluación,

buscando facilidad en la identificación de controles para una gestión del riesgo adecuada.

De la misma forma, la organización mejoraría en aspectos como:

- Orden y Aseo
- Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos
- Determinación de controles
- Priorización de riesgos para distribuir de manera más efectiva los recursos existentes.
- Identificación de aspectos e impactos ambientales
- Identificación de las no conformidades
- Cumplimiento a los Sistemas Integrados de gestión en la identificación de peligros y aspectos ambientales, y la valoración de riesgos e impactos ambientales.

Teniendo en cuenta lo anterior, y realizando los procedimientos de manera adecuada, se aumentará la productividad y competitividad de la empresa de manera importante, abriendo muchas más posibilidades laborales en el futuro y siempre teniendo en cuenta la excelencia, aplicando la mejora continua.

## 1.2 Objetivos y Pregunta de Investigación

- **Objetivo general:**

Se realizó una identificación de peligros y evaluación del riesgo unificada para las tres normas, basándose en la utilización de la metodología del “what if” para el procedimiento de calificación de basuras en el Relleno de Doña Juana.

- **Objetivos específicos:**

Conocer, comprender y describir el procedimiento de tratamiento y clasificación de basuras de las instalaciones.

Realizar la identificación y evaluación de peligros, riesgos y oportunidades del proceso del área operativa, buscando la inclusión de las 3 normas (ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018).

Determinar controles para los riesgos identificados.

## 1.3 Alcance y Limitaciones

- **Alcance:**

- El presente trabajo aplica para la identificación y evaluación de peligros, riesgos y oportunidades asociadas a los procesos de clasificación de basuras en la ciudad de Bogotá.

- **Limitaciones:**

- Falta de las herramientas necesarias para poder realizar la evaluación y determinación de controles en diferentes áreas de trabajo.
- Disposición por parte de la organización para suministrar información necesaria para la realización de algunas de las diferentes actividades.



- Total, disposición de tiempo de las partes interesadas para el minucioso y correcto desarrollo de la actividad a la hora de identificar los peligros.

## **1.4 Metodología**

Metodología de identificación de peligros y clasificación de riesgos denominada "What If" o "Que pasa si", la cual consiste en el desglose de actividades por proceso, y en compañía de la alta dirección y de los trabajadores, se definen los posibles peligros y la importancia que estos tienen al desarrollar una actividad en específico.

Esta metodología se aplicará teniendo en consideración los requisitos establecidos en las normas técnicas colombianas adopciones idénticas de las ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 referente a los aspectos descritos sobre identificación de peligros, evaluación de riesgos, determinación de controles, información documentada y mejora continua.

Este trabajo se aplicará a las siguientes actividades:

- Planificación de la operación de la Planta mecanizada
- Descargue en Planta Mecanizada Selección
- Limpieza RCD en Planta mecanizada
- Transporte y Descarga Material Limpio Aprovechable

Teniendo en cuenta estas actividades se procede a la construcción de los sistemas y subsistemas que irán ligados a las etapas de toda la parte operativa.

Al obtener las actividades, se identifican los componentes que se involucran directamente en la actividad (sean herramientas, maquinaria, personal, entorno, etc....).

Teniendo en cuenta lo anterior, se construye la matriz de calificación del riesgo, teniendo en cuenta la consecuencia y la probabilidad, esta matriz debe ser lo más precisa posible, según la clasificación del riesgo específica y la posibilidad con la que el evento se pueda producir, frente a la gravedad que puede tener el evento que se identifique.

Una vez elaborada la matriz de calificación de riesgo se organiza una reunión con todas las partes involucradas en el correcto desarrollo de la operación, y teniendo en cuenta que cada una de las partes es responsable de 1 o más actividades específicas de la operación, pueden aportar desde su conocimiento específico, puntos importantes que permitan la identificación de los eventos no deseados. Es muy importante tener en cuenta, que entre más minuciosamente se trabaje la actividad, es mucho más eficiente el resultado de la identificación.

Cada evento no deseado identificado será calificado sobre el control actual que se tenga, a raíz de su gravedad y de la probabilidad de ocurrencia, se buscan recomendaciones que puedan disminuir mucho más este riesgo, y así reducir o eliminarlo.

## **1.5 Descripción del proceso operativo**

El producto del ejercicio consiste en operar la recepción y tratamiento de Residuos Mixtos (RCD + RSO) acopiados en el Relleno Sanitario Doña Juana, que permita el reciclaje y aprovechamiento de los RCD provenientes del material que se encuentra acopiado en un sector de este.

### **1.5.1 Sistema de Recibo y Dosificación**

Consiste en una tolva de recibo con sistema mecanizado de alimentación del flujo de residuos, con moto reductor y variador de velocidad (variador de frecuencia). Los residuos con diámetros menores o iguales a 4 pulgadas ingresarán al sistema de clasificación mediante una dosificación por alimentador de banda. Con este sistema se garantiza un flujo constante y se disminuyen ostensiblemente los riesgos por atascamiento. Se procederá a dejar el Set Up del sistema para un flujo máximo de 100 ton/hora.

### **1.5.2 Sistema de Clasificación, Selección, Transporte, Acopio y/o Disposición de Corrientes.**

Garantizado el flujo constante, la mezcla de RCD y RSO ingresa a una banda transportadora con una velocidad máxima que garantice una eficiente clasificación. A lado y lado de la banda se tendrán cajones para disponer los RSO que seleccionen los operarios del proceso. Los cajones de selección de RSO caerán a otra banda transportadora que irá en el sentido contrario a la banda de clasificación manual de corrientes. Así las cosas, se tendrán dos bandas transportadoras en paralelo, una debajo de la otra. La banda de arriba será la

banda de recibo de la mezcla y selección de RSO. La banda de abajo o lateral recibirá y transportará en sentido contrario los RSO clasificados. Cada banda cuenta con sus sistemas de tracción con moto reductores y variadores de velocidad para configurar el sistema durante la operación para obtener la mayor eficiencia posible.

En este proceso se cargarán volquetas con los materiales separados. La volqueta de RCD limpio se enviará a la zona de acopio de material aprovechable reciclado. El RSO generado, se enviará a la celda de disposición final. El material reciclable será aprovechado por los operarios del sistema.

### **1.5.3 Otras Actividades**

Adicional a las actividades propiamente dichas asociadas o circunscritas a la operación, la presente oferta incluye:

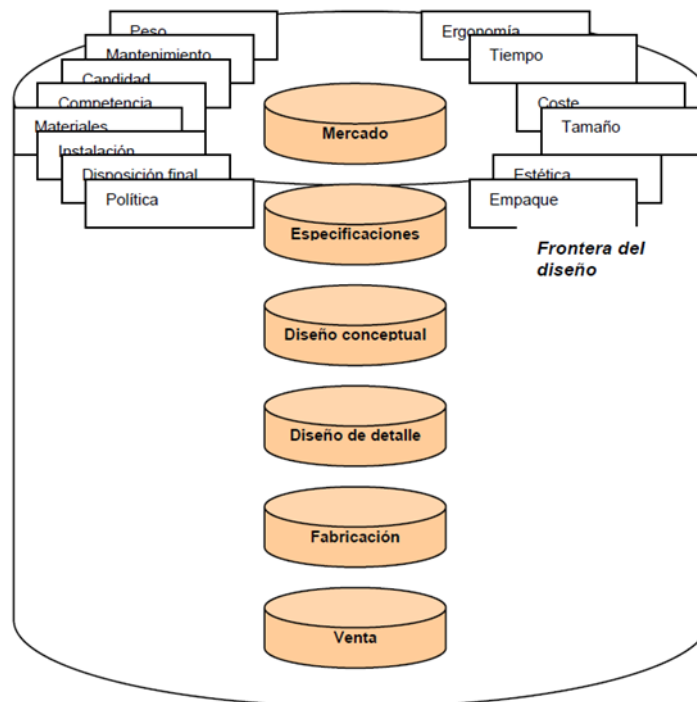
- Monitoreo Aire y Ruido 2 (enero y junio)
- Riego en Vía y Locación 4 Veces x Semana
- Monitoreo Geotécnico 2 Topografías/mes
- Fumigación Mensual 1 (Roedores y Moscas)
- Contenedores de 20 Pies 3
- Gestión Llantas y RESPEL Mensual

## 2 DISEÑO CONCEPTUAL

### 2.1 METODOLOGÍA GENERAL DEL DISEÑO. (MÉTODO Y COMPILACIÓN DE DETERMINANTES (INICIALES Y COMPLEMENTARIAS))

El diseño en ingeniería es la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecido y satisfacen las restricciones especificadas (Dym, 2002), en este sentido, la metodología aplicada para el diseño del sistema mecanizado de clasificación de residuos mixtos (RCD y RSO) toma como referencia el modelo denominado <Total Design> propuesto por Pugh en 1990, el cual está basado en un núcleo descriptivo del proceso compuesto de actividades genéricas tales como análisis de mercado, diseño conceptual, diseño de detalle, fabricación y venta (Cross, 1999), tal y como se presenta en la siguiente Figura.

Figura 2 Modelo Total Design

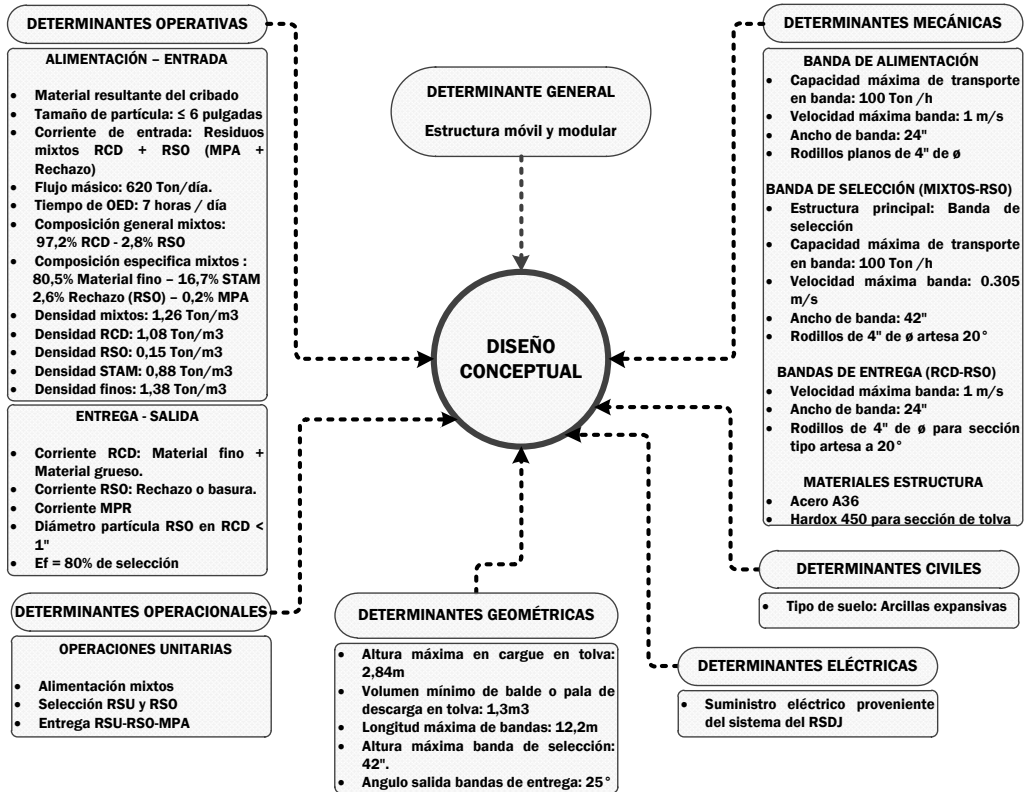


Fuente: Tomado a partir de (Chaur, 2004)

Este modelo incluye un módulo denominado especificaciones de diseño el cual involucra aquellas características particulares que rodean el caso concreto que se está abordando y que permite delimitar el campo de actuación del núcleo del diseño. Dentro de las principales características de este modelo está la interacción de tantas disciplinas como sea necesario para atender la necesidad planteada, sean estas disciplinas técnicas o no, por tanto, la definición clara de las especificaciones de diseño que serán tenidas en cuenta durante todo el proceso acotaran la frontera del diseño y permitirán el acercamiento a la solución mediante la retroalimentación que conduce a estadios intercalados de divergencia (generación de conceptos) y convergencia (evaluación sistemática) (Chaur, 2004).

Enmarcados en lo anterior, las especificaciones tomadas como referencia para el diseño conceptual del sistema mecanizado de clasificación de residuos mixtos (RCD y RSO), parte de las determinantes iniciales asociadas a la necesidad del RSDJ, de aquellas identificadas en campo y de las determinantes mecánicas, de proceso, geométricas, eléctricas y civiles que fueron tomadas como referencia para la construcción de la propuesta, la cual fue socializada y abordada a través de la metodología de análisis de riesgos <what if> la cual hace parte del sistema de gestión de calidad de CALD S.A.S. y es implementada para el análisis y evaluación de productos mecanizados. En la siguiente imagen se presenta el consolidado del módulo de especificaciones tomadas como in put del diseño conceptual.

Figura 2 Especificaciones tomadas en cuenta para el diseño conceptual – Determinantes



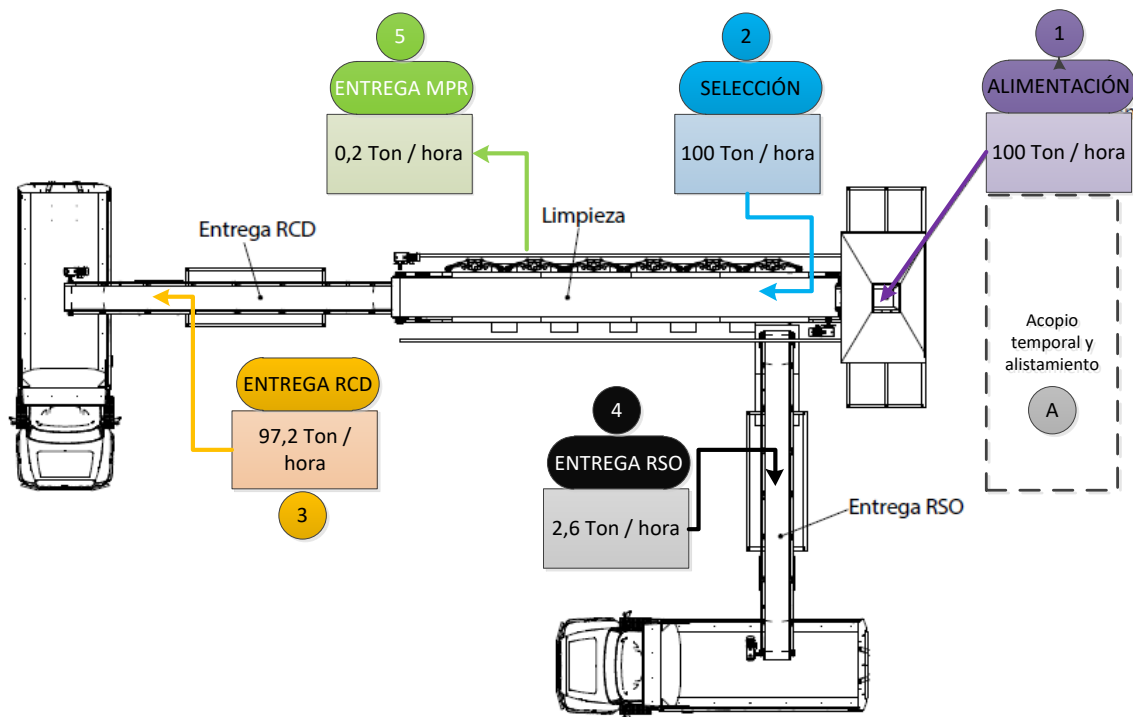
Fuente: Elaboración CALD SAS

En este diagrama se puede observar que el diseño conceptual implementado procuro abordar con el mayor nivel de detalle la modelación inicial, de tal manera que cada una de las determinantes o especificaciones identificadas respondieran con la menor incertidumbre posible a la necesidad de separar por medio mecanizado los residuos mixtos de tamaño menor a 6" y poder cumplir con las especificaciones establecidas para las corrientes de salida.

## 2.2 Balance de masas

Partiendo de los resultados de la campaña de caracterización realizada en el mes de septiembre de 2018, se presenta en la siguiente imagen el balance de masas para una capacidad de carga de 100 Ton / hora, que fue tomado como referencia para el diseño conceptual y posterior diseño de detalle, en donde a partir de la visualización en planta de las unidades mecánicas de los sub procesos de alimentación, clasificación (limpieza) y entrega de las corrientes de salida, se estima que la línea de entrega de RCD requiere para su evacuación cerca de 6,4 unidades con capacidad de 14 m<sup>3</sup> por hora y la línea de entrega de RSO demandará aproximadamente 1,2 de estas unidades por hora.

Figura 3 Balance de masas del proceso.



Fuente: Elaboración CALD SAS

La disponibilidad de unidades de transporte se calcula a partir del caudal del material de salida y las densidades ( $\rho$ ) estimadas en campo, tomando como referencia una  $\rho_{RCD} = 1,08 \text{ Ton/m}^3$  y  $\rho_{RSO} = 0,15 \text{ Ton/m}^3$  y que las unidades de transporte cuentan con una capacidad de 14m<sup>3</sup> sin compactar, razón por la cual para los RCD se incrementa el número de evacuaciones requeridas por hora.

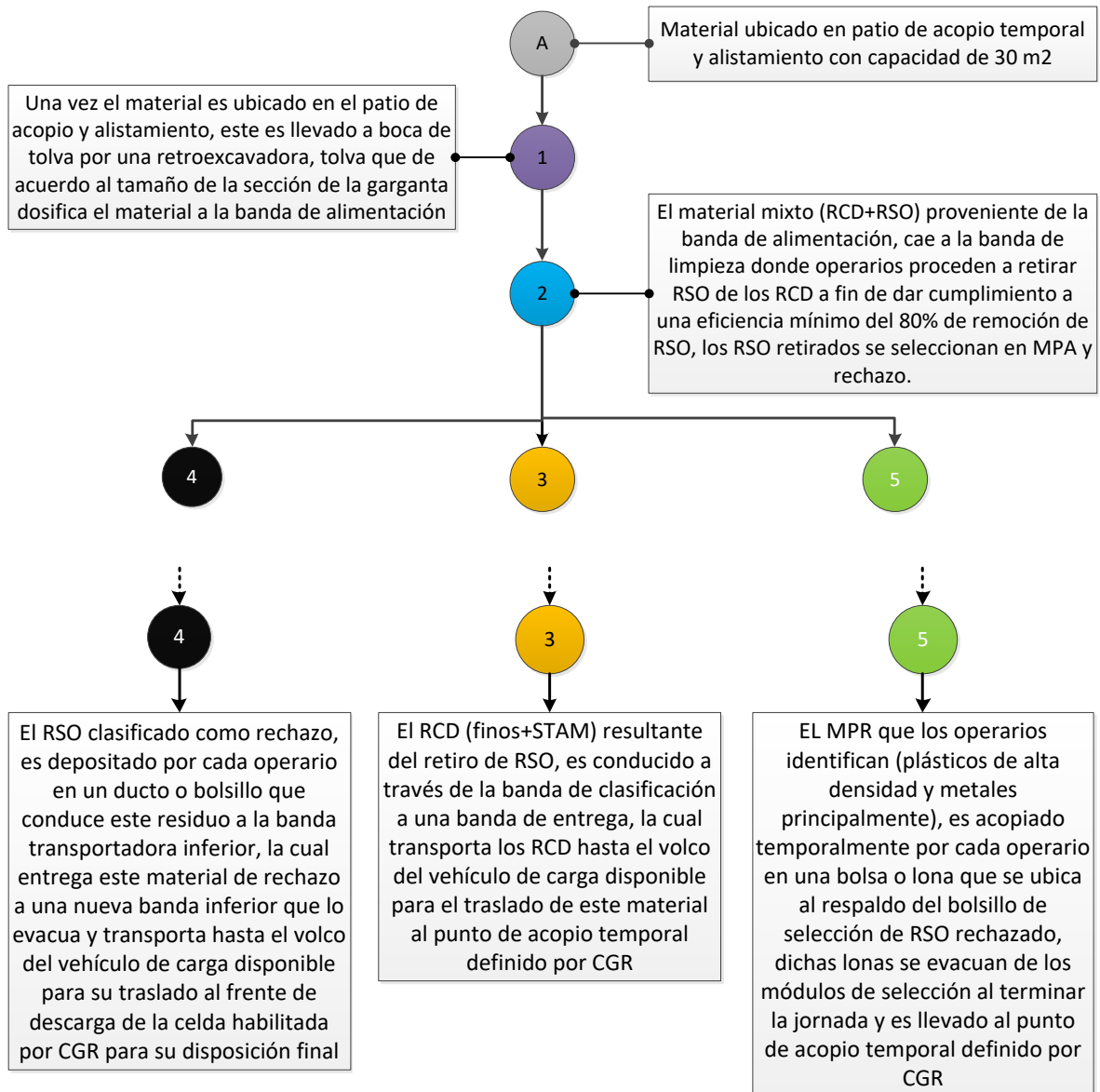
Con estos datos y teniendo en cuenta la velocidad de las bandas de entrega de 1 m/s, se podrá calcular el número de vehículos de 14 m<sup>3</sup> que se requerirán para la operación en función del tiempo que tome la volqueta en ir hasta el sitio de descarga indicado y regresar nuevamente al punto de carga. En la siguiente tabla se presenta el modelo para el cálculo de volquetas de 14m<sup>3</sup> disponibles por hora estimadas para un recorrido ida y regreso al punto de carga de 20 min.

### **2.3 Diseño detalle por operaciones unitarias**

El circuito de clasificación mecanizada de residuos mixtos (RCD y RSO) consiste en que una vez el material procedente del acopio de mixtos ubicado al interior del relleno sanitario Doña Juana es pasado por la criba con ojo de malla de 6", un vehículo de carga ubica este material en el patio de acopio temporal y alistamiento ubicado en inmediaciones de la tolva de alimentación con un área estimada de 30m<sup>2</sup> calculada para la recepción del material de dos viajes de volqueta de 14m<sup>3</sup>. En el siguiente diagrama se presenta la descripción del proceso.



Figura 4 Descripción del proceso del sistema mecanizado de clasificación de residuos mixtos (RCD y RSO)



Fuente: Elaboración CALD SAS

En los siguientes numerales se realizará una descripción de los criterios tenidos en cuenta como soporte de las determinantes iniciales tomadas para la realización del diseño conceptual, considerando que varias de ellas

se obtuvieron producto de las necesidades propias del relleno sanitario Doña Juana, de las características de los residuos obtenidas en campo y de la experiencia de CALD S.A.S. en el diseño, montaje y operación de sistemas mecanizados.

### 2.3.1 Alimentación

La unidad de alimentación del sistema mecanizado está conformada principalmente por la tolva y la banda de entrega al sub proceso de clasificación, para estos elementos y teniendo presente las determinantes definidas en el Diagrama 3 asociadas directamente a la alimentación y cargue, se obtuvo un diseño que atendiera la determinante general (estructura móvil y modular) permitiendo que esta unidad igual que las demás del sistema mecanizado cumplieran las normas nacionales principalmente la resolución 4100 de 2004 la cual define que las dimensión máximas de los vehículos de transporte de carga que circulen por el territorio nacional deben ser:

*Tabla 1. Dimensiones de vehículos de transporte de carga*

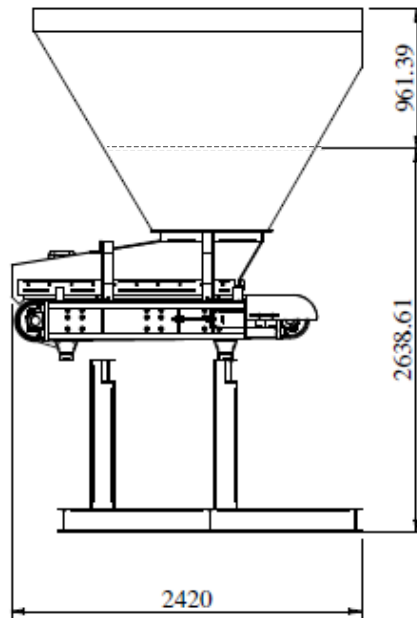
Ancho máximo (m)	Altura máxima (m)	Longitud máxima (m)
2,6	4,4	12,2*

\*Se toma como referencia designación 3 – Camión de tres ejes doble troque ya que es la configuración máxima de los vehículos que circulan en promedio al interior del relleno sanitario Doña Juana.

En relación con la altura máxima se tomó como referencia la Norma Técnica Colombiana NTC 4788-2, la cual establece que la plataforma de carga se encuentra a una altura del suelo para la cama baja entre 701mm y 1500 mm y para cama alta se encuentra a una altura superior a 1501 mm, obteniendo el siguiente criterio de diseño, el cual resulta de la diferencia entre la altura máxima para vehículos (4,4m) y la altura máxima para cama bajas (1,5m)

*Criterio Alimentación (AL<sub>1</sub>): Altura máxima de tolva = 2,9m en función del transporte de carga*

Figura 5. Diseño conceptual de la unidad de alimentación (tolva)



Fuente: Elaboración CALD SAS (dimensiones en milímetros)

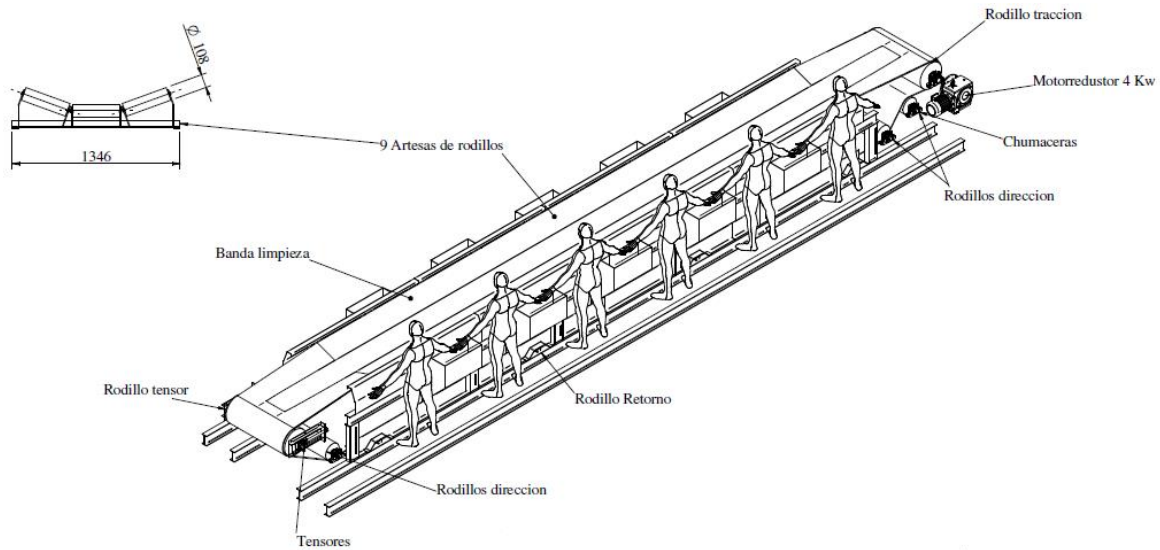
### 2.3.2 Clasificación

La banda de clasificación se convierte para efectos del diseño del sistema mecanizado en el elemento matriz que permite el ajuste y control de las demás unidades ya que de este depende la velocidad y eficiencia del sistema; en términos geométricos, el cálculo de esta unidad consideró lo señalado en la resolución 4100 de 2004 frente a las dimensiones de vehículos de transporte de carga (ver tabla 1) y en especial lo relacionado con la longitud máxima.

*Criterio Clasificación (CL1): Longitud máximo de banda=12,2m*

A partir de este criterio se obtiene una banda de clasificación de 12m con doce estaciones de clasificación (seis a cada lado de la banda) de RSO rechazo y RSO MPR de tal manera que la entrega de esta banda permita una eficiencia de selección del 80% en el material que llega a la banda de entrega de RCD, en la siguiente imagen se presenta el perfil del diseño conceptual de la unidad de clasificación.

Figura 6. Diseño de la unidad de clasificación



Fuente: Elaboración propia a partir de software Solid Edge

Fuente: Elaboración CALD SAS (dimensiones en milímetros)

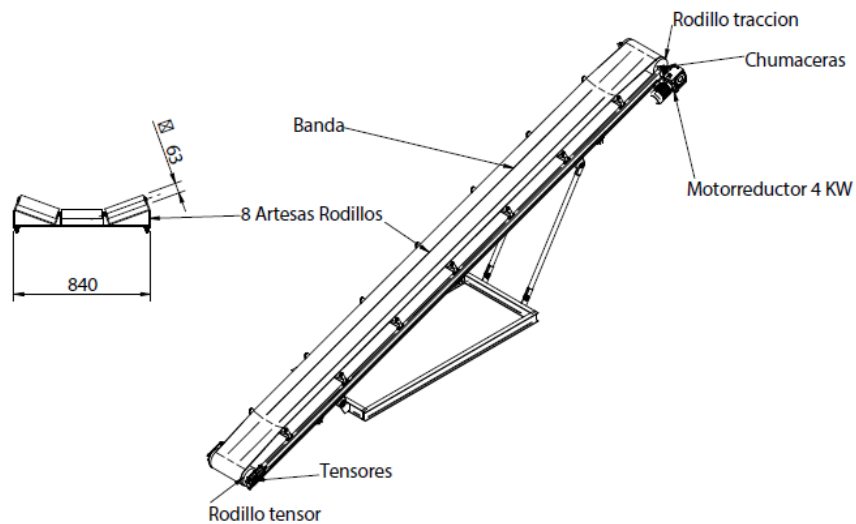
En la anterior imagen se presenta la distribución volumétrica conceptual de la unidad de clasificación con tres corrientes de salida, la primera de RCD con una eficiencia en su limpieza del 80% que transportará dicho material por la cara superior de la cinta a la banda de entrega de RCD, la segunda de RSO (rechazo) que entregará estos residuos mediante la cinta inferior a la banda semi enterrada de RSO (rechazo) y la tercera corriente relacionada con los MPR que los operarios identifiquen y que se acopiara en bolsas o globos de lona para su posterior evacuación.

### 2.3.3 Descarga

En términos geométricos las bandas de descarga tanto para RCD como para RSO (rechazo), dan cumplimiento a las disposiciones de la resolución 4100 de 2004 en relación con las dimensiones de vehículos de transporte de carga y en especial lo relacionado con la longitud máxima, permitiendo así su movilización al interior del relleno o si es necesario fuera de estas instalaciones.

En la siguiente imagen se presenta el diseño conceptual de estas bandas, las cuales fueron calculadas garantizando que las mismas fueran de superficie lisa con artesas de 20°, esto a fin de garantizar su fácil limpieza y aumentar las horas de los rodamientos.

Figura 7. Diseño conceptual de las bandas de entrega de RSD y RSO

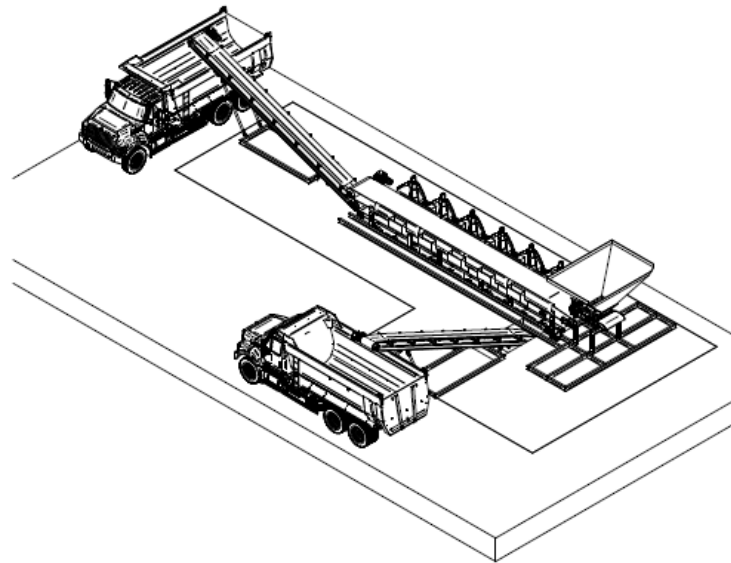


Fuente: Elaboración propia a partir de software Solid Edge

### 2.3.4 Esquema de distribución

Partiendo de los resultados de los numerales anteriores se obtiene un diseño en planta del sistema mecanizado de clasificación de residuos mixtos (RCD y RSO) propuesto para el relleno sanitario Doña Juana con la siguiente distribución:

*Figura 8. Distribución en planta del sistema mecanizado*



Fuente: Elaboración propia a partir de software Solid Edge

### **3 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA A PARTIR DEL DISEÑO**

#### **3.1 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS**

##### **3.1.1 Sistemas operativos**

Entendiendo el proceso operativo en la descripción y comprendiendo los sistemas técnicos por el diseño conceptual de la planta, tenemos diferentes procesos y sub procesos que de ahora en adelante llamaremos sistemas con el fin de poner todo lo explicado anteriormente en función de la metodología de identificación.

Teniendo en cuenta lo explicado en los capítulos anteriores de este documento, logramos distinguir los siguientes sistemas operativos:

- Alimentación
- Clasificación
- Entrega de RCD/RSU

Con estos sistemas podemos evidenciar el enfoque del proyecto puesto que son los componentes fundamentales de la operación, entendiendo esto podemos tomar estos procesos como transversales para la identificación de riesgos en las normas técnicas colombianas ISO 9001; ISO 14001 e ISO 45001 enfocándonos de manera precisa al 8 (a la hora del desarrollo de la actividad operativa) en cada una de ellas.

##### **3.1.2 Sistema de planificación**

Es sistema de clasificación entra de manera individual a la identificación, debido a que, a pesar de poder ser analizado de manera específica en cada uno de los sistemas operativos nombrados anteriormente, no se lograrían abarcar de manera precisa las actividades que, a pesar de no tener una influencia directa en el desarrollo de la operación, son importantes para que esta continúe de forma segura y si intermitencias o interrupciones no deseadas.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores se identifican de manera general los sistemas que serán evaluados minuciosamente, de forma técnica y buscando el cumplimiento con las partes interesadas pertinentes.

*Tabla 1    Sistemas*

SISTEMAS	DESCRIPCIÓN
1. PLANIFICACIÓN	Sistema encargado de la planificación, es decir, diseños, asignación de recursos y elaboración de procedimientos para el correcto desarrollo de las actividades operativas.
2. ALIMENTACIÓN	Sistema de recepción de material por medio de volquetas para facilitar el proceso de clasificación
3. CLASIFICACIÓN	Sistema de selección de material, donde se realiza la separación de este por sus propiedades (RCD, RSO)
4. ENTREGA DE RCD/RSU	Sistema de descarga y entrega del material ya clasificado para su correcta disposición.
5. SISTEMA ELECTRICO	Suministro eléctrico a los equipos para su correcto funcionamiento

Fuente: Elaboración propia



## 3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS

Entendiendo un sistema como un conjunto de elementos que al interactuar entre sí buscan llegar o generar algo, cada uno de estos sistemas enumerados lleva un número de elementos correspondientes a equipos y herramientas utilizadas para cumplir con el desarrollo de la operación a analizar.

A continuación, se realiza la separación de los sistemas con sus debidos subsistemas.

Tabla 2 Subsistemas

SISTEMA	SUBSISTEMA
1. PLANIFICACIÓN	1.1 Objetivos y Metas
	1.2 Diseño de procedimientos
	1.3 Definición de Areas por actividad
	1.4 Asignación de recursos
	1.5 Identificación de peligros, aspectos e impactos ambientales, valoración de riesgos e impactos ambientales.
	1.6 Determinación de controles existentes
	1.7 Plan de Emergencias
2. ALIMENTACIÓN	2.1. Tolva
	2.2. Rodillo de tensión
	2.3. Motorreductor 4 Kw
	2.4. Banda alimentador
	2.5. Rodillo tracción
3. CLASIFICACIÓN	3.1. Rodillos tracción bandas Limpieza y RSO
	3.2. Banda limpieza
	3.3. Banda de RSO
	3.4. Rodillos tensores bandas Limpieza y RSO
	3.5. Motorreductores 4 Kw Bandas Limpieza y RSO
	3.6. Rodillos de transporte Bandas Limpieza y RSO
	3.7. Rodillos dirección Bandas Limpieza y RSO
4. ENTREGA DE RCD/RSO	4.1. Bandas RCD/RSO
	4.2. Rodillos tracción Bandas RCD/RSO
	4.3. Rodillos tensor Bandas RCD/RSO
	4.4. Motoreductores Bandas RCD/RSO
5. SISTEMA ELECTRICO	5.1 Suministro de energia.

Como podemos observar en cada uno de los sistemas identificados, logramos obtener subsistemas que nos van a permitir, de manera precisa, analizar el sistema y lograr generar hallazgos que pueden ser:

- No conformidades
- Oportunidades de mejora
- Riesgos en relación con la seguridad de los trabajadores
- Riesgo en relación con el desempeño de la operación que afecte el rendimiento y genere posibles retrasos
- Impactos ambientales no previstos anteriormente.

Entro otros que se irán evidenciando en el formato diseñado para la realización de la actividad.

Se puede observar que cada Subsistema operativo, representa una pieza del equipo con el que se ejecuta la actividad referida al sistema, esto se debe a que estas piezas pueden presentar fallos o pueden generar diferentes consecuencias que impactan de manera directa la operación, la seguridad y el medio ambiente.

### **3.3 MATRIZ DE PROBABILIDAD Y CONSECUENCIA**

Al entender la composición de los sistemas y subsistemas dentro de la operación, se realizó un análisis de probabilidad y consecuencia que cumpliera de manera eficiente con la valoración del riesgo y así lograr calificarlo y priorizarlo de manera oportuna.

Para el diseño de la matriz se tuvieron 3 factores importantes:

- **Perdidas económicas:** Constituidas por errores operativos que puedan frenar la operación y generen perdidas por tiempo de inactividad, estado de los equipos para no tener ningún tipo de impacto económico por algún equipo en mal estado, ineficiencia en los procesos que también pueden generar pérdidas económicas al no clasificar la cantidad esperada de residuos por día, incumplimiento con los criterios del cliente que puedan generar inconformidad y como consecuencia una multa o incluso la anulación del contrato.
- **Impacto Ambiental:** Este componente se enfoca en el impacto que pueda generar sobre algunas especies que se encuentran en el sector, en la comunidad cercana y en cualquier tipo de intervención que pueda afectar los recursos en la zona.
- **Seguridad y Salud en el trabajo:** Este se enfoca en los peligros y riesgos, que pueden llegar a vulnerar a los trabajadores tanto de CALD SAS como del Relleno Sanitario Doña Juana.

Teniendo en cuenta estos factores se tomaron decisiones según el valor del contrato, la ubicación de la planta, la propiedad que se podría ver afectada, la cantidad de trabajadores, la gravedad de los diferentes procesos que se ejecutan y los elementos de mitigación (CME) que se tienen.

Realizado el análisis se obtienen las siguientes consecuencias y probabilidades

**Tabla 3 Consecuencias**

CONSECUENCIAS				
Código	Tipo de lesión	Impacto Ambiental	Daño a la Propiedad de la Instalación / Pérdida de Ingresos	Impactos fuera de la instalación
1	Lesiones / enfermedades menores (por ejemplo, primeros auxilios)	a) Costo de limpieza / remediación <\$ 5M b) Hábitat o población silvestre: limitada, localizada, temporal y no grave (<\$ 1M)	<\$10M	a) Impactos molestos (por ejemplo, humo, ruido, olor) b) Lesiones menores (por ejemplo, primeros auxilios), sin días de trabajo perdidos
2	Tratamiento médico, admisión hospitalaria, días de trabajo perdidos	a) Costo de limpieza / remediación - \$ 5M a \$ 10M b) Hábitat o población silvestre: Localizada, a corto plazo, sin consecuencias duraderas, levemente grave y restauración / mitigación parcial posible (\$ 1 a \$ 5M)	\$10M a \$100M	a) Lesiones / enfermedades menores (por ejemplo, primeros auxilios), sin días de trabajo perdidos b) Tratamiento médico, admisión hospitalaria, días de trabajo perdidos c) \$ 100M a \$ 1M
3	1 Lesión / enfermedad permanente incapacitante	a) Costo de limpieza / remediación - \$ 10M a \$ 30M b) Hábitat o población de fauna silvestre: moderada, temporal, moderadamente severa y restauración parcial posible (\$ 5M a \$ 10M)	\$100M a \$300M	a) Tratamiento médico que requiere visita a la sala de emergencia O ingreso hospitalario a corto plazo b) 1 lesión incapacitante permanente / enfermedad c) \$ 1M a \$ 5M
4	2 o 3 lesiones incapacitantes permanentes / enfermedades	a) Costo de limpieza / remediación - \$ 30M a \$ 50M b) Hábitat o población silvestre: mayor, a largo plazo, restauración, mitigación posible y grave (\$ 10M a \$ 30M)	\$ 300M a \$ 500M	a) 1 admisión hospitalaria a largo plazo b) 2 o 3 lesiones / enfermedades permanentes incapacitantes c) \$ 5M a \$ 15M
5	> 3 lesiones / enfermedades incapacitantes permanentes	a) Costo de limpieza / remediación > \$ 50M o no es posible b) Hábitat o población silvestre: extensa, sustancial, grave y restauración no posible, incapacidad permanente (> \$ 30M)	>\$500M	a) 1 lesión permanente incapacitante b) > 3 lesiones / enfermedades permanentes incapacitantes c) \$ 5M a \$ 15M

Tabla 4 probabilidades

PROBABILIDAD			
Código	Elementos de mitigación (CME)	Análisis basado en escenarios	Análisis cuantitativo
1	> 4 CME, la falla de 3 no permitiría un escenario de evento no deseado	Evento no deseado no ha ocurrido en este tipo específico de operación dentro de esta industria usando esta misma tecnología	mayor que 0,0001%
2	3 CME, la falla de 2 no permitiría un escenario de evento no deseado	Es improbable que ocurra un evento no deseado en este tipo específico de operación dentro de esta industria usando esta misma tecnología durante la vida de la operación	entre 0,0001% y 0,01%
3	2 CMEs, la falla de 1 no permitiría un escenario de evento no deseado	Evento no deseado que probablemente ocurra en este tipo específico de operación dentro de esta industria usando esta misma tecnología durante la vida de la operación	entre 0,01% y 0,1%
4	Un CME para evitar un escenario de evento no deseado	Evento no deseado casi seguro que ocurrirá en este tipo específico de operación dentro de esta industria usando esta misma tecnología durante la vida de la operación	entre 0,1% y 1%
5	Sin CME para evitar un escenario de evento no deseado	Evento no deseado ocurrido en este tipo específico de operación dentro de esta industria usando esta misma tecnología	menor que 1%

Teniendo las tablas de probabilidad y consecuencia se logra construir la siguiente matriz

Tabla 5 Matriz probabilidad vs consecuencia

		<u>CONSEQUENCE</u>				
		1	2	3	4	5
<u>PROBABILITY</u>	5	B	C	D	E	E
	4	B	C	C/D*	D	E
	3	A	B	C	D	D
	2	A	B	B	C	D
	1	A	A	B	B	C

Donde las letras serian el nivel de riesgo, y este nivel va desde la A (más bajo) hasta la E (más alto).

Para lograr tener la matriz completa, debemos tener la descripción de cada una de las letras, relacionando las normas involucradas ya enunciadas anteriormente, lo que sería:

Tabla 6 Descripción de nivel de riesgo

NIVEL DE RIESGO	
Código	Descripción
A	No se requieren más acciones o evaluaciones de riesgo. La areas de trabajo documentará los riesgos identificados, las evaluaciones de riesgos y las medidas de mitigación
B	La Empresa deberá considerar la viabilidad para evaluaciones de riesgo adicionales y medidas de Mitigación. La empresa deberá documentar los peligros identificados, las evaluaciones de riesgos y las medidas de mitigación .
C	La Empresa deberá considerar la viabilidad para evaluaciones de riesgo adicionales y medidas de Mitigación. La Empresa deberá verificar el Nivel de Riesgo. Las areas de trabajo documentaron los peligros identificados, las evaluaciones de riesgo y las medidas de mitigación, los motivos de las acciones tomadas o no, y la evidencia de verificación de riesgos.
C/D*	Nivel de riesgo = "D" para Lesión / Enfermedad Humana o "C" para otras categorías de consecuencias.
D	<p>La Empresa deberá realizar un análisis cuantitativo cualitativo o, si corresponde, cuantitativo para verificar el nivel e identificar medidas de Mitigación adicionales. La Empresa deberá desarrollar planes de acción y fechas objetivo para la implementación de medidas de mitigación consideradas factibles y determinar el Nivel de Riesgo objetivo. La Empresa debe documentar los peligros identificados, las evaluaciones de riesgo y las medidas de mitigación, los motivos de las acciones tomadas o no, y la evidencia de verificación de riesgos.</p> <p>Si el Riesgo de QHES no puede reducirse a un nivel inferior dentro de los 60 días de la identificación, la empresa deberá reportar el Riesgo de QHES, incluyendo peligros identificados, evaluaciones de riesgo, Medidas de Mitigación y el estado de implementación, los motivos de las acciones tomadas o no tomadas, el nivel de riesgo objetivo y la evidencia de verificación. Las empresas deberán evaluar el Nivel de riesgo actual, el Nivel de riesgo objetivo, las medidas de mitigación previamente identificadas y las oportunidades de Mitigación adicionales al menos una vez al año.</p>
E	<p>Si el Riesgo de QHES no puede reducirse a un nivel inferior dentro de los 60 días de la identificación, la empresa deberá reportar el Riesgo de QHES, incluyendo peligros identificados, evaluaciones de riesgo, Medidas de Mitigación y el estado de implementación, los motivos de las acciones tomadas o no tomadas, el nivel de riesgo objetivo y la evidencia de verificación. Las Unidades de Negocio deberán evaluar el Nivel de riesgo actual, el Nivel de riesgo objetivo, las medidas de mitigación previamente identificadas y las oportunidades de Mitigación adicionales al menos una vez al año.</p>

Cada uno de los niveles representa una descripción que combina los tres factores en los cuales nos estamos enfocando. Para así, generar distintos resultados que mitiguen los eventos no deseados e igualmente se logren generar oportunidades de mejora.

### **3.4 ESTRUCTURA DEL FORMATO**

El formato realizado comprende 4 etapas, las cuales son:


#### **3.4.1 Información general**

En esta etapa se suministra la información relacionada con la empresa, la operación, un glosario según las actividades, objetivos del proyecto, las limitaciones que se deben tener en cuenta, los peligros a los que puede estar expuesto el personal posibles accidentes que pueden ocurrir en el desarrollo de la operación, las suposiciones (con que se cuenta de manera segura y sabiendo que no va a ocurrir ningún tipo de contratiempo en este aspecto) y los criterios de ingeniería.

*Tabla 7 Información general formato what if*



Aplicación de la metodología del "what if" para la integración de los sistemas de gestión en el diseño de una planta de clasificación de basuras para el relleno sanitario doña juana

		<b>FORMATO WHAT IF</b>			Página: 1 de 1
					Código: CALD-HSEQ-FO38
					Fecha: 30 de julio 2015
					Versión: 1.
<b>ACCIDENTE</b>	es un suceso repentino no deseado que produce consecuencias negativas ya sea en las personas, las instalaciones, las máquinas o el proceso.				
<b>INCIDENTE</b>	es un suceso repentino no deseado que ocurre por las mismas causas que se presentan los accidentes, sólo que por cuestiones del azar no desencadena lesiones en las personas, daños a la propiedad, al proceso o al ambiente.				
<b>PELIGRO</b>	Fuente, situación o acto con potencial para causar daño en términos de daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de estos.				
<b>RIESGO</b>	Combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición.				
<b>RSO</b>	Residuos Sólidos Ordinarios, aquellos que se producen como consecuencia de una actividad normal de la rutina diaria en hogares, hospitales, oficinas, centros escolares...				
<b>RCD</b>	Residuos sólidos Urbanos. Aquellos que se producen como conse				
<b>CME</b>	Elementos de mitigación				
<b>INFORMACIÓN DEL PROYECTO</b>					
<b>Project ID:</b>	Estudio de suelos, diseño, construcción, transporte, instalación, montaje, puesta en marcha, entrenamiento mantenimiento preventivo y acompañamiento durante el primer mes de la planta para el sistema de clasificación de residuos mixtos (sistema de separación mecánica) para el Relleno Sanitario Doña Juana.				
<b>Compañía:</b>	CGR DOÑA JUANA	<b>Localización:</b>	BOGOTÁ DC		
<b>Duración del proyecto:</b>	3 Meses	<b>Facilidad:</b>	RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA		
<b>OBJETIVOS</b>					
<b>Objetivos del proyecto:</b>	Establecer procedimiento para la separación segura, eficaz y eficiente del material, además de cumplir con los requisitos del cliente				
<b>Limitaciones Operacionales y de seguridad</b>	Sobre tamaños con medidas menores a los 6*6 pulgadas Presencia Material particulado				
<b>Peligros</b>	Peligro por presencia de Material corto punzante				
	Peligro biológico				
	Peligro ambiental (descargas eléctricas)				
	Peligro físico				
	Peligro por amenazas naturales (movimiento de tierras)				
	Peligro biomecánico				
<b>Posibles accidentes:</b>	Peligro de Inhalación, contacto ojos de material particulado				
	Golpes por RCD caídos de la tolva				
	Enfermedades infecto contagiosas, insolación				
	Atrapamiento				
	Accidente vial				
	Conato de incendio				
	Caidas del personal				
	Lesiones en cuerpo por objetos corto punzantes				
Obstrucción vías respiratorias por material particulado					
<b>PROPÓSITO DE LA OPERACIÓN</b>					
Separación de material recibido, en RCD y RSO para su correcta disposición.					
<b>SUPOSICIONES</b>					
Material recibido en la planta con dimensiones menores a 6*6 in					
Volquetas suministradas por el cliente					
Maquinaria amarilla suministrada por parte del cliente					
<b>CRITERIOS DE INGENIERÍA</b>					
* Garantizar el 80% de remoción del RSO (Residuo Sólido Ordinario) del Material que ingresa al proceso, que el amterial pétreo (RCD) cumpla con diámetros inferiores a 6", una operación segura: cero accidentes.					
<b>EQUIPO DE TRABAJO</b>					
<b>Nombre completo</b>	<b>Primer nombre</b>	<b>Primer apellido</b>	<b>Cargo</b>	<b>Departamento</b>	<b>Compañía</b>
Leonardo Arbelaez Lamus	Leonardo	Arbelaez	Director Ejecutivo	Administrativo	CALD
Javier Rios	Javier	Rios	Diseñador	Diseño	CALD
Leonardo Tellez	Leonardo	Tellez	Asesor		CALD
Andres Felipe Arbelaez	Andres	Arbelaez	Coord. HSEQ	Admin/Operativo	CALD

### 3.4.2 Sistemas y subsistemas

En esta etapa se realiza una breve tabla especificando y describiendo los sistemas y subsistemas de manera breve, para realizar una retroalimentación y al mismo tiempo compartir el contexto de la actividad a los trabajadores, los cuales participan de manera activa en el proceso de identificación.

		<b>FORMATO WHAT IF</b>	
SISTEMA		SUBSISTEMA	COMENTARIOS
1. PLANIFICACIÓN	Sistema encargado de la planeación y desarrollo de procedimientos para la correcta ejecución de las actividades en campo	1.1 Objetivos y Metas	
		1.2 Diseño de procedimientos	
		1.3 Definición de Areas por actividad	
		1.4 Asignación de recursos	
		1.5 Identificación de peligros, aspectos e impactos ambientales, valoración de riesgos e impactos ambientales.	
		1.6 Determinación de controles existentes	
		1.7 Plan de Emergencias	
2. ALIMENTACIÓN	Sistema de recepción de material por medio de volquetas para facilitar el proceso de clasificación	2.1. Tolva	
		2.2. Rodillo de tensión	
		2.3. Motorreductor 4 Kw	
		2.4. Banda alimentador	
		2.5. Rodillo tracción	
3. CLASIFICACIÓN	Sistema de selección de material, donde se realiza la separación del mismo por sus propiedades (RCD,RSU)	3.1. Rodillos tracción bandas Limpieza y RSO	
		3.2. Banda limpieza	
		3.3. Banda de RSO	
		3.4. Rodillos tensores bandas Limpieza y RSO	
		3.5. Motorreductores 4 Kw Bandas Limpieza y RSO	
		3.6. Rodillos de transporte Bandas Limpieza y RSO	
		3.7. Rodillos dirección Bandas Limpieza y RSO	
4. ENTREGA DE RCD/RSO	Sistema de descarga y entrega del material ya clasificado para su correcta disposición.	4.1. Bandas RCD/RSO	
		4.2. Rodillos tracción Bandas RCD/RSO	
		4.3. Rodillos tensor Bandas RCD/RSO	
		4.4. Motoreductores Bandas RCD/RSO	
5. SISTEMA ELECTRICO	Suministro eléctrico a los sistemas	5.1 Suministro de energia.	

### 3.4.3 Hoja de trabajo

En esta etapa empezamos a identificar por medio de una lluvia de ideas, los posibles riesgos que puedan ocurrir según el sistema que se esté interviniendo.

Por medio de esta etapa se analizan las causas, las consecuencias, los posibles elementos de mitigación con los que se cuenta y posteriormente el análisis de riesgos según la matriz de probabilidad y consecuencia, y las recomendaciones que se logran definir para determinar el control que se le debe dar a la actividad.


Tabla 8 Hoja de trabajo Formato What if

Localización: Relleno Sanitario Doña Juana											
Fecha: 14/09/2018											
Sistema: 2. Alimentación											
Subsistema: 2.1. Tolva											
QUE PASA SI ?	CONSECUENCIAS	MITIGACIÓN	RIESGO INICIAL			RECOMENDACIONES	RESPONSABLE	RIESGO ESTIMADO			COMENTARIOS
			C	P	RL			C	P	RL	
Hay material particulado al momento de la descarga	Impacto a la salud del personal, pérdida de visibilidad y presencia de finos en los sistemas.	Caperuza con sistema de aspersión de agua.	2	5	C	1.1.1. Implementación de un subsistema de caperuza en polisombra un sistema de aspersión de agua.	CALD SAS	2	2	B	
Sobretamaños cortopunzantes (varillas, Palos, Latas) descargados.	Daño en equipo y parada de operación	Inpecciones visuales en procesos previos a la descarga.	3	4	C/D*	1.1.2. Inspección visual en el cribado de la zona de mixtos y en la alimentación de la tolva.	CGR	3	2	B	
No hay alineación de la cuchara del cargador	Lesiones a los operadores, daño en el equipo	Abertura dentro del la tolva, de la geometría de la cuchara que facilita el descargue.	4	3	D	1.1.3. Colocar pantallas a los lados de la tolva para evitar lesiones al personal y daños al equipo	CALD SAS	1	2	A	
					#N/A					#N/A	

### 3.4.4 Recomendaciones

En esta etapa se priorizan los riesgos según el Nivel de riesgo, y se toman en cuenta las recomendaciones de planteadas en la hoja de trabajo, para aplicarlas antes durante y después de la operación según sea el caso.

Tabla 9 Recomendaciones y priorización Formato What if

		FORMATO WHAT IF							Página: 1 de 1
									Código: CALD-HSEQ-F038
									Fecha: 30 de julio 2015
									Versión: 1.
RECOMENDACIONES	RESPONSAB	CONSECUENCIAS	NIVEL DE RIESGO MAXI	OBSERVACIONES	ESTAI	ESTADO AL FINAL DE LA FECE	ACTIVIDAD AL FINAL DE LA FECE		

## 4 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA OPERACIÓN

### 4.1 PARTE TÉCNICA

Durante el desarrollo de la operación se tuvieron en cuenta varios aspectos de control analizados previamente en la metodología “What if”.

Entre estos aspectos, se generó una recomendación casi para la mayoría de situaciones, la cual notificaba el almacenamiento de productos en “stock”, en caso de cualquier eventualidad presentada que pudiera afectar el cumplimiento de la operación.

Ejemplo:

Tabla 9 Ejemplo recomendaciones

QUE PASA SI ?	CONSECUENCIAS	MITIGACIÓN	RIESGO INICIAL			RECOMENDACIONES	RESPONSABLE	RIESGO ESTIMADO			COMENTARIOS
			C	P	RL			C	P	RL	
Hay avería en el motor	Se quema el motor, parada de equipo.	Implementación de plan de mantenimiento (capacitación de operadores). Protección eléctrica y arranque en rampa (variador de velocidad).	3	5	D	1.3.1. Hacer seguimiento al plan de mantenimiento y tener en stock otra pieza.	CGR	2	2	B	Tener presente ruido de fricción que indica el daño de la pieza
Hay avería en el reductor	Daño en el rodamiento, corona y sin fin, parada de equipo.	Implementación de plan de mantenimiento (capacitación de operadores). Lubricación periódica	3	3	C	1.3.2. Hacer seguimiento al plan de mantenimiento y tener en stock: rodamiento, sin fin y corona.	CGR	2	2	B	Tener presente ruido de fricción que indica el daño de las piezas
Hay avería en el acople	Desalineamiento de la banda y daño en el reductor. Desgaste de otras piezas y parada del equipo.	Implementación de plan de mantenimiento (capacitación de operadores). Alineación de la banda.	3	3	C	1.3.3. Hacer seguimiento al plan de mantenimiento y tener en stock la pieza (elemento flexible del acople).	CGR	2	2	B	Tener presente ruido de fricción que indica el daño de la pieza. Garantizar la alineación del equipo y se sugiere contar con un tecnico en electromecanica como supervisor del proceso

Como se pudo observar en el formato, la mayoría de actividades no tenían una intervención preventiva, por lo que en la mayoría de los casos se mantuvieron en “stock” o en bodega, los componentes y herramientas necesarias para atender la emergencia en cualquier oportunidad, de manera que se logra disminuir el nivel de riesgo de manera significativa.

Las actividades contractuales se vieron beneficiadas enormemente por las recomendaciones ofrecidas en el análisis de identificación con la metodología, dando así cumplimiento a las directrices y criterios del cliente.

En los procesos técnicos se tuvieron complicaciones mínimas, que fueron solucionadas sobre la marcha de la operación y sin perder mucho tiempo, lo que generó una un menor costo de operación por alguna eventualidad derivada.

## **4.2 Gestión Ambiental**

### **4.2.1 Monitoreos y control ambiental**

#### **4.2.1.1 Monitoreo de aire y ruido**

Dadas las condiciones contractuales del proyecto en las cuales se establecen 2 monitoreos ambientales dentro del tiempo de ejecución se inicia con el segundo el día 10 de junio de 2019 se realizan con la misma empresa que se realizaron los primeros la cual es "PSA CONSULTORES", se realizan en los mismos tres puntos en que se realizaron los primeros los cuales son los siguientes:

- Planta de Biogás
- Centro multipropósito de la UAESP (Mochuelo alto)
- Predio de la señora Esperanza Garzón ubicado en la dirección tv 18m #92-46 sur (Mochuelo bajo)

Estos monitoreos tendrán una duración de 18 días calendario contados a partir de la fecha 11 de junio de 2019 que es cuando se inicia la recolección de muestras por parte de la entidad contratada.

Figura 9 Ubicación de equipos de medición



#### 4.2.1.2 Control de Vectores

Se realiza el monitoreo de control del vector mosca mediante platos adhesivos, biotrampa y fumigación en caso de ser necesaria; se tiene la misma cantidad de platos adhesivos que se reportaron no representa un conteo alto por lo cual no se requiere fumigación para el mes de Junio.

*Figura 10 Monitoreo de vector mosca en platos adhesivos*



Se realiza el monitoreo de control para el vector roedor mediante jaulas y cebos.

*Figura 11 Monitoreo vector roedor*



#### 4.2.2 Punto Ecológico

Se realiza el mantenimiento y la limpieza del punto ecológico en la zona de campamento.

*Figura 12 Limpieza punto ecológico*



#### 4.2.3 Mantenimiento de baños y duchas portátiles

La empresa “BAÑOS BRASILIA S.A.S” continúa desempeñando sus funciones de aseo y mantenimientos a duchas, baños portátiles con una regularidad de 2 veces por semana.

*Figura 13 Limpieza de baños portátiles*





De igual manera se realizó el aseo del isotanque que capta las aguas residuales de las dos duchas portátiles.

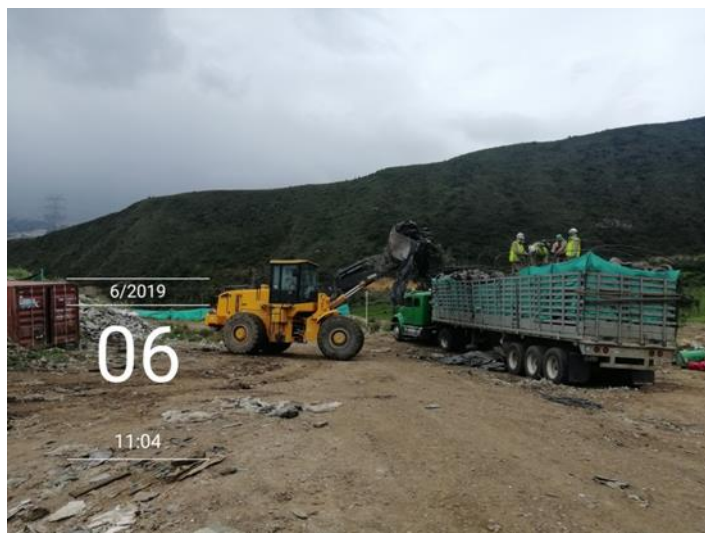
#### **4.2.4 Empresas encargadas de materiales aprovechables.**

Las empresas encargadas de la recolección de materiales aprovechables son:

- Federincol.
- Aseo Nuevo Ambiente.
- Sistema verde.

Para la recolección de las llantas que se han venido acopiando en el patio de operaciones de RPC se llega a un acuerdo con Sistema Verde para realizar dicha operación.

*Figura 14. Recolección material especial (llantas)*



#### **4.2.5 Control de material particulado**

Debido a que se sigue presentando una alta presencia de material particulado como producto de la operación de desmote, se continua con el riego permanente por medio de carrotanque durante el período que se está realizando operación, adicional se sigue con la operación de los dos cañones aspersores; se realizan

actividades con dos cañones aspersores ya que no se logra reparar el daño que se presentó con el tercer cañón en el mes anterior, por esta razón se concentra la operación de tal manera que se pueda controlar el material particulado con los elementos en mención.

*Figura 15 Riego de carrotanque con manguera en el patio de operaciones.*



*Figura 16 Cañones de aspersion en el patio de operaciones.*



#### **4.2.6 Plan de Señal**

En el patio de trabajo se cuenta con señales informativas, distribuidas en las diferentes zonas, (Entrada, Salida, Acopio de agregado reciclado, área de selección, área de tamizado), al igual que las demás señales reglamentarias y de seguridad. A continuación, se relaciona el plan de señalización conforme a lo especificado en la norma INVIAS 2015 en cuanto a localización, tamaño y colores vigentes:

Tabla 10 Plan de señalización

TIPO DE SEÑAL	DESCRIPCIÓN
Señal vertical en lámina fluorescente (SALIDA) con flecha giratoria.	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 40cm de ancho y flecha de 80 cm de largo x 30 cm de ancho.
Señal vertical en lámina fluorescente (ENTRADA) con flecha giratoria.	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 40cm de ancho y flecha de 80 cm de largo x 30 cm de ancho.
Señal vertical en lámina fluorescente (ZONA DE LIMPIEZA)	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.
Prohibido el paso solo personal autorizado.	Aviso de 70cm de alto por 50cm de ancho para instalar en las entradas de los pondajes y porterías
Señal vertical maquinaria en sitio	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 1m de largo x 80 cm de ancho.
Señal vertical en lámina fluorescente, ENTRADA Y SALIDA DE VEHÍCULOS	En material resistente al desgarre y químicos de baja acción, protección para la lluvia con guarda capucha de una o dos piezas
Señal vertical en lámina fluorescente (USO DE EPP)	Paral de 3mt, aviso de 70 cm largo por 1 metro de ancho
Acopio de Madera	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.
Acopio de Rechazo	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.

<b>TIPO DE SEÑAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Acopio de Agregado Reciclado Tamizado	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.
Acopio de Plásticos	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.
Acopio de Chatarra	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.
Zona de Selección	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.
Zona de Tamizado	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.
Puesto de Inspección	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.
Zona de descargue Residuos Mixtos	Paral de 3m de largo, aviso con medidas de 80 cm de largo x 60 cm de ancho.

Dado que el proceso de separación manual tiene como consecuencia el desmonte de la señalización, constantemente el personal designado se encarga de la reubicación de dichas señales tal como se aprecia a continuación.

Figura 17 Plan de señalización



## 4.3 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

### 4.3.1 Seguridad industrial

#### 4.3.1.1 Señalización y delimitación de áreas

En la siguiente tabla, se relacionan las actividades de señalización y delimitación realizadas en las diferentes áreas durante el período de operación, con el fin de dar cumplimiento a las recomendaciones del análisis de identificación de riesgos y reducir los riesgos evidenciados en el formato "What If".

Tabla 11 Señalización

INVENTARIO SEÑALIZACION ADICION N°8 PROYECTO DEL DESMONTE DEL ACOPIO RPC DEL RSDJ		
ZONA SUR, CAMPAMENTO	ZONA SUR, PATIO DE OPERACIÓN COSTADO DERECHO	ZONA SUR, PATIO DE OPERACIÓN COSTADO IZQUIERDO
<p>14/06/2019 10:48:35 a. m. Unnamed Road Comuna Ciudad Bolívar Bogotá</p> 	<p>14/06/2019 10:22:54 a. m. Unnamed Road Comuna Ciudad Bolívar Bogotá</p> 	<p>14/06/2019 10:22:44 a. m. Unnamed Road Comuna Ciudad Bolívar Bogotá</p> 
PATIO	COSTADO DERECHO ACOPIO MATERIAL APROVECHABLE	ZONA SUR VIA CONEXIÓN MECANIZADO PATIO DE OPERACIONES
<p>14/06/2019 10:26:17 a. m. Unnamed Road Comuna Ciudad Bolívar Bogotá</p> 	<p>14/06/2019 10:28:18 a. m. Comuna Ciudad Bolívar Bogotá</p> 	<p>14/06/2019 10:30:52 a. m. Unnamed Road Comuna Ciudad Bolívar Bogotá</p> 
VIA DE ACCESO MECANIZADO	VIA MIXTOS	BASCULA



#### 4.3.2 Inspecciones de seguridad.

Durante el transcurso de la operación se realizaron mensualmente las inspecciones de seguridad, manteniendo al tanto el estado de cada sistema y verificando el cumplimiento de los parámetros para el correcto desarrollo de la operación, de esta manera se reduce el riesgo de tomar acciones correctivas de manera imprevista, y se protege a los trabajadores de algún evento no deseado que pueda generarles alguna lesión.



## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Es posible evidenciar las consecuencias del desarrollo de este formato de manera precisa, dando a conocer los posibles eventos que podrían llegar a ocurrir por medio de una lluvia de ideas y con la ayuda de varias personas que pueden aportar de manera específica en el desarrollo de controles y recomendaciones según su área de trabajo.

Se logró desarrollar el proyecto sin ningún tipo de complicación, y teniendo en cuenta las recomendaciones más importantes, tomadas tanto por su frecuencia en varias actividades como por el nivel de riesgo más alto.

Al tener esta metodología enfocada en las tres normas se logra realizar de manera más sencilla la identificación de los riesgos y las recomendaciones u oportunidades de mejora según el caso.

Gracias a esta metodología se encontraron aspectos críticos que no se tenían en cuenta cómo:

- Monitoreos de Aire y ruido
- Monitoreos de vectores (moscas y roedores)
- Almacenamiento en stock de componentes de cambio inmediato.
- Inspecciones no solo de las áreas de trabajo, si no de los equipos para recopilar información de su vida útil y lograr actuar antes que un evento no deseado ocurra.
- Cambios en algunas estructuras del diseño que mejoraron sustancialmente el desarrollo de la operación.
- Control de material particulado de manera eficiente.
- Señalización específica en locaciones o áreas que no se tenían en cuenta en el diseño de la operación

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, podemos concluir que el desarrollo previo de una herramienta de identificación de riesgos, ayuda de manera significativa al desarrollo del proceso y la planeación de la operación.

Y evidenciamos que una metodología enfocada en el cumplimiento de la ISO 45001, puede aportar de igual manera muy buenos resultados si es aplicada de manera integral, buscando el cumplimiento ambiental (ISO 14001) y optimizando los procesos productivos de la operación (ISO 9001).

## **Bibliografía**

- [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37650372/engineering\\_design\\_methods.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEngineering\\_Design\\_Methods\\_Strategies\\_fo.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190920%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20190920T010656Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=2c551e98d9fa52509a317532659d64febdb1bd88994f04189722aeea95a62a91](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37650372/engineering_design_methods.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEngineering_Design_Methods_Strategies_fo.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190920%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190920T010656Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=2c551e98d9fa52509a317532659d64febdb1bd88994f04189722aeea95a62a91)
- <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6837/01Jcb01de16.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mqi/mendez\\_m\\_ad/apendiceA.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mqi/mendez_m_ad/apendiceA.pdf).
- NTC ISO 9001:2015
- NTC ISO 14001:2015
- NTC ISO 45001:2005

Más información:

Normas Técnicas Colombianas para la presentación de trabajo de Grado.

## **Anexos**

- Formato "What IF" de la operación en el relleno sanitario Doña Juana.
- Actas de Reunión con el director del trabajo de grado.
- Cronograma de actividades.
- Video de la Planta en operación