



**República de Cuba
Universidad de Cienfuegos
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales**

Título: “Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la mejora de la producción de harina de trigo”.

Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial

Autor: Didiet Moya Gessa

Tutor: Msc. Berlan Rodríguez Pérez

Consultante: Ing. Ricardo Moya

Cienfuegos, 2010

Pensamiento

Para el logro del triunfo siempre ha sido indispensable pasar por la senda de los sacrificios.

Simón Bolívar.

El sueño de tu vida puede hacerse realidad, siempre y cuando luches incansablemente por alcanzarlo y tengas la certeza, que bajo ninguna circunstancia te impedirán conquistarlo.

Didiet Moya Gessa.

Agradecimientos

A mis padres, por su inmensa comprensión y sacrificio al no dudar nunca de mí en los momentos más difíciles que se presentaron en el transcurso de mi carrera.

A mi novia, por brindarme su ayuda incondicional durante toda la carrera, por estar siempre a mi lado, aun cuando todo parecía no tener solución, sin ella las cosas se hubieran tornado mucho más difíciles.

A mi tutor, por su paciencia, enseñanzas y dedicación.

A mi hermana y a mi cuñado, sin su ayuda no hubiese podido terminar mi tesis.

A mis amigos, que me apoyaron desde el principio y siempre estuvieron para mí cuando más necesité de ellos.

A mis profesores, que sin sus enseñanzas no hubiese llegado a realizarme profesionalmente.

A Ricardo Moya, le doy gracias por brindarme toda la ayuda, por enseñarme todo lo que necesité relacionado a mi estudio, por brindarme su amistad incondicional.

A Ivet, por brindarme la información que necesité sobre estudios de medio ambiente y por gestionarme con otros departamentos lo que necesité de la empresa.

A todos los trabajadores de Cereales, que de una forma u otra contribuyeron a que pudiera hacer mi estudio.

A todos mis compañeros de trabajo, que sin su ayuda no hubiese podido terminar mi carrera, por comprenderme y apoyarme en todo momento, siendo ellos como una familia para mí.

Dedicatoria

Deseo dedicarles este trabajo a todos aquellos que hicieron de mí una mejor persona, y a los que pensaron que nunca lo lograría.

Resumen

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) constituye una de las principales herramientas para valorar el desarrollo sostenible de las distintas producciones y servicios. El presente trabajo aplica esta metodología al proceso de producción de la harina de trigo en la Empresa de Cereales Cienfuegos localizada en Zona Industrial No. 2. Carretera de O'Bourke. Ciudad de Cienfuegos; para ello primeramente se realiza un análisis crítico de bibliografías relacionadas con el tema fundamentalmente la serie de normas NC-ISO 14 040, lo que permite proponer las técnicas más adecuadas que conllevan a la definición de objetivos y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto ambiental y análisis de mejoras.

Una vez definida la metodología se procede a validar con los datos de la elaboración de la harina de trigo; determinando que los principales problemas ambientales están concentrados en la respiración de sustancias inorgánicas y efectos no carcinógenos por la emisión de partículas sólidas (polvo) generadas por el proceso productivo y el calentamiento global por emisiones de dióxido de carbono (CO₂), carbono (CO) y dióxido de azufre (SO₂), generadas por el alto consumo de electricidad en los molinos 1 y 2.

Se proponen medidas de mejora para disminuir estos impactos basadas en la sustitución e instalación de equipos en el molino No. 2, lo que se justifica económica, técnica y ambientalmente. Se finaliza el estudio con las conclusiones y recomendaciones, las cuales ayudaran a la empresa a proceder ante las situaciones planteadas y continuar trabajando en las mejoras continuas.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. Marco Teórico.	5
1.1. Contaminación Ambiental.....	5
1.1.1. La Revolución Industrial y el Deterioro Ambiental.	6
1.1.2. La contaminación en la actualidad.	7
1.1.3. Ciudades con mayor contaminación en el mundo.....	8
1.2. Leyes generales sobre medio ambiente en América y Países de habla Inglesa del Caribe.....	11
1.3. Evaluación del Impacto Ambiental.	13
1.3.1. Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)......	15
1.4. Análisis del Ciclo de Vida (ACV).....	20
1.4.1. Conceptos de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).	21
1.4.2. Origen y evolución del ACV.....	22
1.4.3. Estructura del ACV.	25
1.4.4. Ubicación del ACV dentro del marco de la gestión ambiental.	26
1.4.5. Beneficios del ACV.....	28
1.4.6. Aplicaciones del ACV.....	29
1.4.7. La incertidumbre y la subjetividad en el ACV.....	30
Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.	33
2.1. Descripción del objeto de estudio.....	33
2.1. 1. Caracterización administrativa de la Empresa de Cereales Cienfuegos.....	33
2.2. Problemas ambientales asociados a la producción de harina.....	37
2.3. Procedimiento para desarrollar un Análisis de Ciclo de Vida.....	41
2.3.1 Etapa 1: Definición de los objetivos y alcance del ACV.....	41
2.3.2 Etapa 2: Análisis del inventario.....	45
2.3.3 Etapa 3: Evaluación del impacto.....	48
2.3.3.1 Métodos para evaluar el impacto ambiental.....	52
2.3.4 Etapa 4: Análisis de mejoras.....	63
Capítulo 3: Análisis de los resultados.....	65
3.1 Etapa 1: Definición de objetivos y alcance.....	65
3.1.1 Objetivo del estudio.....	65
3.1.2 Alcance del estudio.....	65
3.2 Etapa 2: Análisis del inventario.....	68
3.2.1 Recolectar los datos.....	68
3.2.1.1 Descripción del proceso de la harina de trigo.....	68
3.2.1.3. Niveles de ruido en las instalaciones de la Empresa.....	86
3.2.2 Construcción de los diagramas de procesos.....	87
3.2.3 Procesamiento de los datos.....	88
3.3 Etapa 3: Evaluación del impacto.....	88
3.4 Etapa 4: Análisis de mejoras.....	91
Conclusiones Generales.....	95
Recomendaciones.....	96
Referencias Bibliográficas.....	97
Bibliografía.....	100
Anexos.....	103

Introducción.

El mundo ha avanzado a pasos agigantados en los últimos 40 años. Como nunca antes los cambios ocurren a una velocidad vertiginosa, generándose grandes transformaciones políticas, culturales, científicas, tecnológicas, económicas, sociales y ambientales.

En el último medio siglo la humanidad ha progresado más que en todos los tiempos anteriores. Se han mejorado las condiciones de vida de gran parte de la población. Han aumentado las expectativas de vida de hombres y mujeres. Las comunicaciones han adquirido una velocidad cada vez más asombrosa. En definitiva, la humanidad tiene cada vez más capacidad para dominar la naturaleza; tanto que incluso amenaza su medio ambiente y por ende su supervivencia.

Esto implica sustanciales cambios en la vida económica y cultural del mundo moderno. Entre ellos, quizás el cambio más significativo que está ocurriendo es el fenómeno de la globalización, que también influye en los importantes problemas ambientales que amenazan al mundo. El calentamiento global de la atmósfera y el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad, la disminución de la masa vegetal y el avance de la desertificación, son evidencias de este deterioro (Espinoza, 2001).

La sustentabilidad, es un término que ha sido adoptado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como el principal objetivo político para el desarrollo futuro de la humanidad, también tiene un objetivo esencial en el desarrollo de productos. En conferencia de Río de Janeiro, en 1992, se estableció que el desarrollo sustentable es la tarea más importante del siglo 21. En la Agenda 21 varias áreas políticas e industriales se analizaron con respecto al Desarrollo Sustentable: desarrollo que satisface las necesidades del presente sin sacrificar la habilidad de las futuras generaciones para satisfacer sus necesidades. De aquí se definieron los tres pilares del Desarrollo Sustentable: crecimiento económico, equilibrio ecológico y progreso social (Izcalli, 2005).

En el año 2002, los líderes de varios gobiernos del mundo y representantes de la industria y la sociedad civil se reunieron en el encuentro mundial para el Desarrollo Sustentable en Johannesburgo. En esta reunión los participantes analizaron las fallas y los éxitos de los últimos treinta años, anticipando los compromisos y los obstáculos que tendrá la humanidad en relación a los desafíos del Desarrollo Sustentable. Uno de los resultados de esta reunión, es un Plan de Implementación para cambiar los patrones no sustentables de consumo y producción. Entre los elementos del plan hay un llamado para: “mejorar los productos y servicios a la vez que se reducen los impactos en salud y medio ambiente, usando donde sea apropiado, modelos científicos como el análisis de ciclo de vida (ACV) (“Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño,” 2007)”.

El análisis del ciclo de vida es el tema objeto del subcomité cinco (SC5), que busca la estandarización de la herramienta de análisis del ciclo de vida para la administración ambiental de sistemas de productos y servicios, considerando los impactos en el ambiente desde la extracción de materiales hasta la disposición final de ellos (Caldeira-Pires, 2005).

La Empresa de Cereales Cienfuegos fue fundada en el año 1976, teniendo como función desde su creación abastecer de harina de trigo a gran parte del país, en el 2003 realiza una nueva inversión, introduciendo tecnología de punta con producciones más limpias de harina en el molino No. 1 con la firma italiana GBS aumentando una capacidad de molienda de 350 T/d.

La organización respeta lo establecido en la Legislación Ambiental Vigente y trabaja en mejoras continuas, tanto tecnológicas como ambientales, donde su **situación problemática** está dada por la forma de seleccionar las posibles alternativas de mejoras, pues se deberán tener en cuenta criterios económicos, técnicos y ambientales por lo que se plantea el problema científico de la investigación.

Problema científico.

No existe un estudio que permita la selección de alternativas de mejora al proceso de Producción de la Empresa de Cereales Cienfuegos, comprobando la factibilidad técnica, económica y ambiental.

Hipótesis.

Si se aplica el procedimiento para el análisis de Ciclo de Vida del producto, combinando con técnicas de análisis de procesos e inversiones, se podrán seleccionar las mejoras más factibles al proceso de producción de la Empresa de Cereales Cienfuegos.

Objetivo General.

Analizar el proceso de producción de la Empresa de Cereales Cienfuegos con vistas a proponer mejoras al mismo aplicando el procedimiento de ACV, que sean factibles desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

Objetivos Específicos.

- Realizar un análisis de la bibliografía relacionada con la herramienta de análisis de ciclo de vida.
- Realizar un análisis del proceso de producción de la Empresa de Cereales Cienfuegos para determinar las posibles alternativas de mejora.
- Proponer varias soluciones posibles para mejorar los problemas o alternativas de mejora encontradas en el proceso.
- Evaluar la factibilidad técnica, económica y ambiental de las posibles soluciones.

Para dar cumplimiento a los objetivos antes expuestos se utilizan técnicas para la búsqueda de información: revisión crítica de información secundaria, trabajo con expertos, consulta de documentos como instructivos técnicos del proceso productivo del trigo y sus derivados, normas de ACV de la NC-ISO 14 040 a la NC-ISO 14 043. Además se utilizan diagramas de flujo para la representación

de los procesos, y se emplea el software para ACV: SimaPro 7.1. Al concluir la investigación, queda estructurada de la siguiente manera:

Capítulo 1: Marco teórico

Este capítulo aborda la información referencial bibliográfica necesaria sobre Contaminación Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental y Análisis de Ciclo de Vida para la fundamentación de la investigación realizada.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Se desarrolla una caracterización de la Empresa de Cereales Cienfuegos y se estructura una metodología para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida de la harina de trigo basada en las normas NC-ISO 14 040.

Capítulo 3: Análisis de los resultados.

En este capítulo se desarrolla la metodología propuesta para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida de la harina de trigo en la Empresa de Cereales Cienfuegos, se comparan diferentes métodos de evaluación ambiental, se cuantifican e identifican las categorías de impacto afectadas y se valoran variantes de mejora ambiental para la producción de harina en la empresa en estudio, comprobándose la factibilidad económica, técnica y ambiental de las mismas.

Capítulo 1. Marco Teórico.

Este capítulo aborda temas relacionados con la contaminación ambiental y algunas leyes para la protección del Medio Ambiente (MA), se tienen en cuenta conceptos de evaluación de impacto ambiental y de análisis de ciclo de vida de un producto así como sus metodologías, importancia y aplicación.

1.1. Contaminación Ambiental.

La contaminación ambiental es la descarga de materias al agua, suelo, o al aire, que causa, o puede causar la alteración del balance ecológico de la tierra y con ello reducir la calidad de vida de sus habitantes.

En el comienzo de la historia de la humanidad, las actividades del hombre no alteraban el balance ecológico del mundo que lo rodeaba (“Efectos de la contaminación ambiental sobre el ser humano,” 2010).

Por lo que en esa época los cambios que se infringían al medio eran locales y con poca relevancia con respecto al deterioro ecológico, según plantea Fedoseev (1978). Smirnov (1978) señala que en las etapas iniciales de la historia el impacto del hombre sobre el Medio Ambiente (MA) se realizaba mediante diversos tipos de producción agropecuaria (Suarez Olivera.).

Durante muchos años, y antes de que la Revolución Industrial marcara para siempre a la humanidad, la industria primitiva no se constituía como un factor importante de deterioro ambiental. Las primeras industrias utilizaban el carbón como único energético y aunque provocaban grandes cantidades de gases, estas cantidades eran tan modestas que no impactaban el medio ambiente; igualmente, los procesos tradicionales de producción y explotación del suelo y subsuelo, permitían la renovación y conservación "natural" de los mismos, ya que tales procesos eran extremadamente rudimentarios, y no provocaban devastación ni aniquilamiento de los recursos (“La revolución industrial y el deterioro ambiental.,” 2010).

1.1.1. La Revolución Industrial y el Deterioro Ambiental.

Hace aproximadamente 250 años, la mayoría de la gente hacía su propia ropa y otras cosas que necesitaba, como jabón o muebles o simplemente las casas en donde vivían. Luego, en el año de 1750 una revolución tuvo lugar. No fue una revolución violenta, fue una revolución en la que cambió la forma en que las cosas eran hechas; pero cambió al mundo para siempre. En lugar de que la gente hiciera sus propias cosas, las cosas se hacían con máquinas en fábricas. A esta revolución se le llamó la Revolución Industrial.

La Revolución Industrial se inició en Inglaterra y se dio gracias a 4 razones principales:

- Inglaterra tenía mucha gente que podía trabajar en las nuevas fábricas.
- No había guerras en Inglaterra. Las personas tenían tiempo de sobra para hacer máquinas y utilizarlas.
- Inglaterra tenía carbón y hierro, el combustible necesario para correr las fábricas.
- Inglaterra tenía gente rica, que usaba su dinero para construir fábricas.

Una vez llegada la Revolución Industrial, los nuevos mecanismos y formas de producción, aunado a la explotación intensiva y sistemática de los recursos naturales, se fue generalizando y extendiendo de manera incontrolada, sin prever las consecuencias irreparables de la indiferencia ambiental. Los procesos de industrialización no sólo fueron en aumento, sino que estos fueron concebidos de forma irracional, dando como resultado la grave problemática ambiental que hoy día nos invade.

Desde 1789 con el inicio de la Revolución Industrial, fueron más de 150 años de Indiferencia Ecológica. La "violencia ecológica" que se desató desde 1789 fue enorme, y en poco o nada se intentó evitar o por lo menos controlarla. Fueron más de 150 años de depredación irracional e inmisericorde de la tierra en favor de un modelo de crecimiento sostenido pero no sustentable que iba poco a poco atentando contra la propia humanidad ("La revolución industrial y el deterioro ambiental.," 2010).

La Revolución Industrial, trajo consigo el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles, así como la explotación intensiva de los recursos minerales de la

Tierra. Fue con la Revolución Industrial cuando los seres humanos empezaron realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera y la calidad de su agua. Hoy, la demanda sin precedentes a la que el rápido crecimiento de la población humana y el desarrollo tecnológico someten al medio ambiente está produciendo un declive cada vez más acelerado en la calidad de éste y en su capacidad para sustentar la vida (Tablero, 2010).

1.1.2. La contaminación en la actualidad.

La degradación del medio ambiente debida a la actitud adoptada por los humanos hacia la naturaleza durante el último siglo, en el sentido de que en su actuación tenía licencia para explotar los recursos naturales con una total indiferencia ante todo lo que no repercutiera en beneficio directo del hombre, ha dado lugar a uno de los problemas capitales que la Humanidad tiene planteados en la actualidad, la *contaminación* (“La Contaminación Atmosférica,” 2010).

Nuestro modelo de vida supone un gasto de recursos naturales y energéticos cada vez más creciente e insostenible. Las formas industriales de producción y consumo masivos que lo hacen posible suponen a medio plazo la destrucción del planeta. Algunos efectos de la crisis ecológica ya están claramente perceptibles: aumento de las temperaturas, agujero en la capa de ozono, desertificación, acumulación de residuos radiactivos, extensión de enfermedades como el cáncer o la malaria, insalubridad del agua dulce, inseguridad alimentaría, agotamiento de los recursos renovables y no renovables, etc. El despilfarro de unas sociedades repercute directamente en la pobreza de otras y contribuye al deterioro ambiental general. Es sabido que con sólo el 23% de la población mundial, los países industrializados consumen el 80% de la producción mundial de energía comercial, el 79% del acero, el 85% del papel y el 86% de los metales no ferrosos.

Las empresas transnacionales promueven un desmesurado crecimiento del transporte de mercancías a grandes distancias -causando enormes emisiones de CO₂, la construcción de infraestructura de transporte y una mayor dependencia de la extracción de recursos petrolíferos. El aumento generalizado de las demandas de transporte es

preciso satisfacerla con grandes infraestructuras que permitan un funcionamiento fluido de la economía mundial y, al mismo tiempo, incentiva los procesos de urbanización y extensión de la movilidad motorizada. En paralelo con el intenso crecimiento de población, se aceleran los procesos de concentración urbana, particularmente en los países del Sur donde el 90% del crecimiento poblacional tendrá un carácter urbano. La población urbana mundial pasará de 2.000 millones en 1985 a 5.100 millones en el 2025.

Hay que tener en cuenta que los límites de los recursos naturales (petróleo, madera, minerales, biodiversidad, etc.) indican que el actual modo de vida es insostenible. El consumo en constante expansión somete a tensión al medio ambiente, con emisiones y derroches que contaminan la tierra y destruyen los ecosistemas. Se produce un agotamiento y la degradación en aumento de los recursos: la quema de combustibles fósiles se ha casi quintuplicado desde 1950; el consumo de agua dulce se ha casi duplicado desde 1960; la captura marina se ha cuadruplicado; el consumo de madera es ahora 40% superior a lo que era hace 25 años. Entre 1960 y 1998 mientras la población mundial se ha duplicado, las emisiones de CO₂ por tres, el consumo de fertilizantes por cinco y la producción de energía por seis. Además, este nivel de consumo no repercute sólo en la naturaleza, sino también en la mayor parte de las personas de este planeta, puesto que sufren directamente los efectos de este irracional modelo de vida. Los países empobrecidos no son los mayores causantes de esta crisis ambiental pese a ser lugares donde se producen buena parte de los efectos que a su vez generan importantes flujos migratorios (“Contaminación ambiental en la actualidad,” 2005).

1.1.3. Ciudades con mayor contaminación en el mundo

Sus consecuencias afectan a alrededor de mil millones de habitantes en todo el planeta, según el Instituto Blacksmith, una asociación que lucha para solventar los problemas provocados por la contaminación y que ha elaborado una lista con los diez lugares más contaminados del mundo. Los niños son los más afectados y en algunos lugares la esperanza de vida no supera los 40 años.

Los lugares han sido escogidos por expertos medioambientales y especialistas de universidades como Harvard o Idaho.

Según el instituto, Chernobyl, donde la explosión de un reactor de una central nuclear liberó, hace veinte años, unas 500 veces más radiación que la bomba atómica en Hiroshima, es la ciudad con más contaminación del mundo. Otros nueve lugares, repartidos por todo el planeta, completan la lista:

1. **Chernobyl (Ucrania).** Se produjo el 26 de abril de 1986 en Chernobyl (Ucrania) la peor catástrofe de la industrialización, con las explosiones radioactivas de la central nuclear. Su aire contiene uranio, plutonio y otros metales, así como partículas de radioactividad desde que tuvo lugar la catástrofe nuclear. Se cree que unas 5.5 millones de personas en Bielorusia, Ucrania y Rusia están afectadas por esta central. Todavía se mantiene la zona de exclusión, alrededor de la planta, de 30 km de extensión. El cáncer de tiroides que provoca el iodo radioactivo, es habitual en niños y adolescentes de la zona. Desde 2002 se han detectado unos 4000 casos y se cree que es por la presencia de iodo radioactivo en la leche, componente que ha ingresado en toda la cadena de alimentos de la zona. La exportación de prácticamente todos los productos alimenticios de Chernobyl están prohibidos en todo el mundo.

Semanas después de la explosión comenzaron a detectarse partículas de polvo radioactivo en Suecia, a 1100 km de Chernobyl. En 2006, a 20 años del accidente, se ha observado un incremento medio del 40% de tumores sólidos en Bielorrusia, con los aumentos más destacados en las regiones más contaminadas. Se han detectado en la región el aumento de cáncer, leucemias, enfermedades intestinales, del sistema endocrino, suicidios y muertes violentas entre los habitantes. Un informe de la prestigiosa revista Nature, afirma "es bien sabido que la radiación puede dañar genes y cromosomas"; "la relación entre cambios genéticos y el desarrollo de futuras enfermedades es complejo, y la relevancia de tal daño respecto al riesgo futuro a menudo es poco clara". Estudios realizados en Bielorrusia sugieren un aumento de más del 100% de mutaciones cromosómicas (en los habitantes de Chernobyl) de las células que forman los óvulos y espermatozoides (llamadas líneas germinales).

2. **Dzerzhinsk (Rusia).** Afecta a unas 300.000 personas. Las fábricas de armamento de los tiempos de la 'Guerra Fría' han dejado su estela en forma de gases y productos químicos orgánicos altamente tóxicos. En Dzerzhinsk se fabricaba gas mostaza y gas sarin. La esperanza de vida para los hombres es de 47 años y para las mujeres de 42. Alrededor de 190 químicos diferentes fueron liberados a las aguas subterráneas. Según la agencia medioambiental local, entre 1930-1998, casi 300.000 toneladas de desperdicios químicos fueron arrojados negligentemente en la ciudad. Si bien no hay fábricas de armamento en la actualidad, otras fábricas donde trabaja la mayor parte de la población siguen eliminando sus desperdicios al medio ambiente. Según el Instituto Blacksmith en el cementerio de la ciudad sólo hay fallecidos menores de 40 años.

3. **Haina (República Dominicana).** Los restos de una planta de reciclaje de baterías de vehículos, ya clausurada, afectan todavía a una población de 85.000 habitantes. Cuando cerró la fábrica en 1997, se le hicieron exámenes a unos 200 niños del lugar y todos tenían altísimas concentraciones de plomo en la sangre con peligro de daño neuronal permanente. Un estudio realizado por la Universidad de Santo Domingo, destacó que en los habitantes de la zona proliferaban las deformaciones de nacimiento, daño ocular, desórdenes de aprendizaje y personalidad y en algunos casos muerte por envenenamiento con plomo por la actividad de la fábrica.

4. **Zabwe (Zambia).** Los niños de la segunda ciudad más grande de Zambia registran en su sangre los efectos de un área con altísimos niveles de contaminación debido a las numerosas industrias que la pueblan y de las explotaciones de cobre. Se calcula que la contaminación en esta ciudad afecta a unas.

5. **La Oroya (Perú).** Desde 1922, adultos y niños de esta ciudad minera están expuestos a las emisiones nocivas de una planta de fundición. La planta actualmente propiedad de la Doe Run Corporation (EE.UU.) es responsable de altos niveles de plomo en la sangre encontrado en niños de esa comunidad. También se han encontrado en la zona altas concentraciones de dióxido de azufre, por lo cual la vegetación cercana a la planta ya no existe. En 2004, la planta ha pedido una extensión

de la concesión al gobierno del Perú por cuatro años, la cual le ha sido concedida.

6. **Linfen (China)**. Su aire registra óxido de carbono, arsénico y plomo en dosis alarmantes. La ciudad es la principal meca de la industria de carbón del país. Los hospitales locales ven en aumento los casos de bronquitis, neumonía y cáncer de pulmón. También hay altos índices de plomo en sangre, en los niños chinos de la provincia de Shanxi, donde se encuentra la ciudad.

7. **Mailuu-Suu (Kirziguistán)**. La mina de uranio que alberga la ciudad deja a sus habitantes materiales de desecho con un alto nivel de radioactividad.

8. **Norilsk (Rusia)**. Dióxido de sulfuro y partículas de metales pesados como níquel o cobalto contaminan el aire que respiran 134.000 personas. El aire, dicen los visitantes, huele a sulfuro.

9. **Ranipet (India)** (Foto niño). Las plantas químicas que pueblan la ciudad han dejado alrededor de un millón y medio de toneladas de residuos durante dos décadas. La esperanza de vida de los adultos apenas alcanza los 40 años.

10. **Rudnaya Pristan (Rusia)** Sus habitantes padecen intoxicaciones frecuentes por partículas de plomo que proceden de diferentes minas (“Las 10 ciudades con mayor contaminación del mundo,” 2008).

1.2. Leyes generales sobre medio ambiente en América y

Países de habla Inglesa del Caribe.

Países de habla Inglesa del Caribe

- St.K.Nevis: Ley de Conservación y Protección (reformada, 1996).
- Jamaica: Ley de Conservación de los Recursos Naturales.
- Belice: Ley de Protección Ambiental.
- Trinidad y Tobago: Ley de Gestión Ambiental (sustituida, 2000).
- Guyana: Ley de Protección Ambiental.
- Santa Lucía: Ley de Autoridad Nacional de Conservación.

Países de Latinoamérica.

- Colombia: Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Venezuela: Ley Orgánica del Ambiente.
- Ecuador: Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.
- Brasil: Ley número 638 que dispone sobre Política Nacional del Medio Ambiente; sus afines y mecanismos de formulación y aplicación y establece otras providencias.
- Guatemala: Ley para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.
- México: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (que sustituyó a la Ley Federal de Protección del Medio Ambiente de 1982).
- Perú: Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
- Bolivia: Ley General del Medio Ambiente.
- Chile: Ley núm. 19300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- República Dominicana: Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Nicaragua: Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
- Uruguay: Ley General de Protección Ambiental.
- Al examinar el desarrollo legal de la región, se evidencia un exceso de normas y una falta de capacidad para hacerlas cumplir. De alguna manera los países de América Latina se caracterizan por su inclinación a resolver sus problemas a través de artilugios formalistas, reformas legales e institucionales, y por su incapacidad para discernir las limitaciones de tal aproximación. En el tema ambiental, el reto no es expedir más normas sino poner en marcha las existentes (Suarez Olivera.).

Legislación vigente en Cuba.

En Cuba se plantea la legislación a partir de decretos, circulares e indicaciones basados en la ley 81 Protección del Medio Ambiente y el Uso de los Recursos Naturales de 1997.

Este documento plantea que Cuba presta especial atención a la protección del medio ambiente en el contexto de una política de desarrollo consagrada en la obra revolucionaria iniciada en 1959, como expresión de lo cual, el Artículo 27 de la Constitución de la República postula que:

"El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política.

Es deber de los ciudadanos contribuir al a protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza"

En este sentido es que se motiva la utilización de la Evaluación del Impacto Ambiental en las empresas cubanas (Suarez Olivera., n.d.)

1.3. Evaluación del Impacto Ambiental.

La evaluación del impacto ambiental es un instrumento de política ambiental que tiene como finalidad diseñar las estrategias jurídicas para la regulación de las actividades productivas privadas o públicas sobre lo sistemas ambientales terrestres y marinos, mismas que quedaron establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. El cumplimiento de dichas figuras jurídicas, requieren del soporte teórico práctico donde la evaluación del impacto ambiental tiene como objetivo identificar, evaluar y proponer medidas de prevención y o regulación de los cambios que pueda sufrir un sistema ambiental particular en su estructura, composición y función (agua, suelo, biodiversidad, aire, social, entre los más importantes), por causas de tipo natural o antrópico.

En la literatura especializada en evaluación del impacto ambiental Canter (1999), Bojorquez (1998), Conesa (1997), Rau, (1980) entre otros, nos han proporcionado gran

cantidad de información con respecto a métodos de identificación y evaluación del impacto ambiental de manera general o particular y ser aplicada en una actividad específica, no obstante esta no es suficiente para decidir cual se ajusta más a las características de un país (Jimenez Cruz, 2002).

La evaluación del impacto ambiental de un proceso puede ser vista como un problema de decisión que involucra dos niveles: índices de inspección del proceso e indicadores de desempeño ambiental en cuanto a las especies químicas. Siendo la base de los índices de inspección del proceso e indicadores de desempeño ambiental ofrecen suficiente flexibilidad para considerar el destino de todos los componentes involucrados y sus posteriores impactos. Dichos impactos están enmarcados en un grupo de categorías, es decir, los índices de desempeño ambiental muestran el impacto con que contribuye el proceso de una determinada categoría (“Evaluación del impacto ambiental del proceso de obtención de alcohol carburante utilizando el algoritmo de reducción de residuos,” 2006).

Diferentes autores han propuesto la medición de varias categorías de impacto como se puede observar en la tabla 1.1

Categoría de Impacto	David & Klncald et al., 1993	Stefanis et al., 1996	Cabezas et al., 1997	Young & Cabezas, 1999	SETAC Barbara et al., 1995
Consumo de energía				✓	
Consumo de recursos					✓
Efecto invernadero	✓	✓	✓	✓	✓
Deterioro de la capa de ozono	✓	✓	✓	✓	✓
Acidificación			✓	✓	
Eutrofización (terrestre y acuática)					✓
Smog fotoquímico		✓	✓	✓	
Toxicidad humana	✓	✓	✓	✓	✓
Ecotoxicidad (terrestre y acuática)	✓	✓	✓	✓	✓

Área usada y diversidad de especies					✓
Olor					✓
Ruido					✓

Tabla 1.1: Categorías de Impacto más generales reportadas en la literatura Fuente: Y.Yang, L.

1.3.1. Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Objetivo:

Enmarcar las actividades humanas en la política ambiental que apoya un desarrollo sostenible, sobre la base de que:

- Las acciones sean ambientalmente satisfactorias
- Las consecuencias ambientales positivas y negativas se detecten en la etapa inicial de las acciones humanas
- La prevención/mitigación/compensación de las consecuencias negativas de las acciones, sea un elemento central en el manejo ambiental.

Medios:

- Calificar si las acciones humanas son compatibles con los mandatos establecidos en las políticas y en la legislación ambiental
- Disponer de un procedimiento único, informado, ordenado y transparente, especialmente diseñado para revisar y calificar impactos ambientales
- Realizar estudios preventivos para identificar, predecir y evaluar impactos negativos y positivos

Etapas funcionales de un sistema de EIA

Un proceso de evaluación de impacto ambiental se expresa en una secuencia lógica de pasos, que se constituyen en elementos claves al momento de ser aplicados a las acciones humanas que interesa evaluar para resguardar el cumplimiento de los objetivos ambientales. La eliminación o poca consistencia de alguna etapa podría traducirse en un análisis incompleto y, en definitiva, en una deficiente evaluación ambiental de la acción humana.

Entre otros, algunos de los componentes básicos para la operatividad de un proceso de evaluación de impacto ambiental son los siguientes: a) la definición de políticas, b) las

bases legales y reglamentarias, c) el procedimiento administrativo, d) el estudio de impacto ambiental, e) la decisión o pronunciamiento, f) el seguimiento, g) los sistemas de información, y h) las guías metodológicas.

En el **anexo 1.1** se presenta el esquema teórico de cómo se expresaría un proceso de EIA en un nivel operativo. En esta figura se identifican las etapas cruciales para el funcionamiento del sistema, las que pueden señalarse como de: i) identificación y clasificación, ii) preparación y análisis, iii) calificación y decisión, y iv) seguimiento y control. Ellas, en su conjunto, contienen los distintos requisitos para los diferentes actores involucrados.

Etapas I: Identificación y clasificación ambiental

En esta etapa se define la necesidad de una evaluación de impacto ambiental y el tipo de categoría ambiental requerida. Se usa una evaluación preliminar basada en la siguiente información:

- a) Descripción del proyecto en sus aspectos relevantes y pertinentes al estudio, incluyendo la legislación ambiental aplicable.
- b) Descripción del área de influencia con la definición del área involucrada y la descripción, en forma general, del medio ambiente relacionado con el proyecto.
- c) Medidas de mitigación posibles de utilizar para darle sostenibilidad al proyecto.

Esta etapa permite obtener los siguientes antecedentes:

- La identificación de la categoría ambiental necesaria para el proyecto, justificándola con observaciones claras, breves y concisas.
- El nivel y cobertura de los estudios requeridos si corresponde, enfocado en los impactos reales que surgen de las características del proyecto y de las condiciones ambientales existentes en el entorno.
- La necesidad de incorporarse a procesos formales.

La importancia de esta etapa radica en que es en ella donde se determina si la acción propuesta presenta impactos ambientales potenciales significativos de carácter negativo y positivo. En algunas oportunidades se hace una proposición de clasificación que tiene carácter formal por parte de la autoridad revisora, la cual, haciendo uso de las

atribuciones e instancias de consulta correspondientes, otorga su autorización para continuar con estudios de mayor detalle.

De este modo, el aspecto clave de la etapa –y que determina la eficacia del sistema de EIA– es la correcta consideración tanto del nivel de estudio requerido como de su cobertura. Por un lado, esto garantiza la prevención de los impactos ambientales adversos y, por otro, se minimizan los riesgos de dejar fuera aquellos aspectos de relevancia ambiental y sin su posterior consideración en la elaboración de los estudios correspondientes.

Etapas II: Preparación y análisis

Esta etapa corresponde a la aplicación concreta del alcance del estudio definido para un proyecto determinado. Aquí se revisan los impactos significativos, previamente identificados en la evaluación preliminar, especialmente aquellos de carácter negativo, y se establecen sus respectivas medidas de mitigación y compensación. Su importancia radica en el análisis detallado de los impactos ambientales, aspecto fundamental para la posterior revisión y definición de requisitos de mitigación, seguimiento y control.

Además de describir la acción propuesta y la línea de base ambiental del área de influencia, se elabora el plan de manejo ambiental, se propone el seguimiento y control y se articula la participación ciudadana.

A. Descripción del ambiente. Se trata de analizar las condiciones ambientales, que pueden ser afectadas por la acción humana, al nivel de detalle deseado. Se requiere, entonces, conocer exactamente los componentes involucrados al interior del territorio afectado, o área de influencia de la acción, el que se define como la zona donde ocurren los impactos y se efectúan acciones de mitigación y seguimiento. La información debe mostrar claramente las características de las variables ambientales a afectarse y ser la base a partir de la cual se evalúan los eventuales impactos. Si la información disponible no caracteriza el ambiente afectado o no entrega elementos para evaluar los impactos e implementar las medidas de mitigación y seguimiento, entonces no amerita ser incluida en el análisis.

B. Pronóstico y análisis de impactos ambientales. Este análisis se realiza sobre la base de revisar el carácter significativo de los impactos, poniendo especial atención en aquellos que presentan un nivel crítico o irreversible. Con estos fines se utilizan metodologías estructuradas que permiten predecir el comportamiento de los distintos tipos de impactos que puedan presentarse. Por ejemplo, se analizan los impactos: a) positivos y negativos, b) primarios e inducidos, c) de corto y largo plazo, y d) acumulativos. Una vez conocidos y evaluados los impactos se valoran y jerarquizan para seleccionar las medidas de mitigación, preparar el plan de manejo ambiental y tomar decisiones en relación a sus ventajas y desventajas desde el punto de vista ambiental.

C. Plan de manejo ambiental. En gran medida el cumplimiento de los programas de protección ambiental depende de las medidas de mitigación y compensación de los impactos significativos. Estas, en definitiva, son las que hacen viables las acciones humanas desde el punto de vista del medio ambiente.

Entre las medidas de mitigación que se pueden considerar, están las siguientes:

- Evitar el impacto por no ejecución de la acción
- Disminuir el impacto al limitar su magnitud
- Rectificar el impacto al restaurar o rehabilitar el ambiente
- Eliminar el impacto con acciones de protección y mantenimiento

La mitigación es un proceso continuo durante el proceso de evaluación de impacto ambiental, aplicado con la idea de disminuir o evitar los impactos significativos. Se inicia desde que se identifica y ajusta la acción, en la fase de diseño.

En caso de que las medidas de mitigación no sean suficientes para disminuir los impactos ambientales, se consideran los mecanismos de compensación. Estos se destinan a la creación de ambientes similares a los afectados o al apoyo de programas de protección ambiental. En ningún caso la compensación transa recursos ambientales por elementos distintos como dinero, becas o empleos; sólo se compensa reponiendo lo impactado ambientalmente por una situación similar.

Dependiendo del tipo de análisis ambiental, en esta etapa se debe contar con: la descripción de la acción propuesta y la línea de base ambiental del área de influencia; la identificación, medición, valoración y jerarquización de los impactos ambientales generados por la acción; y finalmente, con la definición del plan de manejo ambiental, incluyendo el programa de seguimiento y control, y el plan de participación ciudadana.

Etapa III: Calificación y decisión

Esta etapa corresponde a la revisión formal, por parte de la autoridad, de los estudios de impacto ambiental. Se busca verificar la adecuación y pertinencia de las medidas propuestas para el manejo de los impactos negativos significativos derivados de las acciones específicas. La revisión se enfoca en calificar la calidad del documento para saber si efectivamente cumple con: a) los aspectos formales y administrativos; b) los requisitos de calidad técnica mínima; y c) la sostenibilidad ambiental del proyecto.

La importancia de esta etapa radica en el carácter decisorio ya que se determina la aprobación, rechazo o solicitud de modificaciones a los estudios. Se determina en gran medida la efectividad del proceso de EIA y la conveniencia de la adopción de las medidas de mitigación y seguimiento contempladas en los estudios respectivos. Se busca asegurar que las acciones se ejecutarán en forma ambientalmente adecuada.

Durante el proceso de revisión se verifican los potenciales riesgos, daños y beneficios ambientales que se derivan de una acción humana. Se analizan los antecedentes incorporados en el estudio de impacto ambiental, el que debe incluir todos los aspectos relevantes sobre las características de la acción propuesta y las implicaciones ambientales que ella acarrea.

Etapa IV: Seguimiento y control

Esta etapa corresponde a la verificación de la ejecución del plan de manejo ambiental en la fase de implementación posterior de cada proyecto. Se establece si efectivamente las acciones se encuentran acordes con los criterios de protección ambiental que rigen el proceso de EIA, con el área de influencia reconocida y con la normativa ambiental vigente.

La importancia de esta etapa radica fundamentalmente en el aseguramiento de que tanto la acción y todas las actividades asociadas a ella, así como las medidas de

mitigación comprometidas y los mecanismos de seguimiento y control establecidos, den cuenta satisfactoriamente de la protección del medio ambiente. En esta etapa se verifica la eficacia del análisis ambiental y se regula el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el responsable de la acción.

Para ello se contemplan al menos tres tipos de acciones: i) fiscalización por las autoridades; ii) denuncias de la comunidad; y iii) seguimiento de las propuestas del plan de manejo ambiental.

El proceso de evaluación de impacto ambiental significa, en definitiva, que se mantiene una relación permanente con la acción humana a emprender, desde su fase de diseño hasta la etapa de abandono. Desde el momento en que se inicia la etapa de construcción y sobre todo durante la operación y el abandono, debe vigilarse permanentemente el cumplimiento de las medidas de protección ambiental. La idea es mantener una vinculación con la acción, para conocer su relación con el medio ambiente.

Entre las acciones de seguimiento que comúnmente se han utilizado, se encuentran:

- a) Monitoreo de calidad de agua, aire, suelo y generación de residuos.
- b) Muestreos de flora y fauna usados como bioindicadores.
- c) Informes sobre situación ambiental del proyecto y evolución del plan de cumplimiento de las medidas de protección.
- d) Informes sobre evolución de aspectos socioculturales.
- e) Estudios ambientales complementarios si así se ameritan (Espinosa, 2001).

1.4. Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se considera un método fiable para evaluar las interrelaciones entre los sistemas de producción, productos o servicios y el medio ambiente. Sus resultados, entre otras funciones, sirven como apoyo al desarrollo de productos considerados medioambientalmente correctos (de Carvallo, 2001).

En el concepto de desempeño ambiental del producto se encuadran temas tales como su diseño, los procesos de fabricación, los medios de transporte, el tipo de energía necesaria en las distintas etapas de su ciclo de vida, las recomendaciones para su uso y la forma y el momento para su disposición final, si es que antes no se le recicla o

reúsa. En la medida en que, por la aplicación del ACV, se identifiquen oportunidades de mejora y se implementen efectivamente en el producto, también se habrá logrado una mejora en el desempeño ambiental de ese producto.

El análisis del ciclo de vida se define como la herramienta adecuada para “la recopilación y valoración de las entradas (materia y energía), salidas (productos, emisiones y residuos) e impactos potenciales de un sistema de producción o servicio a lo largo de su ciclo de vida” (“Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura”, NC-ISO 14 040: 1999,” 1999).

1.4.1. Conceptos de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Definición de ACV provista por la SETAC (1993):

“Es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final” (“Contaminación ambiental en la actualidad,” 2005).

El ACV es una técnica para evaluar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados con un producto, mediante: la recopilación de un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema producto; la evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados con estas entradas y salidas; la interpretación de los resultados de las fases del análisis del inventario y evaluación del impacto de acuerdo con los objetivos del estudio (“Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura”, NC-ISO 14 040: 1999,” 1999).

El análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto (Romero Rodríguez , 2002).

La metodología de análisis del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés) es una herramienta de análisis sistemático que considera los impactos ambientales de productos o servicios y provee una estructura de referencia para el desarrollo de índices de inspección, especialmente en la extensión de las fronteras del sistema hacia las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto (Montoya R, 2006).

Proceso para evaluar las descargas ambientales asociadas con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando los materiales y la energía utilizada y los residuos liberados al ambiente; para evaluar el impacto del uso de esos materiales y energía y de las descargas al ambiente; y para identificar y evaluar oportunidades para efectuar mejoras ambientales (Sánchez, 2007).

1.4.2. Origen y evolución del ACV

El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa. Si bien el primer ACV fue realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Los estudios continuaron durante los años setenta, y grupos como Franklin Associates Ltd. Junto con la MRI realizaron más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía.

Entre 1970 y 1974, la Environmental Protection Agency (EPA) realizó nueve estudios de envases para bebidas. Los resultados sugirieron no utilizar el ACV en cualquier estudio, especialmente para empresas pequeñas, ya que involucra costos altos, consume mucho tiempo e involucra micro-manejo en empresas privadas (“Guía Metodológica Estudio de Ciclo de Vida,” 2001).

En Europa, estudios similares se realizaron en la década de los sesenta. En Gran Bretaña, Lan Boustead realizó un análisis de la energía consumida en la fabricación de envases (de vidrio, plástico, acero y aluminio) de bebidas. Pero fue a partir de los años ochenta cuando la aplicación del ACV se incrementó.

En esta misma década fue cuando se desarrollaron dos cambios importantes: primero, los métodos para cuantificar el impacto del producto en distintas categorías de problemas ambientales (tal como el calentamiento global y agotamiento de los recursos); y segundo, los estudios de ACV comenzaron a estar disponibles para uso público.

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) es la principal organización que ha desarrollado y liderado las discusiones científicas acerca del ACV. En 1993, formuló el primer código internacional: Código de prácticas para el ACV (Code of Practice for Life Cycle Assessment), con el fin de homogeneizar los diversos estudios realizados para que siguieran una misma metodología. Esto impulsó el inicio de desarrollos masivos de ACV en diversas áreas de interés mundial, pues se realizaron conferencias, talleres y políticas sobre ACV.

Posteriormente, la ISO apoyó este desarrollo para establecer una estructura de trabajo, uniformizar métodos, procedimientos, y terminologías, debido a que cada vez se agregaban nuevas etapas, se creaban metodologías, índices, programas computacionales dedicados a realizar ACV en plantas industriales, etc. Después de treinta años el ACV ha tenido un avance impresionante, sin embargo, se reconoce que la técnica está en una etapa temprana de su desarrollo. Muchos ACV realizados han sido parciales (sólo se ha practicado la fase de inventario) y aplicados mayoritariamente al sector de envases (aproximadamente un 50%), seguidos de los de la industria química y del plástico, los materiales de construcción y sistemas energéticos, y otros menores como los de pañales, residuos, etc (Sáenz de Buruaga & Jaime Mayté, 1996). Sólo en los últimos años se ha podido introducir la fase de evaluación de impacto en los estudios realizados (ver Figura 1.1).

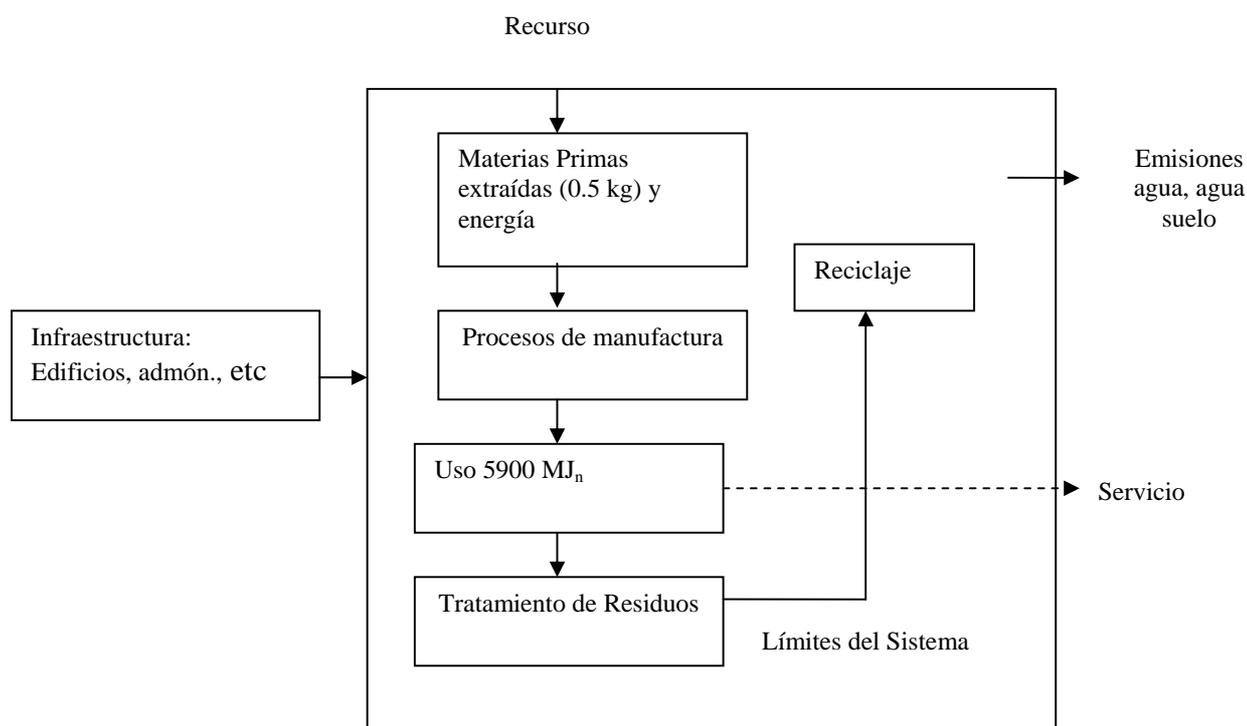


Fig 1.1: Ejemplo de la definición de los límites del sistema. Criterio: todos los procesos > de 2 % Fuente: CNMP, 2001 “Análisis de Ciclo de Vida (ACV)”

La norma ISO 14040:1997 establece que “el ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto, lo cual se efectúa recopilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”. La metodología considera una serie de fases de trabajo interrelacionadas, que siguen una secuencia más o menos definida, aunque en ocasiones es posible realizar un estudio no tan ambicioso obviando alguna fase. De acuerdo con la ISO 14040, el ACV consta de cuatro fases: definición de los objetivos y el alcance, análisis del inventario, evaluación del impacto e interpretación de resultados (ver Figura 1.2).

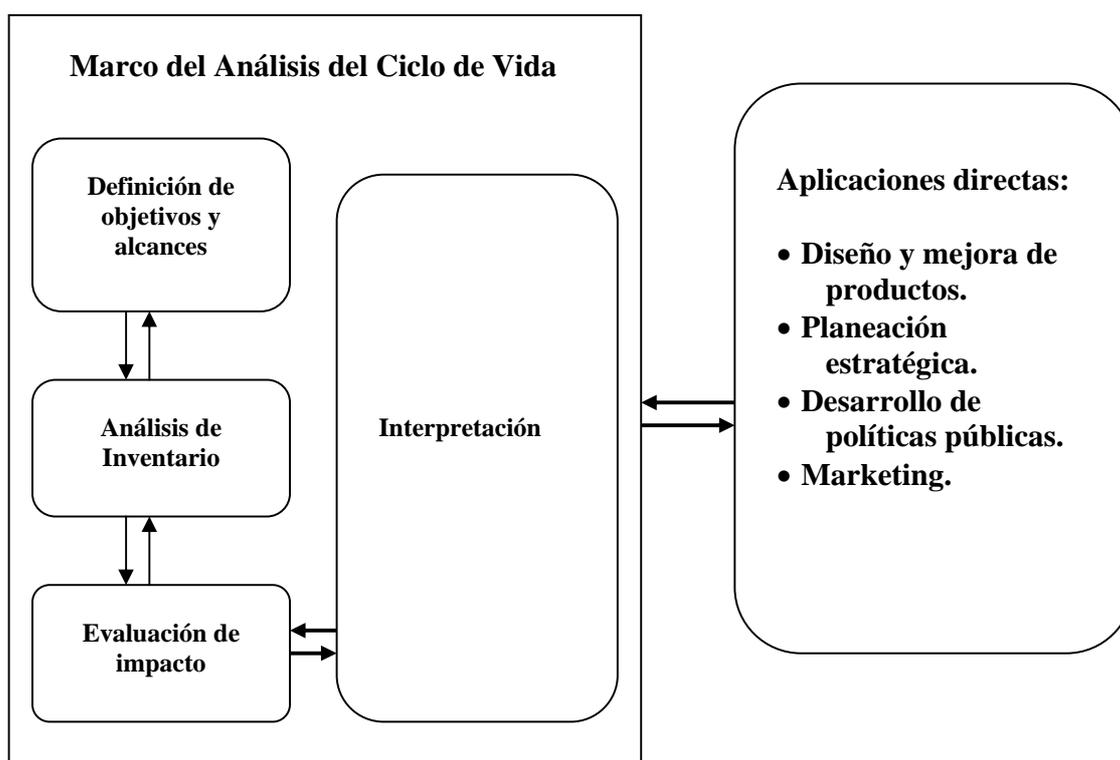


Fig 1.2: Fases de un ACV, de acuerdo con la serie de normas ISO 14040. Fuente: ISO 14040:1997(E).

Las fases activas o dinámicas, en las que se recopilan y evalúan los datos, son la segunda y la tercera. Las fases primera y cuarta pueden considerarse como fases estáticas. A partir de los resultados de una fase pueden reconsiderarse las hipótesis de la fase anterior y reconducirla hacia el camino que ofrezca el nuevo conocimiento adquirido. El ACV es, por lo tanto, un proceso que se retroalimenta y se enriquece a medida que se realiza.

1.4.3. Estructura del ACV.

La estructura del ACV se representa como una casa con cuatro habitaciones principales, que estarían representadas por las normas ISO14040, ISO14041, ISO14042 e ISO14043 (ver Figura 1.3). En la norma ISO14040, se establecen los fundamentos de la Evaluación del Ciclo de Vida, es decir, el marco metodológico, y se explica brevemente cada una de las fases, la preparación del informe y el proceso de revisión crítica. Mientras que en las tres normas restantes se explican en forma detallada cada una de las fases del ACV. Actualmente se encuentran en preparación la norma ISO/TR14047 (sobre ejemplos ilustrativos de cómo aplicar la norma ISO14042),

y la norma ISO14048 (sobre el formato para la documentación de datos para el ACV). Así como el reporte técnico ISO/TR14049 que versa sobre ejemplos ilustrativos de cómo aplicar la norma ISO14041 (Marsmann & Manfred, 2000)

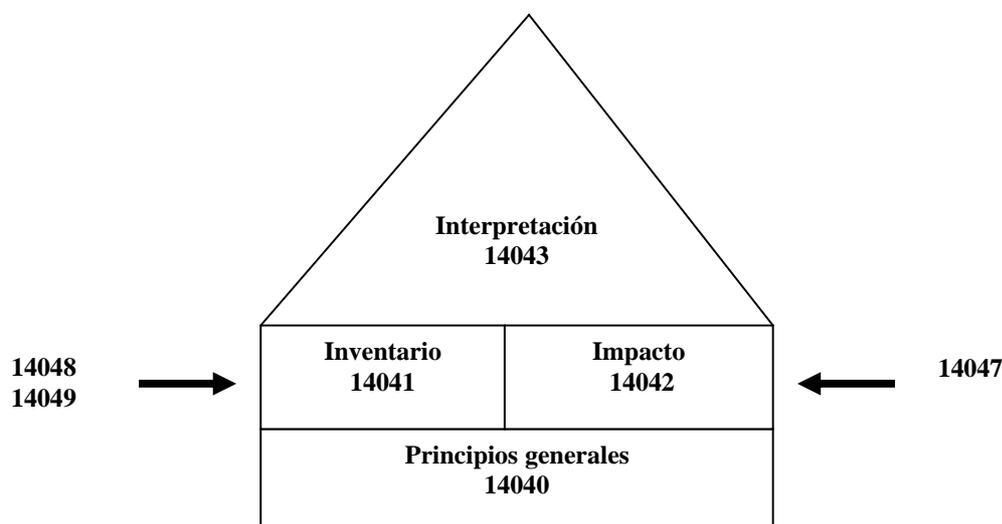


Fig 1.3: Estructura del ACV Fuente: “Análisis del Ciclo de Vida según las normas de la subserie IRAM-ISO 14040”

1.4.4. Ubicación del ACV dentro del marco de la gestión ambiental.

En el marco de la gestión ambiental internacional se han desarrollado diferentes conceptos que han tenido su origen en disciplinas profesionales específicas y que han evolucionado durante años de una manera independiente, con poca comunicación entre profesionales de las diferentes disciplinas. Entre los métodos conceptuales actuales, pueden destacarse cinco: ciclo de vida, ecodiseño, tecnología limpia, ecología industrial y gestión de la calidad ambiental total.

Los conceptos mencionados son métodos para alcanzar un objetivo común: el desarrollo sostenible. Contrariamente, las herramientas tienen un uso más concreto: dar soporte a un determinado concepto suministrándole información cuantificable para alcanzar ese objetivo. Las herramientas deben tener un procedimiento de uso sistemático y de ser posible informativo (Fullana, Pierre, & Rita Puig, 1997).

La principal función del ACV es la de brindar soporte para tomar las decisiones que se relacionan con productos o servicios; y más específicamente, la de conocer las posibles

consecuencias ambientales relacionadas con el uso de un producto o con la configuración y utilización de un servicio. Por supuesto, diferentes tipos de decisiones requieren diferentes herramientas de decisión. Por ejemplo, seleccionar un lugar idóneo para construir una determinada planta industrial es una decisión que se basa en los estudios de evaluación del impacto ambiental (EIA), mientras que para el diseño de ecoproductos se utiliza el ACV. Así pues, para ejecutar el primero, el objeto de estudio es un proyecto; para el ACV, se trata de un producto o servicio, por ejemplo, para la auditoría ambiental (AA), generalmente es una empresa o planta industrial.

En la Tabla 1.2 se presentan algunas diferencias generales entre esas tres herramientas de gestión ambiental, que quizá sean las más conocidas; sin embargo existen multitud de otras técnicas. A medida que estas técnicas se van desarrollando, aumentan su alcance y su profundidad (buscando la meta común del desarrollo sostenible en sus vertientes ambiental, social y económica), lo que provoca que unos y otros se empaten e interaccionen, tanto en sus objetivos como en los datos que utilizan. Por ejemplo, el concepto de ciclo de vida está incorporándose a todas las herramientas de gestión ambiental y, respecto a los datos, el ACV como herramienta está utilizando datos surgidos de auditorías ambientales.

Método	Objeto	Objetivo	Proceso
ACV	Producto	Evaluación y mejora del Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Inventario• Evaluación de impacto• Acciones
AA	Empresa o instalación	Adaptación a una norma ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Análisis situacional• Puntos débiles• Propuestas.
EIA	Proyecto	Decisión sobre un proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Evaluación de impacto ambiental y social.• Medidas correctivas• Necesidad del proyecto.

Tabla 1. 2: Comparación del ACV con dos de las herramientas de gestión ambiental más conocidas: auditoría ambiental (AA) y estudios de impacto ambiental (EIA) Fuente: El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental

1.4.5. Beneficios del ACV.

Las organizaciones consideran benéfico conocer, con el mayor detalle posible, los efectos –aunque sean involuntarios– que sus productos, servicios o actividades podrían causar en el medio ambiente; en especial, los que provoquen impactos ambientales significativos adversos, para atender a las responsabilidades legales, sociales y políticas que ellos implican, además de las pérdidas económicas y de imagen empresarial.

El ACV, realizado de acuerdo con los procedimientos estipulados en la serie de normas ISO14040, es una herramienta de gestión ambiental que brinda una base sólida para que la dirección de una organización pueda tomar decisiones técnicas adecuadas con base en las cuestiones que podrían plantearse sobre el lanzamiento de un nuevo producto o la modificación de productos existentes, para hacerlos más eficientes en cuanto a su desempeño ambiental y que sigan realizando igualmente la función para la que fueron programados.

En el concepto de desempeño ambiental del producto se encuadran temas tales como su diseño, los procesos de fabricación, los medios de transporte, el tipo de energía necesaria en las distintas etapas de su ciclo de vida, las recomendaciones para su uso y la forma y el momento para su disposición final, si es que antes no se le recicla o reúsa. En la medida en que, por la aplicación del ACV, se identifiquen oportunidades de mejora y se implementen efectivamente en el producto, también se habrá logrado una mejora en el desempeño ambiental de ese producto.

En cuanto a los aspectos financieros, el ACV puede ser una ayuda útil para bajar los costos en la medida que el nuevo diseño y los nuevos procesos de fabricación, transporte y distribución, entre otros, promuevan una mayor eficiencia en la asignación y el empleo de materias primas, insumos y energía (Trama & Troiano, 2002).

El ACV es una poderosa herramienta de gestión ambiental que puede ser de suma utilidad para ayudar en la toma de decisiones por parte de quienes tienen a su cargo los destinos de las empresas, ya sea que se emplee sola o conjuntamente con otras herramientas tales como la evaluación del riesgo y la evaluación del impacto ambiental. Ciertamente, la legislación internacional en materia ambiental es una presión creciente para las empresas. Pero la presión no vendrá sólo de la legislación de cumplimiento obligatorio, también vendrá de la competencia ejercida por las empresas ambientalmente más proactivas, que tratan de aprovechar las oportunidades emergentes en la evolución del escenario ambiental.

El amplio abanico de las herramientas y normas voluntarias (por ejemplo: ecoetiquetado en la Unión Europea) tienen un notable potencial de incidencia en el mercado. No se debe olvidar tampoco la creciente presión social para la protección del medio ambiente y para algunos productos y empresas ambientalmente responsables. No se descarta el hecho de que, a corto plazo, el ACV será la base para evaluar aquellos productos que sean capaces de ingresar al comercio internacional, pues los países desarrollados no estarán dispuestos a financiar contaminación cuando ellos mismos están haciendo fuertes inversiones en este aspecto (Romero Rodríguez , 2002).

1.4.6. Aplicaciones del ACV.

El ACV no es la única herramienta para analizar la performance ambiental, pero el real valor de ACV es la articulación entre el criterio ambiental a través de todo el ciclo de vida y las estrategias de la empresa y planificación para alcanzar beneficios comerciales. El ACV puede proveer a una empresa valiosa información interna en el caso de evaluar un sistema productivo sobre la eficiencia del uso de los recursos y manejo de desperdicios, etc.; aunque no es apropiado por ejemplo, si quieren analizar las implicancias sobre el cliente acerca de efectos tóxicos sobre la salud. El ACV puede ayudar a la empresa a ganar ventajas competitivas a través del ahorro de costos, incrementar ganancias y mejorar la imagen (de la empresa o de un producto determinado) (“Contaminación ambiental en la actualidad,” 2005).

La información basada en el ciclo de vida puede tomar varias formas, desde el tradicional inventario del ciclo de vida (ICV) hasta la información del costo del ciclo de vida (CCV) o estudios específicos sobre el uso, utilización y manejo de un material particular a través de su ciclo de vida.

Por ejemplo, el ACV es una herramienta fundamental en la etapa de diseño de productos o servicios (“EcoDesign”) así como en los casos de Ecoetiquetado (“Ecolabelling”). Con respecto a este último, uno de los principales problemas relacionado con su implementación es que debe ser creíble y reconocido por la sociedad. Por ello necesita un procedimiento transparente, con estricta metodología científica y homologación internacional; esto lo provee un estándar ISO de ACV. Los estándares ISO para etiquetado Tipo I y III especifican el uso de ACV como una metodología viable.

En definitiva el ACV puede utilizarse en:

- Desarrollo de una nueva estrategia de negocio.
- Uso como herramienta para la toma de decisión de las compras de productos ambientales.
- Diseño de mejora de un producto o proceso.
- Definición de un criterio de (eco-labelling) etiqueta ambiental (Tipo I y III).
- Comunicación sobre los aspectos ambientales del producto.
- Rediseño de un servicio (“Análisis del Ciclo de Vida,” 2010).

1.4.7. La incertidumbre y la subjetividad en el ACV

A pesar de que el Análisis del Ciclo de Vida es una herramienta que se está desarrollando rápidamente, aún requiere de mucho trabajo para alcanzar el consenso y superar las limitaciones que ahora presenta, las cuales se relacionan principalmente con la incertidumbre y la subjetividad, debido a que:

1. Existen incertidumbres en:

- los datos usados para generar el inventario
- la metodología usada para analizar el inventario y para evaluar el impacto,

- la descripción del sistema en estudio, y en los datos usados como referencia para la normalización.
2. El pesaje involucra elementos ideológicos y valores éticos que no pueden determinarse objetivamente. A continuación se describen las situaciones que dan lugar a la presencia de incertidumbre.
- a) **En los datos:** Porque hay mucha variación entre las diferentes bases de datos, lo cual puede deberse a errores, a diferentes procedimientos de reparto o a diferentes niveles de tecnología, existentes en el mismo momento en el mismo país.
 - b) **En la metodología:** Hay dos ejemplos relevantes que generan incertidumbre: el marco de tiempo para vertederos y el reparto multi-entradas.
 - **El marco de tiempo para vertederos:** Porque las emisiones de los ciclos de vida, se deben integrar para un cierto período de tiempo, pero las emisiones de los vertederos se presentan por largos períodos de tiempo, a menudo miles de años.
 - Para hacer comparables las potenciales emisiones del vertedero con otras emisiones no hay acuerdo internacional para definir éste período. Por lo tanto, la elección de un período de tiempo pequeño (décadas o siglos) o un período largo pueden influenciar mucho los resultados.
 - El reparto multi-entradas. - Un ejemplo es la incineración de residuos municipales, que recibe una gran cantidad de productos y emite muchos contaminantes, por ejemplo dioxinas cloradas. Una pregunta interesante es ¿Cómo deberían repartirse las dioxinas entre los productos que entraron a incineración? Existen dos posiciones: a) repartir las dioxinas cloradas entre las residuos que entraron en relación a su contenido de cloro, o b) repartirlas entre los residuos que entraron pero considerando su valor calorífico o algo similar como el contenido de carbono.
 - c) En la descripción del sistema.- ¿Por qué los resultados dependen de los aspectos claves que rodean al sistema y qué son fuente de

incertidumbre?, por ejemplo: la cantidad de combustible utilizado por transporte privado para llevar materiales a centros de acopio de residuos.

- d) En los datos usados como referencia para la normalización.- Ya que no siempre existen inventarios de emisiones ni metas establecidas para las áreas y períodos de referencia.

A pesar de las limitaciones expuestas anteriormente, el Análisis del Ciclo de Vida constituye un marco objetivo y científicamente robusto, para el apoyo en la toma de decisiones ambientales (Díaz Peña, 2009).

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

En este capítulo se desarrolla una caracterización de la empresa de Cereales Cienfuegos y se estructura una metodología para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida de la producción de harina basada en las normas NC-ISO 14 040, NC-ISO 14 041, NC-ISO 14 042 y NC-ISO 14043.

2.1. Descripción del objeto de estudio

2.1. 1. Caracterización administrativa de la Empresa de Cereales Cienfuegos.

La empresa de Cereales Cienfuegos se encuentra localizada en Zona Industrial No. 2. Carretera de O'Bourke. Ciudad de Cienfuegos. La organización clasifica por sus características como una Empresa con personalidad jurídica propia, de subordinación nacional perteneciente a la Unión Molinera del MINAL. La Empresa de Cereales es la única de su tipo en la Región Central y una de las 5 de todo el país. Fue fundada en el año 1976. Desde su creación ha tenido como función abastecer de harina de trigo una amplia región del país, producto este obtenido a partir del procesamiento del trigo como cereal y empleado en la elaboración de alimentos así como la venta del subproducto de este proceso.

En el año 1976 se puso en marcha la línea de harina de maíz con una capacidad de 160 T/d (24 horas) de tecnología Italiana (Ocrim de Cremona). En este año se le denomina como Empresa Molino de Maíz de Cienfuegos. En el año 1982 el molino de maíz es transformado para molino de trigo con una capacidad de 100 T/d. En el año 1983 se comienza a construir una batería de silos con una capacidad total de 30 000 TM y con una capacidad de descarga portuaria de 150 T/d. En este mismo año toma el nombre de Empresa de Cereales Cienfuegos con el código No. 110.0.1603. Al año siguiente se acomete una nueva inversión de nuevos silos hasta llegar a 4 baterías con una capacidad de almacenamiento de 60 000 TM de cereales y 300 T/d de descarga portuaria.

Como toda empresa cubana tuvo un considerable descenso en los niveles de su producción durante los duros años del período especial, aunque alrededor de los años

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

1997 – 98 comenzó una rápida recuperación gracias al trabajo recíproco de la Dirección del Centro, con los factores y los trabajadores en general, lo cual la ubica en una situación muy favorable en cuanto a la producción. El proceso de Perfeccionamiento Empresarial comenzó en Cereales Cienfuegos en 2000.

A partir del año 2003 se realiza un nuevo proceso inversionista donde se introduce tecnología de punta con producciones más limpias de harina a partir del cambio tecnológico del Molino No. 1 con la firma italiana GBS con solo dos líneas que aumenta la capacidad y efectividad a 350 T/d.

Misión.

Satisfacer el consumo de harina y otros productos derivados del proceso de molinación de trigo en grano para la comercialización mayorista, así como prestar servicios de descarga portuarias, brindando además servicios de almacenaje con capacidades eventualmente disponibles en ambas monedas. Contando con una alta tecnología y calidad de las producciones.

Visión.

La visión de la Empresa se define:

- Cuenta con una tecnología de avanzada, dentro de la rama que garantiza altos niveles productivos, con calidad y eficiencia.
- La empresa tiene aplicado un sistema íntegro de Gestión de los Recursos Humanos que le posibilita obtener crecientes resultados.
- La Unidad de Base de Mantenimiento y Abastecimiento realiza un sostenido y eficiente trabajo de mantenimiento y reparación del equipamiento industrial, así como en el aseguramiento de los recursos que garantiza mantener en óptimas condiciones toda la empresa.
- Los servicios de la Unidad Empresarial de Base de Descarga y Entrega son reconocidos como los mejores del país en su tipo.
- Cuenta con un alto nivel de automatización en todas las áreas de la empresa.
- Los indicadores de eficiencia están en correspondencia con los altos niveles de producción.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

- Es una empresa rentable.
- Los clientes están satisfechos con los productos y servicios que se ofertan.
- Los productos se insertan con la mayor calidad y competitividad en el mercado en divisa.

Áreas de la Empresa

Área Socio Administrativa

- Oficinas y baños.

Áreas De Ueb Servicios

- Cocina-comedor
- Cafetería.
- Almacén de víveres y Centro de Elaboración
- Panadería
- Ranchón
- Tanque de almacenamiento de GLP
- Área de Transporte
- Áreas verdes.
- Áreas interiores (patios, viales).

Áreas De Ueb Mantenimiento

- Almacén Central
- Taller Central (Maquinado)
- Carpintería
- Taller de mecánica de maquinas de coser
- Taller eléctrico (enrollado)
- Taller mecánica Molino No. 1
- Taller eléctrico Molino No. 2
- Taller mecánica Molino No. 2
- Talleres del Muelle
- Subestación eléctrica

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Áreas De Ueb Comercialización

- D.1 Planta recuperadora de sacos

Áreas De Ueb Molinería

- E.1 Laboratorio
- E.2 Molino No. 1
- Instalación de descarga de afrecho hacia los camiones (Molino No. 1)
- Empaque (Molino No. 1)
- Molino No. 2
- Instalación de descarga de afrecho hacia los camiones (Molino No. 2)
- Empaque (Molino No. 2)
- Área de Producciones Especiales

Ueb Descarga Y Entrega

- Muelle
- Casa de Máquinas y Silos

Sistemas Auxiliares

- Tratamiento de Residuales
- Sistema de Abasto, Almacenamiento y Distribución de agua
- Manejo y almacenamiento de los desechos sólidos
- Manejo y almacenamiento de los Productos químicos Tóxicos y Desechos peligrosos
- Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (cuatro pararrayos Radioisotópicos)

En el anexo 2.1 se muestra una tabla con el total de trabajadores que presenta la empresa, y se refleja gráficamente en los anexos 2.2 y 2.3 la categorización ocupacional y el nivel escolar.

2.2. Problemas ambientales asociados a la producción de harina

Las principales fuentes de contaminación de la empresa están localizados, donde podemos clasificarlos en residuales líquidos, sólidos y gaseosos.

Residuales líquidos

En la actualidad se estima una generación de residuales en la entidad de 41 m³ /día.

Clasificación y fuente

En la entidad se generan tres tipos de residuales:

- Residuales domésticos. (aguas albañales): Los residuales domésticos se generan en los baños, vertederos, cafetería, cocina, comedor y las actividades de limpieza.
- Residuales industriales: Los residuales industriales se generan en el área de fregado del taller automotriz.
- Residuales pluviales: Los residuales pluviales se generan con las precipitaciones.

Manejo del residual líquido

En la entidad no existe un plan de manejo de los residuales líquidos.

Sistema de transportación de los residuales líquidos

Los residuales domésticos del área de la cocina se recolectan en una fosa de acumulación, los demás residuales domésticos e industriales de las diferentes áreas fluyen mediante tuberías hacia una Planta de Tratamiento de residuales ubicada en la instalación colindante del Combinado Pesquero. Los residuales líquidos pluviales son colectados mediante tragantes y fluyen a través de tuberías y son vertidos en la zona costera.

Sistema de tratamiento de residuales

El Sistema de tratamiento de residuales está constituido por registros, tragantes, bajantes, tuberías y una fosa de acumulación.

Residuales sólidos

Fuentes

Los desechos sólidos son generados en todas las áreas de la Organización.

Clasificación

En la entidad se generan desechos sólidos, los cuales se clasifican en:

1. Desechos generales:

- Desechos inorgánicos: papel, vidrio, cartón y otros desechos generados en oficinas y demás áreas.
- Desechos orgánicos: Desechos de la cafetería, cocina y comedor.

2. Desechos industriales:

- Desechos orgánicos: fundamentalmente desechos orgánicos del proceso productivo y de la actividad de limpieza del trigo: barreduras, afrecho, polvo.
- Desechos metálicos y otros que clasifican como peligrosos: chatarra y otros desechos metálicos generados en la actividad de mantenimiento, acumuladores y aceite de desecho generados en la actividad del Taller Automotriz.

Segregación

En la práctica se realiza la siguiente segregación:

Los desechos orgánicos de la cafetería, cocina y comedor son recolectados por los trabajadores. Los desechos industriales orgánicos producto de la limpia del trigo (barreduras, afrecho, polvo) son recuperados y comercializados. Los desechos generales son almacenados, recolectados y dispuestos en vertedero autorizado. Los desechos metálicos y desechos peligrosos (residuos oleosos, acumuladores) no tienen una disposición final adecuada. No existe evidencia (contrato) con Empresa Provincial Recuperadora de Materias Primas u otra entidad para la disposición final de los desechos reciclables.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Almacenamiento primario

Los desechos sólidos generales se depositan en cestos y recipientes en las diferentes áreas.

Almacenamiento final

Existen al menos cinco puntos de almacenamiento final de desechos generales. En el que está ubicado en el parqueo aledaño al área de empaque del Molino No. 2 el almacenamiento se realiza directamente en el suelo.

Transportación y frecuencia

Los DS generales son transportados hacia la disposición final (vertedero municipal) por vehículos propios con una frecuencia de dos veces por semana. Los desechos orgánicos de la producción que se comercializan son extraídos y transportados según los volúmenes de generación por vehículos de los clientes.

Disposición final

Los DS de la entidad son vertidos en vertedero autorizado (vertedero municipal) para su almacenamiento o eliminación.

Emisiones gaseosas

Producto de la combustión de los combustibles que se utilizan en la unidad se emiten gases tóxicos a la atmósfera que afectan la salud humana y contribuyen al calentamiento de la misma por efecto de invernadero. Los combustibles que al combustionarse afectan más por orden decreciente son el fuel oil, el diesel, la gasolina y el GLP. Todos emiten sustancias tóxicas. En la Planta se utiliza diesel, gasolina, GLP y electricidad (Fuel oil para generar electricidad) La emisión de los gases contaminantes producto de la combustión de los combustibles provocan una considerable contaminación al medio ambiente en esta etapa, particularmente con la emisión de gases tóxicos como el CO, SO₂, el CO₂, partículas sólidas como el hollín, inquemados, etc. los cuales incrementan el efecto invernadero, disminuyen la calidad del aire en la zona fundamentalmente en el radio de protección sanitaria donde se encuentra enclavadas la instalación y la calidad del aire por donde circulan los vehículos y en

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

mayor medida en la zona de protección sanitaria donde se ubican la CTE donde se genera la electricidad provocando un considerable contaminación atmosférica.

Entre las emisiones a la atmósfera están las de partículas sólidas (polvo) producidas por el proceso productivo, fundamentalmente en el Molino No.2 que no cuenta con filtros captadores de polvos similares a los del Molino No. 1. Se evidencia atmósfera polvorienta en las áreas de descarga de subproductos (afrecho), en el área de recepción de este material en el edificio de silos y casa de máquinas, así como en las áreas del producto terminado del Molino No.2.

Ruido: contaminación sónica.

La contaminación sónica se evidencia en:

- Talleres de mantenimiento (taller de maquinado).
- Planta recuperadora de sacos.
- Molino No. 1 en las áreas de molienda y mezcla de todos los niveles.
- Molino No.2 en todas las áreas.

Vertimientos y derrames: Contaminación del suelo.

A pesar de que el 80 % de los suelos esta urbanizado, la contaminación del suelo se evidencia en:

- Área de almacenamiento de combustible diesel de la panadería por derrame de hidrocarburo fuera del muro de contención.
- En los alrededores del taller automotriz por derrame de grasas, combustibles, aceites usados, etc.
- Áreas colindantes con la descarga a camiones de residuos sólidos (afrecho).

Materia prima principal: Contaminación biológica

El riesgo latente de contaminación biológica se evidencia en:

- Todo el proceso que lleva a cabo con la materia prima principal (Trigo) y se determina por los aspectos ambientales negativos en las áreas de almacenamiento de la misma.

- Todo el ciclo de vida de los alimentos y se determina por los aspectos negativos identificados en las áreas claves de recepción, almacenamiento, elaboración y manipulación de los mismos.
- Manejo del agua potable. Se determina por los aspectos negativos identificados en estas áreas.

2.3 Procedimiento para desarrollar un Análisis de Ciclo de Vida.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) está compuesto por cuatro etapas básicas, definidas en la norma NC-ISO 14 040:1997, y descritas en el capítulo anterior:

Etapas I: Definición del objetivo y alcance.

Etapas II: Análisis del inventario.

Etapas III: Evaluación del impacto.

Etapas IV: Interpretación de los resultados.

En el anexo 2.4 se muestran los 4 elementos que componen la metodología de ACV, en forma de flujo continuo y que sirve de guía para presentar el procedimiento necesario para desarrollar la presente investigación, enfocando los puntos más significativos de la herramienta utilizada.

A continuación se describe cada una de las etapas básicas para el desarrollo de la herramienta de ACV según se muestra en las normas NC-ISO 14 040, NC-ISO 14 041, NC-ISO 14 043.

2.3.1 Etapa 1: Definición de los objetivos y alcance del ACV

En esta primera etapa deben definirse claramente el objetivo y alcance del estudio de ACV, de modo que sean consistentes con la aplicación que se persigue; para lo cual deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos en el orden que se plantean.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

a) Definir el objetivo del estudio:

El objetivo de un estudio de ACV debe indicar la aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto, es decir, a quién se van a comunicar los resultados del estudio.

En la definición del objetivo deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

- La aplicación y las audiencias proyectadas se describen en forma clara. Eso es importante puesto que un estudio que tiene la intención de suministrar datos y que es aplicado internamente puede ser estructurado de una forma bastante diferente en comparación a un estudio que tiene la intención de efectuar comparaciones públicas entre dos productos.
- Las razones para la ejecución del estudio deben ser explicadas claramente. ¿Está el encargado o el actor tratando de comprobar algo? ¿Es la intención del encargado solo suministrar información?, etc.

b) Definir el alcance del estudio:

En la definición del alcance de un estudio de ACV se debe considerar y describir claramente: la unidad funcional, el sistema producto a estudiar, los límites del sistema producto, los procedimientos de asignación; los tipos de impacto y la metodología de evaluación de impacto, así como la consiguiente interpretación a utilizar; los requisitos iniciales de calidad de los datos.

El alcance debe estar suficientemente bien definido para asegurar que la amplitud, profundidad y detalle del estudio sean compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo del mismo.

b.1) Definir función y unidad funcional

La unidad funcional define la cuantificación de estas funciones identificadas. La unidad funcional debe ser consistente con el objetivo y alcance del estudio.

Una unidad funcional es una medida del desempeño de las salidas funcionales de un sistema producto. El propósito principal de una unidad funcional es proporcionar una

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizadas todas las entradas y salidas. Esta referencia es necesaria para asegurar la comparabilidad de los resultados del ACV, la cual es especialmente crítica cuando se analizan distintos sistemas para asegurar que tales comparaciones se hagan sobre una base común.

La unidad funcional se define a partir de las funciones que cumple el producto. Para una definición correcta, se siguen los siguientes pasos:

1. Identificación de las funciones del producto.
2. Selección de una función.
3. Determinación de la unidad funcional.
4. Identificación del desarrollo del producto.
5. Determinación del flujo de referencia.

Para definir la unidad funcional se deben tomar en cuenta aspectos como, la eficiencia del producto, la durabilidad del producto, y el estándar de calidad de desempeño.

El carácter descriptivo de las respuestas a estas cuestiones representa un importante paso documental. En el informe se definen compromisos y responsabilidades para garantizar el empleo ético de los resultados, como también los niveles de accesibilidad de estos resultados.

b.2) Definir los límites del sistema.

Los límites del sistema determinan el alcance de la investigación y los procesos unitarios que deben ser incluidos dentro del ACV. En esta etapa deben quedar definidos los límites geográficos, temporales y las etapas que serán excluidas del análisis.

Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y limitaciones económicas y el destinatario previsto.

La selección de las entradas y salidas, el nivel de agregación dentro de una categoría de datos y la modelación del sistema deben ser consistentes con el objetivo del estudio.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

El sistema debe modelarse de modo que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales. Los criterios usados para establecer los límites del sistema deben identificarse y justificarse en la fase de alcance del estudio.

A fin de reflejar la naturaleza iterativa del ACV, las decisiones referidas a los datos a incluir deben estar basadas en un análisis de sensibilidad, con el objetivo de determinar su importancia. Los límites iniciales del sistema producto deben ser revisados conforme a los criterios de corte establecidos en la definición del alcance. El análisis de sensibilidad puede conllevar a:

- la exclusión de etapas del ciclo de vida o de procesos unitarios cuando su insignificancia puede ser justificada por el análisis de sensibilidad;
- la exclusión de entradas y de salidas sin importancia para los resultados del estudio;
- la inclusión de nuevos procesos unitarios, entradas y salidas que se demuestren ser significativos en el análisis de sensibilidad.

Los resultados de este proceso de afinamiento y del análisis de sensibilidad deben ser documentados. Este análisis sirve para limitar posteriores manipulaciones de aquellos datos de las entradas y salidas que son determinados como significativos para el objetivo del estudio de ACV. Los criterios y las suposiciones sobre los cuales ellos son establecidos deben ser descritos claramente. El efecto potencial de los criterios seleccionados sobre el resultado del estudio debe ser también evaluado y descrito en el informe final.

b.3) Requisitos de calidad de los datos

Las descripciones de la calidad de los datos son importantes para comprender la fiabilidad de los resultados del estudio y para interpretar apropiadamente el resultado del estudio. Los requisitos de calidad de los datos deben ser especificados a fin de respetar el objetivo y alcance del estudio.

Se recomienda que la calidad de los datos sea caracterizada por aspectos cuantitativos y cualitativos, así como por métodos utilizados para captar e integrar esos datos.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Es necesario tener en cuenta descriptores que definan la naturaleza de los datos, tales como datos compilados en sitios específicos con relación a los datos de fuentes publicadas, y si es conveniente medir, calcular o evaluar los datos.

Se recomienda que los datos de sitios específicos o los promedios representativos sean utilizados para los procesos unitarios que constituyen la mayor parte de los flujos de masa y de energía en los sistemas. Es conveniente igualmente utilizar datos de sitios específicos para los procesos unitarios que son considerados por tener emisiones vinculadas al medio ambiente.

En el estudio, los siguientes requisitos adicionales de calidad de los datos deben ser considerados con un nivel de detalle que depende de la definición del objetivo y alcance:

- precisión: medición de la variabilidad de los valores de los datos para cada categoría de datos expresados (por ejemplo, varianza);
- representatividad: evaluación cualitativa del grado en el cual el conjunto de datos refleja la población real de interés (por ejemplo, cobertura geográfica, período de tiempo y cobertura tecnológica);
- consistencia: evaluación cualitativa de cómo la uniformidad de la metodología de estudio es aplicada a los diversos componentes del análisis;
- reproducibilidad: evaluación cualitativa de la medida en la cual las informaciones sobre la metodología y los valores de los datos permiten a un realizador independiente reproducir los resultados reportados en el estudio;

Cuando un estudio es utilizado para apoyar una aserción comparativa pública, todos los requisitos relativos a la calidad de los datos antes mencionados deben ser incluidos en el estudio.

2.3.2 Etapa 2: Análisis del inventario

El análisis del inventario comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema producto. Esas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

suelo asociadas con el sistema. Las interpretaciones pueden sacarse de esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV.

El proceso de realización de un análisis del inventario es iterativo. Cuando se obtienen los datos y se conoce mejor el sistema pueden identificarse nuevos requisitos o limitaciones relativos a los datos que hacen preciso un cambio en el procedimiento de obtención de los datos para que se pueda seguir cumpliendo el objetivo del estudio.

c) Recolectar los datos.

La compilación de los datos exige un conocimiento completo de cada proceso unitario. Para evitar los conteos dobles o los olvidos, la descripción de cada proceso unitario debe ser registrada. Esto implica una descripción cuantitativa y cualitativa de las entradas y de las salidas necesarias para determinar el inicio o el fin del proceso unitario, así como la función del proceso unitario. Cuando el proceso unitario tiene entradas múltiples (por ejemplo, entradas múltiples de efluentes hacia una instalación de tratamiento de agua) o salidas múltiples, los datos que conciernen a los procedimientos de asignación deben ser documentadas y comunicadas. Las entradas y salidas de energía deben ser cuantificadas en unidades de energía. En su caso, la masa o el volumen de combustible deben igualmente ser cuantificados en la medida de lo posible.

Para los datos compilados de documentos publicados que son significativos para las conclusiones del estudio, es necesario hacer referencia a los documentos publicados que dan precisiones sobre el procedimiento de compilación de los datos.

d) Construir los diagramas de procesos

Partiendo del principio que los procesos fluyen siempre a otros procesos o al entorno ambiental, trazar un diagrama de flujo inicial del proceso, permite que de forma gráfica se aprecien los flujos del sistema con todas sus entradas y salidas más relevantes, reuniéndose, de este modo, los datos necesarios.

Se recomienda describir inicialmente cada proceso unitario para definir:

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

- dónde comienza el proceso unitario, en términos de recepción de las materias primas o de los productos intermedios;
- la naturaleza de las transformaciones y operaciones que ocurren como parte del proceso unitario; y
- dónde termina el proceso unitario, en términos del destino de los productos intermedios y finales.

Es conveniente decidir cuáles entradas y salidas de datos son trazadas a otros sistemas producto, incluyendo las decisiones acerca de las asignaciones. Se recomienda describir el sistema con suficiente detalle y claridad para permitir a otro realizador reproducir el inventario.

Las principales categorías de entradas y de salidas cuantificadas para cada proceso unitario dentro de los límites del sistema son:

- entradas de energía, entradas de materias primas, entradas auxiliares, otras entradas físicas;
- productos;
- emisiones al aire, emisiones al agua, emisiones al suelo, otros aspectos ambientales.

Es conveniente considerar estas categorías de datos cuando se decide aquellas que serán utilizadas en el estudio. Es conveniente detallar más ampliamente las categorías de datos individuales para satisfacer el objetivo del estudio.

Las entradas y salidas de energía deben ser tratadas como cualquier otra entrada o salida de un ACV. Las entradas y salidas de energía comprenden varios tipos: las entradas y salidas vinculadas a la producción y a la entrega de combustibles, energía de alimentación y energía de procesos utilizada dentro del sistema modelado.

Las emisiones al aire, al agua o al suelo representan a menudo descargas desde fuentes puntuales o difusas, después de pasar a través de dispositivos de control de emisiones. Esta categoría debe comprender, cuando son significativas, las emisiones

fugitivas. Pueden ser utilizados parámetros indicadores, por ejemplo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

e) Procesar los datos

Cuando se concluye la compilación de los datos, son necesarios procedimientos de cálculo con el fin de producir los resultados del inventario del modelo definido para cada proceso unitario y para la unidad funcional del sistema producto a modelar.

A continuación se dan algunas consideraciones importantes sobre los procedimientos de cálculo:

- Los procedimientos de asignación son necesarios cuando se trabaja con sistemas que impliquen varios productos (ej. productos múltiples de la refinación de petróleo). Los flujos de materia y energía, así como las emisiones al ambiente asociadas deben asignarse a los diferentes productos de acuerdo con procedimientos claramente establecidos, que deben ser documentados y justificados.
- El cálculo del flujo de energía debería considerar los diferentes combustibles y fuentes de electricidad utilizados, la eficiencia de conversión y distribución del flujo de energía, así como las entradas y salidas asociadas a la generación y uso de dicho flujo de energía.

Si no se conocen todos los datos del proceso se recomienda realizar balances de masa en cada etapa del proceso hasta contar con toda la información necesaria para el posterior desarrollo de la investigación.

2.3.3 Etapa 3: Evaluación del impacto

Este tercer elemento del ACV, tiene por objetivo valorar los resultados del análisis del inventario del producto o servicio en cuestión, cuantificando los posibles impactos medioambientales. Consta de una fase técnica, considerada obligatoria por la metodología y, otra opcional (de carácter político), por parte del interesado del proyecto. Los resultados tienen un valor informativo añadido para la toma de decisiones.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Como puede observarse en el Anexo 2.5, propuesto por la NC-ISO 14 042:2001, en esta fase de la metodología del ACV se identifica como obligatorio, cumplir los tres pasos siguientes: selección y definición de las categorías de impacto, incluyendo los indicadores de categoría y modelos de valoración utilizados; clasificación de los resultados del análisis del inventario conocido como la fase de clasificación y el cálculo de los indicadores de categoría, conociéndose este paso como caracterización. Todos estos elementos se describen de forma sintética a continuación, a la vez que se muestran algunos modelos utilizados para el cálculo de los indicadores de categorías de impacto.

Asimismo, con respecto a los elementos opcionales e informaciones, mientras sean optativos, también se hacen algunas consideraciones de importancia y pasos a seguir para su elaboración.

- f) Definir categorías de impacto, indicadores de la categoría y modelos de estimación.

Las categorías de impactos son los efectos sobre el medio ambiente que causan los aspectos medioambientales del sistema o producto en estudio. Estos efectos serán seleccionados y definidos teniendo en cuenta el potencial impacto que pueda generar el sistema o producto en estudio, de hecho, éstos son los objetivos y alcance del ACV.

Las categorías de impactos medioambientales se agrupan según parámetros asociados a los flujos de entrada y salida del sistema. Estas categorías, a su vez, tendrán distintos ámbitos de actuación: global, regional o local.

Organizado jerárquicamente por el ámbito de acción, a continuación se describen algunas de esas categorías de impacto relacionadas con las salidas de los sistemas, mientras el consumo de energías constituye entradas al sistema sus evaluaciones ocurrirán en el ámbito de sus subsistemas de producción. Asimismo, se indican algunas de las principales sustancias que desencadenan el mecanismo de actuación de las diferentes categorías de impactos señaladas.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

➤ Efecto global

Uno de los mayores problemas que se pueden presentar es el calentamiento global, el cual trae consecuencias diversas, entre otras, aumento de la temperatura en los polos terrestres con deshielo de los glaciares; aumento del nivel de los océanos con pérdida de territorio de algunos países insulares; propagación de enfermedades tropicales a otros países de clima templado; etc.

➤ Efecto regional

Entre las categorías de efecto regional, se encuentran: la Acidificación y la Eutroficación cuyos impactos medioambientales son originados, principalmente, por las emisiones del SO₂ y NO_x.

Acidificación: pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera.

Eutroficación: La eutroficación se produce cuando los nutrientes (materia orgánica y mineral) se acumulan en los ecosistemas acuáticos. Este aumento de nutrientes en el agua incrementa el crecimiento de plantas que, debido a su respiración, reducen drásticamente los niveles de oxígeno. Los sedimentos provenientes de las aguas residuales domésticas e industriales favorecen la eutroficación.

➤ Efecto local

Como ejemplo de las categorías de impactos de efecto local se presenta el mecanismo de impacto desencadenado a través del polvo. Este tipo de contaminante de la atmósfera conduce a una categoría conocida como contaminación del aire por partículas.

Los efectos debidos a las emisiones de partículas sólidas (polvo) al aire resultan perjudiciales para la salud humana y otros seres vivos. A medida que estas partículas se mantienen en suspensión en el aire, y en función de su concentración, al ser respiradas por los seres vivos pueden causar daños irreversibles al sistema respiratorio.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Entre las molestias registradas está la “silicosis”, que según informes médicos se produce en el individuo que aspira aire de atmósferas cargadas de partículas que contienen sílice (SiO₂). En los especímenes vegetales estas partículas se depositan sobre las hojas obstruyendo el sistema de respiración de las plantas.

Entre las emisiones que provocan este tipo de impacto se encuentran el polvo, el hollín u otras partículas finas que no captan los filtros y salen por las chimeneas o se originan durante la extracción de recursos.

g) Clasificar resultados del análisis del inventario.

El segundo paso trazado en la metodología se conoce con el término de clasificación. En esta, los resultados del inventario se asignan respectivamente a cada una de las categorías de impactos previamente seleccionadas.

El procedimiento consiste en identificar y correlacionar todas las cargas ambientales a una o más categorías de impactos potenciales, es un procedimiento de rutina que se asigna a la totalidad de las cargas ambientales del sistema analizado.

Esta evaluación puede incluir el proceso iterativo de revisión del objetivo y alcance del estudio del ACV para determinar cuándo los objetivos del estudio se han cumplido y, en el caso de no alcanzarlos, para modificar el objetivo y alcance del estudio.

La fase puede incluir, entre otros, elementos como:

- asignación de los datos del inventario a categorías de impacto (clasificación);
- modelación de los datos del inventario dentro de categorías de impacto (caracterización);
- posible agregación de los resultados en casos concretos y sólo cuando proceda (valoración).

h) Calcular los indicadores de categoría

El último paso a seguir se conoce como Caracterización, el cual se lleva a cabo mediante la aplicación de los factores de caracterización a fin de establecer el perfil

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

medioambiental del sistema estudiado. Según la metodología, después de clasificada o asignada todas las cargas ambientales del sistema a determinadas categorías de impacto, seleccionadas según los objetivos del estudio, será necesario realizar la cuantificación de la referida categoría. Así, asignados (fase de clasificación del ACV) las sustancias contaminantes a un determinado modelo de categoría de impacto, todas las sustancias que contribuyen a esta categoría serán reducidas a una única sustancia de referencia y que servirá de base de agregación de todos los resultados en esta categoría de impacto.

En consecuencia, el resultado de la caracterización es la expresión de contribución a determinada categoría de impacto que, basándose en la cantidad de emisiones de sustancias equivalentes para cada categoría de impacto, miden la magnitud del impacto a través del producto entre la carga ambiental y el factor de caracterización correspondiente en aquella categoría de impacto que se desea o fue escogida para evaluar.

2.3.3.1 Métodos para evaluar el impacto ambiental

En la investigación se procederá a comparar tres métodos distintos para evaluar el impacto ambiental, con los cuales se realizará cada paso descrito anteriormente. Estas metodologías son: Eco - indicador 99, IMPACT 2002+; Eco - speed.

A continuación se describen las metodologías a utilizar:

Eco-indicador.

Objetivo principal: comparar las diferencias relativas entre sistemas y sus componentes.

Se enfoca a categorías finales o de daños. Determina un solo valor que indica el impacto ambiental total basado en los efectos calculados (ICV). Cumple con los requisitos de las normas ISO 14 040 – 14 044. Los valores de los eco-indicadores son cifras sin dimensión. Como base se utiliza el punto Ecoindicador (Pt). El valor de 1 Pt representa una centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano medio europeo.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

El método de evaluación para calcular el Eco-indicador se enfoca en los efectos de emisiones en el ecosistema. Los objetivos se basan en datos científicos sobre daños medioambientales y no en declaraciones políticas. El valor de los objetivos son relacionados a tres tipos de daños medioambientales: deterioro de ecosistemas, deterioro de la salud humana, daño a recursos minerales y fósiles; y 11 categorías de impacto que son:

- carcinógenos,
- respiración de orgánicos,
- respiración de inorgánicos,
- cambio climático,
- radiación,
- agotamiento de la capa de ozono,
- ecotoxicidad,
- acidificación,
- eutroficación,
- uso de la tierra, minerales y combustibles fósiles.

Caracterización

Multiplicación del factor de caracterización por el tamaño de la intervención (emisión, extracción, uso de suelo).

$$S_j = \sum_i Q_{ji} m_i$$

Donde:

S_j : Resultado del indicador

j : Categoría de impacto

m_i : Tamaño de la intervención de tipo i (masa de una sustancia emitida)

Q_{ji} : Factor de caracterización que relaciona la intervención i con la categoría j .

Normalización

Consiste en 2 pasos:

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

1. Encontrar las emisiones totales y consumo de recursos de un sistema durante un periodo de referencia (usualmente un año).
2. Calcular las categorías de impacto utilizando los factores normalizados.

La fórmula general es:

$$N = \frac{RI_{cat}}{VR_{cat}}$$

Donde:

RI_{cat}: Resultado obtenido de cada categoría de año.

VR_{cat} : Valor de referencia.

Para calcular los Ecoindicadores es necesario seguir tres pasos:

1. Inventario de las emisiones relevantes, la extracción de recursos y el uso del suelo de todos los procesos incluidos en el ciclo de vida de un producto. Es un procedimiento estándar de los LCA.
2. Cálculo de los daños que pueden causar esos flujos a la salud humana, a la calidad del Ecosistema y a los recursos.
3. Ponderación de las tres categorías de daño.

Impact 2002+

Es una metodología originalmente desarrollada en el Instituto Suizo Federal de Tecnología, esta metodología propone una implementación factible de una aproximación combinada de categorías de punto intermedio y daños, vincula todos los tipos de resultados del inventario de ciclo de vida con cuatro daños de categorías (salud humana, calidad del ecosistema, cambio climático y recursos) a través de 14 puntos intermedios:

- efectos respiratorios,
- toxicidad humana,
- oxidación fotoquímica,
- deterioro de la capa de ozono,
- ecotoxicidad acuática y terrestre,
- acidificación,
- eutroficación,
- uso de la tierra,
- calentamiento global,
- extracción de minerales,
- energías no renovables, y
- radiaciones ionizantes.

Caracterización

Los factores de caracterización de daños pueden ser obtenidos al multiplicar el punto intermedio potencial de caracterización con los factores de caracterización de daño de las sustancias referenciadas.

Normalización

La idea de normalización es analizar la parte respectiva de cada impacto al daño total por aplicar factores de normalización a puntos intermedios o clases de impactos de daños para facilitar la interpretación. El factor normalizado es determinado por el radio de impacto por unidad de emisiones dividido por el total de impactos de todas las sustancias de la categoría específica para la cual existen factores de caracterización, por persona por año. La unidad de todos los factores de punto intermedio o daño normalizado es por lo tanto el número de personas equivalentes afectadas durante un año por unidad de emisión.

Los pasos operativos para que se lleve a cabo el análisis de ciclo de vida de un sistema o producto, incluyen el manejo de gran cantidad de datos de los inventarios, seguidos de diversas operaciones de cálculos que se aplican a los factores de caracterización, índices de categoría, etc., como se ha indicado en apartados anteriores. Estos aspectos

son más viables con el soporte de sistemas informáticos que faciliten las tareas a realizar. En el desarrollo de la metodología debe definirse el software a aplicar.

Eco-speed

Utiliza funciones de velocidad de agotamiento en la mayoría de sus categorías de impacto, de ahí el nombre de Eco-velocidad. Otra de las características distintivas del método resulta la aplicación de técnicas de estimación para el completamiento de las categorías de impacto, incluyendo en ellas la mayor cantidad posible de sustancias identificadas por otros métodos como que afectan el mecanismo ambiental medido por la misma.

Caracterización

Eco-Speed cuenta con 3 categorías de daño, las que son afectadas por 13 categorías de impacto, la forma en que se relacionan se representa en el anexo 2.6. En general el basamento del método es utilizar funciones de agotamiento, donde los resultados sean adimensionales, utilizando una relación fraccionaria, donde el numerador representa el elemento a analizar y el denominador representa la cantidad disponible de ese elemento, de esta forma se considerarán entonces los impactos potenciales de cada elemento analizado, como se presentan a continuación para cada una de las categorías de daño y de impacto.

Categoría de daño: Exterminación de la población (Human Extermination)

Esta categoría de daño representa la cantidad de casos de problemas de salud, que probablemente se presenten en el horizonte de tiempo definido.

Su forma de cálculo se representa en la ecuación

$$HE = CA + NCA + CW + NCW + CS + NCS$$

Donde:

- HE: Indicador de daños a las personas en función del agotamiento (Human Extermination)

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

- CA: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el aire.
- NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No carcinogénicos en el aire.
- CW: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el agua.
- NCW: Indicador de daños potenciales por la presencia de No carcinogénicos en el agua.
- CS: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el suelo.
- NCS: Indicador de daños potenciales por la presencia de No carcinogénicos en el suelo.

A continuación se identifican cada una de las categorías de impacto incluidas en esta categoría de daño.

Categoría de impacto: Carcinogénicos en el aire.

Esta categoría incluye los impactos potenciales de las emisiones de sustancias carcinogénicas al aire.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la ecuación.

$$CA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$$

Donde:

- CA: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el aire.
- CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría.
- M_i: Masa emitida de la sustancia “i”.

- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el aire.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la

ecuación:
$$NCA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$$

Donde:

- NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el aire.
- CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría.
- M_i: Masa emitida de la sustancia "i".
- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de impacto: Carcinogénicos en el agua.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la

ecuación:
$$CW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$$

Donde:

- CW: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el agua.
- CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría.
- M_i: Masa emitida de la sustancia "i".
- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el agua.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la

ecuación:
$$NCW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$$

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Donde:

- NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el agua.
- CF_i : Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría.
- M_i : Masa emitida de la sustancia “i”.
- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de impacto: Carcinogénicos en el Suelo.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la

ecuación:
$$CW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$$

Donde:

- CW: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el suelo.
- CF_i : Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría.
- M_i : Masa emitida de la sustancia “i”.
- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el Suelo.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la

ecuación:
$$NCW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$$

Donde:

- NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el suelo.
- CF_i : Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría.
- M_i : Masa emitida de la sustancia “i”.
- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de daño: Consumo de los recursos (Resources Consumption).

Para el desarrollo de esta categoría se utilizaron las informaciones provistas por varios organismos internacionales, dedicados a la manipulación de datos estadísticos relacionados, entre ellos los más importantes consultados son: (United Nations 2010), (DOE/EIA 2009), (Oficina Nacional de Estadísticas, Cuba 2009) y (EUROSTAT, European comision 2008).

Categoría de Impacto: Uso del Agua.

Para el cálculo de impacto en el uso del agua, se tienen en cuenta las entradas y salidas al sistema de producto analizado, a partir de cada uno de los posibles orígenes,

o fuentes de abasto, como se muestra en la ecuación siguiente: $WU = \sum_{i=1}^n \frac{v_i}{V_i}$

Donde:

- v_i : representa el volumen de agua proveniente de la fuente “i” utilizado por el proceso.
- V_i : representa el volumen total disponible el 95 % del tiempo que existe de la fuente “i”.

Es decir, que solo se tienen en cuenta para este cálculo las fuentes de agua más estables.

Categoría de Impacto: Uso del Suelo.

Para el impacto del uso del suelo se ha considerado proponer una ponderación en dependencia del cambio de uso que se realice al utilizar el suelo. Se basa en las clasificaciones de su productividad, donde se utilizan 4 clasificaciones, muy productivo, productivo, poco productivo y muy poco productivo mostrándose en el anexo 2.7.

Su fórmula de cálculo está definida como: $SU = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\left(\frac{a_{ij}}{A_i} \right) + \left(\frac{a_{ij}}{A_i} \right) * k_{ij} \right)$

Donde:

- a_{ij} : Área utilizada por el tipo de suelo “i” para el uso “j”.
- A_i : Área disponible del tipo de suelo “i”.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

- k_{ij} : Factor de ponderación correspondiente al tipo de uso de la tierra.

Categoría de Impacto: Uso de la Energía.

Su fórmula de cálculo está definida como: $EU = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{E_i} \right)$

Donde:

- e_i : Representa la masa del recurso energético “i” que se utiliza en el sistema analizado.
- E_i : Es la masa disponible en reservas probadas del recurso energético “i”.

Categoría de Impacto: Uso de los Minerales.

Su fórmula de cálculo está definida como: $MU = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i}{M_i} \right)$

Donde:

- m_i : Representa la masa del recurso “i” que se utiliza en el sistema analizado.
- M_i : Es la masa disponible en reservas probadas del recurso “i”.

Categoría de daño: Contaminación de La Tierra (Earth Contamination).

Esta categoría de daño se compone de la contaminación emitida a la tierra por los mecanismos ambientales de calentamiento global, capa de ozono y emisiones al suelo, agua y aire. Su evaluación está dada en los casos de la toxicidad, en funciones de afectación potencial y en los casos de capa de ozono y calentamiento global, están dados en unidades de las sustancias de referencia, CFC-11 y CO₂ equivalentes.

Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Aire.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la

ecuación: $EA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Donde:

- EA: Indicador de daños potenciales por la presencia de sustancias peligrosas en el aire.
- CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría.
- M_i: Masa emitida de la sustancia “i”.
- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Agua.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la

ecuación:
$$EW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$$

Donde:

- EW: Indicador de daños potenciales por la presencia sustancias peligrosas en el agua.
- CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría.
- M_i: Masa emitida de la sustancia “i”.
- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Suelo.

La forma de cálculo del indicador de la categoría se representa a continuación en la

ecuación:
$$ES = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$$

Donde:

- ES: Indicador de daños potenciales por la presencia de sustancias peligrosas en el suelo.
- CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría.
- M_i: Masa emitida de la sustancia “i”.
- n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Categoría de Impacto: Calentamiento Global.

Su fórmula de cálculo está definida como: $CC = \sum_{i=1}^n (GWP_i * m_i)$

Donde:

- CC: Representa el indicador de daños potenciales de las sustancias analizadas.
- m_i : representa la masa emitida de la sustancia “i”.
- GWP_i : Representa el Potencial de Calentamiento Global de la sustancia “i”.

Categoría de Impacto: Capa de Ozono.

En esta categoría se calculan los impactos potenciales de las sustancias probadas como agotadoras de la capa de ozono.

La ecuación para el cálculo resulta la siguiente: $OZ = \sum_{i=1}^n (ODP_i * m_i)$

Donde:

- ODP_i : representa el factor de potencial de agotamiento del ozono de la sustancia “i”
- m_i : representa la masa de la sustancia “i” emitida.

2.3.4 Etapa 4: Análisis de mejoras

El ACV se finaliza con el análisis de todos los datos finales con respecto a sus significados, incertidumbres y sensibilidad sobre los resultados parciales.

En esta última fase los resultados anteriores deben ser reunidos, estructurados y analizados. Aquí debe confeccionarse una estructura de análisis de los resultados, con un análisis de sensibilidad e incertidumbres, para que el conjunto de informaciones posibilite generar un informe con las conclusiones y recomendaciones, que pueda dar respuestas a las cuestiones que anticipadamente fueron definidas en los objetivos y alcance del estudio.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

La interpretación es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados del análisis del inventario con la evaluación del impacto, o en el caso de estudios de análisis del inventario del ciclo de vida, los resultados del análisis del inventario solamente, de acuerdo con el objetivo y alcance definidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.

Los resultados de esta interpretación pueden adquirir la forma de conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance del estudio.

La fase de interpretación puede abarcar el proceso iterativo de examen y revisión del alcance del ACV, así como la naturaleza y calidad de los datos obtenidos de acuerdo con el objetivo definido.

Aunque las acciones y decisiones subsecuentes pueden incorporar implicaciones ambientales identificadas en los resultados de la interpretación, se mantienen fuera del alcance del estudio de ACV, en tanto que otros factores, como la realización técnica y los aspectos económicos y sociales también se consideran.

i) Reporte y análisis de mejoras.

En el reporte de la investigación deben definirse:

- Principales emisiones y desechos producidos durante el proceso productivo.
- Posibles problemas ambientales potenciales.
- Soluciones dadas para la minimización o tratamiento de estos residuos y desechos.
- Verificación de la disminución del impacto.
- Análisis de la factibilidad técnica y económica de la propuesta de mejora, si es posible.

Capítulo 3: Análisis de los resultados

En este capítulo se desarrolla la metodología propuesta para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida de la Producción de harina en la Empresa de Cereales Cienfuegos, donde se comparan diversos métodos de evaluación ambiental y se valoran variantes de mejora ambiental para la producción de harina.

3.1 Etapa 1: Definición de objetivos y alcance

3.1.1 Objetivo del estudio

El presente estudio de análisis de ciclo de vida ha sido solicitado por la Empresa de Cereales Cienfuegos perteneciente a la Unión Molinera del MINAL.

Los objetivos del estudio son:

1. Evaluar y cuantificar los impactos medioambientales de la elaboración de harina obtenida del trigo en todo su ciclo de vida desde su arribo a puerto.
2. Estimar variantes de mejora para reducir los impactos ambientales detectados durante todo el ciclo de vida en cada fase del proceso.

3.1.2 Alcance del estudio.

El alcance del estudio abarca los siguientes aspectos:

➤ **Funciones del sistema estudiado**

El uso final del producto se destina al comercio mayorista abasteciendo una gran parte del país, principalmente la región central; siendo los principales clientes:

De trigo: Alimentaría Cienfuegos, Alimentaría Villa Clara, Conservas Sancti Spiritu, Alimentaría Camaguey, Alimentaría Ciego de Ávila.

Capítulo3: Análisis de los Resultados.

De afrecho: Fábrica de Piensos Cienfuegos, OLPP, Porcinos Región Central de Cuba, MININT, MINFAR, CAI's Arroceros Región Central de Cuba, Empresas ganaderas Región Central de Cuba y La Habana, MINAZ Región Central de Cuba.

De harina: OLPP Región Central de Cuba, MICONS Región Central de Cuba, UECAN Región Central de Cuba, MINAZ Región Central de Cuba, ISLAZUL Región Central de Cuba, MINFAR Cienfuegos, Polo Científico, MIP Región Central de Cuba, Escuelas especiales de la Región Central de Cuba, MINAL Región Central de Cuba, UJC Región Central de Cuba, MINAGRI Región Central de Cuba, MINCIN Región Central de Cuba, Cadena Cubana del Pan (Centro), Campismo Popular Región Central de Cuba, GAIPA, Alimentaría Cienfuegos (Divisa), Glucosa (Divisa), EPICIEN (Divisa), EQUIFA (Divisa), Refinería Cfgos (Divisa)

➤ **Unidad funcional**

La unidad funcional de este Análisis de Ciclo de Vida es 1 tonelada de harina producida en un día en la Empresa de Cereales, comparando el molino 1 y el molino 2.

Para cada proceso unitario se define una unidad funcional específica:

- Descarga del trigo: 1 tonelada de trigo.
- Molido del trigo: 1 tonelada de harina molida.
- Envase de la harina: 1 tonelada de harina ensacada.
- Producción de Subproducto: t de desechos.

➤ **Definición de los límites del sistema**

Los límites del sistema se definen a continuación:

Límites geográficos

El Análisis de Ciclo de Vida realizado se limita a la elaboración de harina en la Empresa de Cereales Cienfuegos; por lo tanto este estudio se encuentra limitado al espacio geográfico que ocupa la entidad.

Límites temporales

El horizonte temporal considerado es desde el año 2007 hasta el 2010

Etapas excluidas del análisis

Para este estudio quedan excluidas: las cargas ambientales relativas a la fabricación y mantenimiento de los equipos, el transporte, las producciones de fertilizantes y herbicidas utilizados en la cosecha del trigo, y las implicaciones de circulación, distribución y consumo del producto final (harina de trigo).

➤ **Calidad de los datos**

Los datos han sido recopilados de la instalación en estudio. Se han seleccionado los procesos cuya contribución a los flujos de masa y energía se espera sea importante como también las emisiones sean relevantes para el medio ambiente. Además se han obtenido datos históricos de los tres años anteriores, permitiendo hacer análisis de ajuste a distribuciones.

Estos procesos son los incluidos en la producción de harina y subproducto:

- Descarga del muelle
- Almacenamiento en silos
- Molido del trigo (en el molino 1 y 2)
- Envasado en sacos

El presente estudio de ACV se ha realizado utilizando una herramienta informática comercial denominada SimaPro 7.1. SimaPro es una herramienta desarrollada por Pré Consultants para el Análisis de Ciclo de Vida que analiza y compara los aspectos medioambientales de un producto de una manera sistemática siguiendo

las recomendaciones de las normas ISO serie 14 040. Se utilizan bases de datos publicadas y disponibles en la herramienta informática SimaPro 7.1 para los procesos más comunes como combustibles y productos químicos.

Las bases de datos usadas son:

- BUWAL250.
- DK Input Output Database 99.
- Ecoinvent system processes.
- Ecoinvent unit processes.
- ETH-ESU 96 System processes.
- ETH-ESU 96 Unit processes.
- Franklin USA 98.
- IDEMAT 2001.
- Industry data 2.0.
- LCA Food DK.
- Methods.
- USA Input Output Database 98.

3.2 Etapa 2: Análisis del inventario

3.2.1 Recolectar los datos

En el proceso de recolección de los datos necesarios para la investigación, se procede a describir el proceso principal y cada uno de los subprocesos involucrados en el ciclo de vida de la elaboración de harina.

3.2.1.1 Descripción del proceso de la harina de trigo

La materia prima de este proceso es el trigo (*Triticum Vulgase*) que pueden ser Duro o Suave (rojo o blanco), del tipo Durum y de las cosechas de invierno o primavera. Su procedencia es variada pero son importados fundamentalmente de los EEUU, Canadá, Argentina y Francia.

El flujo productivo en descarga y entrega (UEB Descarga y Entrega) es:

- I. Etapa de Recepción del trigo.
- II. Etapa de almacenamiento del trigo en silos.
- III. Etapa de Entrega a clientes externos y Molinos de la empresa.

La UEB Descarga y Entrega, destinada a realizar las operaciones de descarga y posteriormente de entrega, recibe la materia prima en el Espigón, ubicado en la bahía de Cienfuegos en el lóbulo norte, posee en estos momentos 2 grúas diseñadas por la firma TAKRAF de tecnología alemana, cada una de ellas con 2 tubos de succión neumática para realizar las operaciones de descarga, los que con un promedio de 70 – 80 T/h hacen que los niveles de la misma se estimen por encima de 1100.0 TM en 24 horas de trabajo.

Luego de extraerse el trigo en el espigón pasa a los silos mediante transportadores exteriores en cadena (8 transportadores del TR-81 --- TR-95 (línea impar que es la que se encuentra trabajando)); al llegar el trigo a los silos pasa al área de almacenaje y distribución, es decir pasa del transportador TR-95 al elevador 123, pasando por un imán en el 6to piso para quitarle las impurezas ferrosas, del imán pasa a una báscula de una tonelada en el 5to piso la cual pesa la descarga del barco, de la pesa pasa por un tambor en el 4to piso que su función es separar del trigo, objetos que vengan con el mismo, como maíz, piedras etc.

Del tambor el producto pasa a una válvula de 3 vías en el 3er piso que su función es distribuir para 3 elevadores (elevador 119, 121, 123), aunque tiene una opción mediante la válvula poder trabajar con un 4to elevador mediante el cambio de otra válvula por si uno de los 3 elevadores (119,121,123) esta defectuoso; los elevadores son los encargados de transportar el trigo a los transportadores en el 7mo piso que éstos lo transfieren a los 64 silos y 36 realengos; los transportadores son el 102 que tira para el 105, el 103 tira para el 106 y el 104 tira para el 107.

Para extraer el producto de los silos se requiere de la información que proporciona el sistema de entrega a los molinos (esta información la da el jefe de entrega o el tecnólogo), determinando el silo y tipo de trigo seleccionado, entonces se va al transportador que contiene el producto y se distribuye a los molinos (1 y 2).

Este proceso cuenta con un sistema de aspiración que está situado en el 4to y 6to piso respectivamente, el 4to piso dispone de 2 esclusas y un ventilador y en el 6to de 4 esclusas y dos ventiladores, siendo su objetivo extraer el polvo del producto que pasa al 1er piso a una caseta que acumula el desecho que posteriormente es recogida en carretas o camiones, aunque también es expulsado el polvo por los ventiladores vertiendo éste al medio circundante.

El flujo productivo en las líneas de molienda (UEB Molinería) es:

- I. Etapa de Limpieza del trigo.
- II. Etapa de Molienda del trigo.
- III. Etapa de Empaque de la Harina.

Descripción del las etapas del Molino 1

Limpieza del trigo.

El molino tiene dos líneas de producción idénticas por lo que detallaremos el flujo de una de ellas.

Las líneas tienen 9 torvas cada una con capacidad de 98 T donde se receptiona el trigo cuando se exporta de los silos, luego pasa por las válvulas de estrellas, estas pasan a una rosca receptora que tira a otra rosca que lleva el producto al elevador de canjilones, éste, lleva el producto desde el segundo piso hasta el noveno donde comienza la primera limpieza que tiene una capacidad de 18 T/h.

La báscula de trigo está situada en el octavo piso que su función es pesar el trigo sucio que entra al proceso, posteriormente pasa a un equipo magnético en el séptimo piso que extrae los materiales ferrosos (tornillos, tuercas, etc), después el

Capítulo3: Análisis de los Resultados.

trigo pasa a un vibro separador el cual extrae las impurezas del trigo como maíz, semillas más grandes que el trigo, polvo, paja, entre otras.

El polvo se liga con el subproducto de trigo que va a la torva de subproducto y las partículas mas gruesas pasan a un depósito del primer piso que éste se vende como pienso, a empresas como el porcino, después pasa a las despiedradoras que están el sexto piso, luego pasa a un triavergón para extraerle las semillas redondas , estas semillas vienen con pequeñas cantidades de trigo por la que pasan por un separador de espiral en el cuarto piso para recuperar este trigo, después pasa al tercer piso a la cepilladora intensiva de trigo con una tarara vertical, posteriormente pasa a un sistema de rociado automático en el segundo piso que su función es mandar la orden del agua que se le va a adicionar al trigo en el noveno piso(la cantidad de agua depende de la humedad inicial que trae el trigo y del tipo de trigo, ya que los trigos duros necesitan mas agua que los blandos), posteriormente pasa a un elevador de canjilones que transporta el trigo al noveno piso para el primer acondicionamiento pasando por el rociador intensivo y de éste a la rosca que lo distribuye a las torvas del primer acondicionamiento que son seis, con capacidad para 42 T cada una.

Debajo de cada torva existen tres válvulas de estrella (una para dos torvas), pasando a una rosca receptora que lo puede distribuir a una rosca que va directamente a la segunda limpieza sin pasar por el segundo acondicionamiento, aunque existe otra variante de otra rosca que pasa el producto a un elevador de canjilones al noveno piso para el segundo acondicionamiento idéntico al primero.

Luego el trigo pasa a través de un elevador de canjilones para la segunda limpieza que comienza en el octavo piso con una cepilladora intensiva y una tarara vertical, después pasa al piso siete a un depósito de pulmón para almacenar el trigo que va para la molienda, después pasa al sexto piso a una báscula de trigo limpio (en ésta se saca el rendimiento tecnológico), posteriormente pasa al quinto piso a un equipo magnético y de aquí pasa a la molienda.

Molienda del trigo.

Durante la fase de molienda se efectúa la separación del salvado y la parte harinosa, la cual es regulada por el diagrama de flujo compuesto de una sucesión de operaciones y pasajes estrictamente ligados a diversas máquinas. El procedimiento es con circuito cerrado, es decir, que el personal que maneja las máquinas no tiene contacto directo con el producto, los productos intermedios y tampoco con los subproductos del tratamiento. Los productos intermedios y los productos se mueven por empleo de aire (transporte neumático) y por caída.

Las máquinas aplicadas para la molienda son diversas entre las cuales las fundamentales son:

- Bancos de Cilindros
- Plansifter
- Sasor

Además existen otras máquinas y accesorios con la función de auxiliar. Las otras funciones de molienda entre las cuales las más frecuentes son:

- Cepilladoras de salvados
- Disgregadores
- Disgregadores por choque
- Ciclones
- Filtros
- Dosificadores volumétricos
- Aparatos magnéticos
- Desinsectador

Nota: Este molino no cuenta con ciclones ni dosificadores volumétricos.

Bancos de cilindros

Estas máquinas realizan la molienda o bien la reducción de la granulometría del grano y de los productos intermedios.

Capítulo3: Análisis de los Resultados.

Los molinos disponen de diferentes tipos de esta máquina y a cada uno es atribuido un determinado trabajo a base de los factores siguientes:

- Morfología de los cilindros (lisos o ranurados)
- Número, inclinación y profundidad de las ranuras
- Velocidad de rotación de los cilindros

Los bancos de cilindros efectúan tres operaciones fundamentales: rotura, raspado y reducción.

Los bancos de cilindros para la rotura tienen cilindros ranurados y producen harina, sémolas y sémolas raspadas. La ranura deviene progresivamente más espesa y sutil mientras pasa de la cabeza hasta la extremidad del molino. En el diagrama de molienda son indicados con la letra B como broyage. Esta letra seguida por un número describe el tipo de pasaje; por ejemplo B1 representa la primera rotura, B2 corresponde a la tercera, etc.

Los bancos de cilindros para el raspado que tienen los cilindros ligeramente ranurados o lisos reducen la granulometría de las sémolas y separan (raspan) las partículas del endospermo del salvado. Estas máquinas son indicadas con la letra D como desagregage.

Dado que estos pasajes tratan las sémolas son mucho más importantes y numerosos para el grano duro que para el grano blando.

Los bancos de cilindros para la reducción que tienen los cilindros lisos reducen la granulometría del raspado y entre ellos se distingue entre dos tipos de reducciones.

Estos pasajes son señalados por la letra C como convertissage.

Plansifter

El plansifter separa sémola, semita y harina a través del tamizado de los productos provenientes de los bancos de cilindros para clasificar los productos destinados a los sasores y a los bancos de cilindros a base de la granulometría.

El plansifter puede parecer una caja enorme suspendida al techo con cuatro juegos de cañas de india especialmente aptas debido a su robustez y su elasticidad para garantizar el movimiento continuo rotatorio horizontal de la máquina.

Las cajas llevan numerosos juegos sobrepuestos de zarandas con luces de mallas diversas del revestimiento según esquemas predispuestos para cada tipo de producto a separar.

Las partículas de productos de molienda que queda sobre los tamices se llaman colas, mientras aquellas que pasan son nombradas pasajes.

En general unos elementos de plástica son dedicados a la limpieza de cada tamiz, en la parte inferior se encuentran **cebillas** que se mueven automáticamente. Los materiales de empaquetadura para los tamices son: metal, seda o nylon a base de los productos a seleccionar.

La parte inferior del plansifter es dotada de una manguera en tejido que siguen el movimiento rotatorio y que ligan los canales con las otras máquinas.

El funcionamiento del plansifter es expuesto a una ligera aspiración del aire de tal manera que el aire caliente sea absorbido y una condensación sea excluida.

En el diagrama de molienda estas máquinas figuran con la letra D como divisor seguida por un número que corresponde al tipo de pasaje en cuestión.

Sasores

Estas máquinas fungen de separador de las sémolas calificadas de grises y las sémolas raspadas calificadas de dunst a base de la granulometría y el peso específico de las partículas. Teniendo dimensiones iguales las sémolas son más ligeras que las raspadas u por consecuencia, mientras corren por superficies de los tamices pueden ser separadas por una corriente de aire subiendo cuya intensidad es regulada por el peso específico del producto.

Por eso los sasores seleccionan el producto molido gracias a una acción combinada de tamisaje y soplaje.

En el diagrama de molienda estas máquinas figuran con la letra S como sasor seguida por un número que corresponde al tipo de pasaje en cuestión.

Cepilladora de salvados

Estas máquinas efectúan la tamizaduras de la harina aún adherente a las partes corticales del núcleo del grano. Esta harina tiene un aspecto graso, puntiagudo y oscuro. Este efecto se crea por medio de centrifugación del producto contra el manguito de chapa perforada con perforaciones adecuados a calibres diversos de los subproductos. Las cebillas están colocadas en los pasajes finales de la molienda.

En el diagrama de molienda estas máquinas figuran con la letra Br como brose seguida por un número que corresponde al tipo del pasaje en cuestión.

Disgregadores

Los disgregadores obran sobre las capas del producto que se forman después del pasaje de los bancos de cilindros lisos y los reducen para obtener partículas finas.

Disgregadores por choques

Estas máquinas excorían y remueven las chapas del producto que se crean sucesivamente a la presión durante los pasajes de reducción. A veces son usados para disminuir la granulometría de las semillas de reducción y por lo tanto acelerar el proceder de la molienda. Una función particular de estas máquinas consiste en la prevención de contaminación biológica. Efectivamente sirven para extinguir insectos y sus huevos en el grano de la harina.

Ciclones

Se trata de aparatos con **perfil** cónico que mantiene los polvos en el aire alejados del transporte neumático.

Filtros

Los filtros instalados al final de los transportes neumáticos recuperan la fracción polvorienta en el aire con aspiración como baja presión.

Dosificadores volumétricos

Encima de las básculas se encuentran en los molinos aparatos para la medición volumétrica de los productos. En particular se usan los dosadores para la preparación de las mezclas del grano.

Aparatos magnéticos

Estas máquinas quitan las partículas férreas presentes en el grano y en la harina.

La molienda del grano transcurre con una lógica precisa; todas las fases siguen una secuencia empleando tres operaciones fundamentales ejecutadas por los bancos de cilindros, el plansifter y los sasores, y tres operaciones auxiliares ejecutadas por las cepilladoras de salvados, los disgregadores y las instalaciones neumáticas.

Capítulo3: Análisis de los Resultados.

Los bancos de cilindros producen la harina y las sémolas raspadas con granulometría diversa. Después cada pasaje de molienda, el producto a través del tamiz del plansifter que divide a base de la granulometría el producto en fracciones diversas de las cuales cada una es conducida hacia la máquina correspondiente o transportada hacia la celda relativa del producto final.

Especialmente le gries y el durs después de la clasificación del plansifter pasan por los sasores aunque calificadas de limpiadoras de sémola pues deben separar el salvado y la sémola. Los productos seleccionados vuelven a los bancos de cilindros y el ciclo es repetido por el paso de la cabeza hasta la extremidad de la instalación donde se manifiestan los productos intermedios de molienda ricos de salvado de los cuales se obtienen los productos destinados a la alimentación zootécnica. Se llaman mojuelos y son:

- Menudillo superfino
- Harinas bajas
- Harinilla
- Afrechillo
- Salvado

Para convertir los menudillos superfinos en salvado las partes periféricas del grano suben y las harinosas disminuyen.

Las instalaciones de aspiración de la sección de molienda son particularmente importantes porque tienen que alimentar los sasores y purificar el aire usado para el transporte de los productos de molienda.

Las máquinas son colocadas sobre los pisos altos del molino de tal modo que la salida del aire limpio del edificio sea apoyada y la harina “grasa y muerta” recuperada por los filtros sea entregada en un apropiado canal del plansifter o a

máquinas vibrantes o centrífugas (vibroseparadores) para la separación de las partes de afrechillo y las de almidón.

Desinsectador

Este equipo es utilizado después de confeccionada la harina para eliminar huevos o parásitos que pueda tener la harina.

Empaque de la Harina.

De las torvas, la harina pasa a una mezcladora situada debajo de las mismas (6 torvas por línea con capacidad de 125 T por torvas de harina, donde hay dos líneas idénticas), para una rosca colectora que lo pasa al turbo tamiz que saca las posibles impurezas de la harina, posteriormente pasa a una válvula de estrella dosificadora donde pasada por esta, la harina es impulsada hacia el empaque por una bomba de vacío (Cada empaque tiene una capacidad de 40 T/h por máquina (80 T/h en total)), después de la bomba, la harina pasa aun deposito pasando posteriormente a la máquina de empaque donde la línea 1 tira para las casillas (ferrocarriles) solamente y la línea 2 para casillas y camiones.

Existe la variante del flujo tecnológico para reciclar la harina a través de las válvulas 7y85 y 7y86.

Empaque de Sub producto.

La harina se extrae de las torvas 57 – 62 con capacidad de 64 T cada una, pasando posteriormente por las mezcladoras, después por una rosca colectora, donde seguido de esto pasa a tres roscas de enlace hasta que llega al telescopio que descarga a los camiones a granel.

Descripción del las etapas del Molino 2

Limpieza del trigo.

El trigo pasa por una zaranda y un canal de aspiración (este molino la línea carece de equipos tales como: despedradoras, cepilladoras de trigo, básculas, imanes

magnéticos), cuenta con dos torvas de remojadura con capacidad de 34 T cada una, no existiendo la segunda limpieza.

Molienda del trigo.

Este molino sigue un procedimiento de molienda muy parecido al del molino 1 lo que cuenta con menos equipos y por tener una tecnología atrasada.

Cuenta con:

- Bancos de cilindros
- Plansifter
- Cepilladoras de salvado
- Disgregadores de impactos (no funcionan)
- Básculas de harina (no funcionan)
- Ventiladores de alta para la aspiración neumática
- Ciclones

Nota: en lugar de ciclones deberían estar instalados filtros ya que estos vierten productos a la atmósfera constantemente.

Empaque de la Harina.

El empaque de la harina es por camiones, cuenta con 4 torvas con capacidad de 78 T cada una, de las mismas la harina pasa a una rosca colectora y luego a una maquina empacadora siendo la carga por sacos.

Empaque de Subproducto.

Cuenta con 2 torvas de subproductos con capacidad de 35 T, la harina extraída de las torvas pasa por una rosca colectora que la transporta hacia los camiones por carga a granel.

Nota: Este molino funciona desde el año 75 contando con una tecnología muy atrasada por lo que esta previsto una inversión para el 2011, hasta entonces se

pretende reparar los equipos como adaptar ventiladores de alta como disgregadores.

Trigo añadido al proceso.

A continuación se muestra la tabla 3.1 que refleja la producción / día de ambos molinos en proyecto, producción real / día, por ciento de rendimiento y cantidad de desechos / día.

Producción/ día Molino		T/día	Producción/ día Molino		T/día
No. 1 como proyecto	Trigo	700	No. 2 como proyecto	Trigo	120
	Harina	525		Harina	90
	Rendimiento	75 %		Rendimiento	75 %
Producción real	Harina	490	Producción real	Harina	60
	Rendimiento	75 %		Rendimiento	72 %
Desecho		32.67	Desecho		4.16

Tabla 3.1: Producción diaria de los molinos 1 y 2. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla antes expuesta el molino No. 2 no cumple con los requisitos establecidos, esto se debe a la tecnología atrasada que presenta en estos momentos y a la cantidad de equipos que tiene fuera de servicio.

Los desechos de la producción se venden como subproducto como es en el caso del polvo que pasa a las torvas de subproducto, el maíz, paja, trigo pequeño pasan a la fábrica de pienso y las piedras se desechan.

Agua añadida al proceso

El agua añadida al trigo depende de la humedad inicial que tenga el trigo y del tipo de trigo que sea, ya que los trigos duros necesitan más agua que los blandos.

Formula del agua introducida al sistema del molino 1 para la producción de harina.

Volumen de agua:

$$\text{Vagua} = \frac{T/h \times (H_f - H_i)}{100 - H_f}$$

En el caso del molino 2, el agua se añade manualmente.

Agua añadida al proceso como promedio.

Molino 2 – 150 L/h

Molino 1- 1000L/h, 500 cada línea.

Especificaciones de las vitaminas añadidas a la harina de trigo:

Producto: VITAMIX CH-HCU. Enriquecimiento para harina de trigo en Cuba (certificado ISO 9000 del 2000).

Ingrediente: Mezcla en polvo ligeramente de color amarillo que contiene, Sulfato ferroso, Niacinamida (pp), Mononitrato de Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Clorhidrato de pirodoxina (B6), Ácido fólico, Almidón de maíz y Fosfato tricalcico como excipiente.

Especificaciones: Este producto al ser incorporado en dosis de 300 g /ton de harina, cada kg queda finalmente con una concentración mínima de: 7.0 mg de Tiamina (B1), 7.0 mg de Riboflavina (B2), 70.0 mg de Niacinamida (PP), 2.5 mg de Ácido fólico, 6.0 mg de Clorhidrato de piridoxina (B6), 45.0 mg de Hierro (Fe).

Dosificación: Se utilizan 300 g/ton de harina.

Origen: Chile

Exportado: GRANOTE Chile SA.

Descripción del proceso de productos terminados (PT) y materias primas auxiliares.

Los productos terminados lo constituyen:

- Harina de trigo panificable para la comercialización en moneda nacional.
- Harina de trigo panificable para la comercialización en divisa.
- Harina de trigo panificable en bolsas (1.5 y 20 kg).
- Subproducto de trigo a granel para consumo animal en ambas monedas.
- Trigo en granos para Empresas Alimentarias.
- Trigo en granos para fábricas de pienso.
- Maíz a granel para fabricas de Glucosa y Cárdenas.

Servicios que se ofrecen:

- Servicios de agua a las motonaves que arriban al muelle.
- Servicio de derechos del muelle.
- Servicio de desestiba.
- Servicio de almacenamiento.

La UEB Molinería entrega a la UEB Comercialización el producto terminado (harina) con las especificaciones acorde a la NRIAL 257. Especificaciones de Calidad de la harina. Los controladores “C”y “D” de la calidad para la Industria Alimenticia realizan los análisis de calidad de la producción terminada y junto al inspector “A” en Normalización y Control de la Calidad son los responsables de velar de que no se cometan violaciones del proceso tecnológico.

Envases de los PT

Para el envasado de los productos terminados (harina) se utilizan sacos de propileno y sacos y bolsas de papel.

Recepción y almacenamiento:

Los envases son inspeccionados visualmente al recepcionarlos y luego almacenados en el almacén central.

Control de la calidad de PT

La producción terminada es sometida a un proceso de inspección de la calidad en diferentes fases de su ciclo de vida.

Agua potable. El agua que se consume en la Organización es suministrada por la Empresa de Acueductos y Alcantarillados amparado bajo contrato legal.

Uso:

El agua se utiliza en las instalaciones sanitarias, actividades domésticas e industriales, en esta última se incluye el proceso de remojo del trigo en la actividad fundamental y el fregado de vehículos en la actividad de transporte.

En la siguiente tabla se muestra el consumo real de agua en el 2008.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promed	DesvEst.
2257	2944	2831	3749	1230	1921	1085	2094	1639	1889	1539	16695	3322.75	4279.48

Tabla 3.1: Consumo real de agua para el año 2008 (m³). Fuente: Elaboración propia

Combustibles.

Gas oil (Diesel), Gasolina y Nafta.

El Diesel y la Gasolina se utilizan como combustible para vehículos automotores. El Diesel oil es utilizado además como combustible del quemador que se ubica en el horno de la panadería. Este se almacena en un tanque de 250 L de volumen que se encuentra en la parte exterior de la panadería. El llenado es diario. El área donde se ubica este tanque esta en condiciones inseguras. Hay derrame, el muro de contención no cumple con los requisitos de PCI. No cuentan con un almacén de combustible automotor. Estos combustibles son adquiridos por tarjeta magnética en los serví centros. La nafta se utiliza en los talleres de mantenimiento y en el automotriz para la limpieza y desengrase.

Características peligrosas del diesel, nafta y la gasolina: Inflamable (Diesel) y Sumamente Inflamable (gasolina y nafta).

Gas Licuado de Petróleo (GLP)

El GLP se utiliza en la cocción de alimentos en la cocina de la Entidad.

A este hidrocarburo (HC), que se obtiene de la mezcla de HC ligeros como el propano y el butano, se le adicionan odorizantes (generalmente el Etil - Mercaptano) para detectar su presencia en el ambiente. Esta mezcla es sometida a cierta presión y temperatura para mantenerlo líquido y facilitar su almacenamiento y manipulación. Tiene un elevado Poder calórico (11 600 Kcal/Kg) y una concentración máxima de azufre de 0.2 g/cm³. Se clasifica como un **gas sumamente tóxico** para la salud humana y como un **gas combustible** (inflamable y explosivo) de alto riesgo según las NC: 33-53, NC: 19-01, NC: 96-42.

Este gas es combustionado en la cocina. Los gases productos de esta combustión se emiten a la atmósfera provocando una contaminación local, fundamentalmente de CO₂, que no es tóxico, pero que si afecta globalmente por ser unos de los gases que inciden en el calentamiento de la atmósfera y contribuye al efecto invernadero.

Electricidad.

El Sistema Eléctrico de la instalación comprende los sistemas de recepción, transformación y consumo, provenientes del Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

La instalación cuenta con alimentación del SEN cuenta con un banco de transformadores, compuesto por cinco transformadores, de ellos cuatro son de 1600 kVA con una relación de transformación de 33/0.4 kV, y un transformador de 4000 kVA que trasforma de 33/6.3 kV. La instalación cuenta con una subestación

que cuenta con un descargador a tierra de 40 kV y un metrocontador que registra el consumo de toda la organización incluido el consumo de la fábrica de pienso. Existe un interruptor general de la empresa de 36 kV y 25 kA. Cada transformador además cuenta con interruptores de 36 kV y 25 kA cada uno. El factor de potencia es de 0.94 que es mantenido por un Banco de capacitores centralizados en el Centro de Carga o Sub estación, además de otros capacitores distribuidos por grupos de varios equipos en el molino. Existen transformadores internos que llevan a 220/110 V para equipos de este voltaje.

La entidad cuenta en estos momentos una con una potencia instalada de 10500 MW y una demanda contratada de 3180 kW. Todo el sistema se encuentra aterrado, no existe protección contra descargas eléctricas internas (descargadores internos) lo que pone en riesgo algunos equipos importantes de la industria (protección contra sobretensiones transitorias y permanentes). La instalación cuenta con tres pararrayos radioactivos con una resistencia de tierra de 2Ω , a los que se le realiza inspección y mantenimiento anual. Se cuenta con un banco de baterías de 120V /250 Ah empastados que se les da mantenimiento de limpieza de bornes según cronograma. No tienen ácidos como electrolitos.

Aceites y lubricantes

Los aceites, grasas y otros lubricantes que se requieren en los mantenimientos del parque automotor y de los equipos que consumen estos, son adquiridos por la instalación. En el caso del parque automotor los mantenimientos y cambios de aceites y lubricantes se ejecutan en el taller automotor de la instalación. En el caso de los equipos que requieren de estos el mantenimiento se ejecuta por parte de personal especializado de la instalación en el propio taller.

En los anexos 3.1, 3.2 y 3.3 se muestra el consumo real de los portadores energéticos del 2007, 2008, 2009.

Productos químicos tóxicos

En la entidad se utilizan algunas cantidades de productos químicos tóxicos y los mismos se almacenan en el Almacén Central, almacén de lubricantes del Taller Automotriz y Laboratorio.

En los anexos 3.4 y 3.5 se muestra una relación de estos productos y la cantidad existente en el laboratorio.

3.2.1.3. Niveles de ruido en las instalaciones de la Empresa.

Local o Puesto	Registro Db (A)
1er Piso	105
2do Piso	85
3er Piso	94
4to Piso	85
5to Piso	85
6to Piso	90
7mo Piso	92
8vo Piso	89
9no Piso	91

Tabla 3.2: Área de limpia del molino 1 Fuente: Elaboración propia.

Local o Puesto	Registro Db (A)
3er Piso	96
Laboratorio	66
4to Piso	98
Cabina Control	84
Oficina J' Prod	84
4to Piso	88
5to Piso	90
6to Piso	97
7mo Piso	90
8vo Piso	92
9no Piso	100

Tabla 3.3: Área molinera del molino 1 Fuente: Elaboración propia

Local o Puesto	Registro Db (A)
3er Piso	87
4to Piso	-
8vo Piso	86
9no Piso	87

Tabla 3.4: Área de mezcla del molino 1 Fuente: Elaboración propia

Local o Puesto	Registro Db (A)
1er Piso	93
1er Piso	88
1er Piso	85
2do Piso	98
3er Piso	97
4to Piso	103
5to Piso	92

Tabla 3.5: Molino 2

En las otras áreas de la empresa como son en los Talleres de mantenimiento (taller de maquinado) y en la planta recuperadora de sacos se evidencia niveles de ruido entre 75 – 85 dB.

3.2.2 Construcción de los diagramas de procesos

Con la información expuesta anteriormente se está en condiciones de elaborar el inventario del proceso de elaboración de la harina de trigo, donde se recogen todas las entradas y salidas del proceso que interviene en el ciclo de vida estudiado.

La descripción de las operaciones que se llevan a cabo en cada proceso en el Molino 1 y 2, sirven de base para diagramar dichos procesos, los cuales muestran de forma gráfica toda la información abordada hasta ahora. En el Anexo 3.6 está representado el proceso de la producción de la harina de trigo en el molino 1 y en el Anexo 3.7 está representado el proceso de la producción de la harina de trigo en el molino 2 según se realiza en la Empresa de Cereales Cienfuegos. Cada uno de estos procesos están enfocados a la obtención de 1t de producto final: harina de trigo; además están definidos los límites del sistema según quedaron definidos en la etapa de definición del alcance del estudio.

3.2.3 Procesamiento de los datos.

Con toda la información necesaria para el estudio se procede a incluir los datos en el software SimaPro 7.1, donde se procesan los datos para evaluar el impacto ambiental de la producción de harina de trigo, para posteriormente valorar variantes de mejora ambiental.

3.3 Etapa 3: Evaluación del impacto.

Para la evaluación del impacto del objeto de estudio se parte de los gráficos y de las tablas de análisis estadísticos obtenidas del sistema. Donde se tiene en cuenta una recopilación del proceso principal y subprocesos asociados al mismo que se llevan a cabo en la empresa, así como las materias primas y materiales que se utilizan.

Entre los principales portadores energéticos que se analizaron se encuentra el Gas Oil (Diesel), Nafta, Gasolina, Gas Licuado del Petróleo (GLP), Electricidad, Aceites y Lubricantes.

En un análisis de ciclo de vida de la elaboración de la harina de trigo, los temas ambientales relevantes son los siguientes:

- Uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad.
- Calentamiento Global o Efecto Invernadero.
- Respiración de sustancias inorgánicas.
- Efectos no carcinogénicos.

Es conveniente conocer los daño que producen estas categorías principalmente los asociados a la salud humana, al cambio climático y al uso de recursos; de tal manera que pueda definirse que categoría de daño está siendo más afectada con la producción de harina de trigo.

Según estas categorías de impacto se procede a comparar los procesos descritos anteriormente con tres métodos diferentes: Eco-indicador, Impact 2002+ y Eco-

Capítulo3: Análisis de los Resultados.

speed, empleándose el software SimaPro 7.1, donde se obtuvieron los resultados de los cálculos realizados en el mismo mostrándose en los anexos 3.8, 3.9, 3.10; y en las figuras 3.1, 3.2, 3.3 se muestran los impactos ambientales emitidos por ambos molinos (1 y 2).

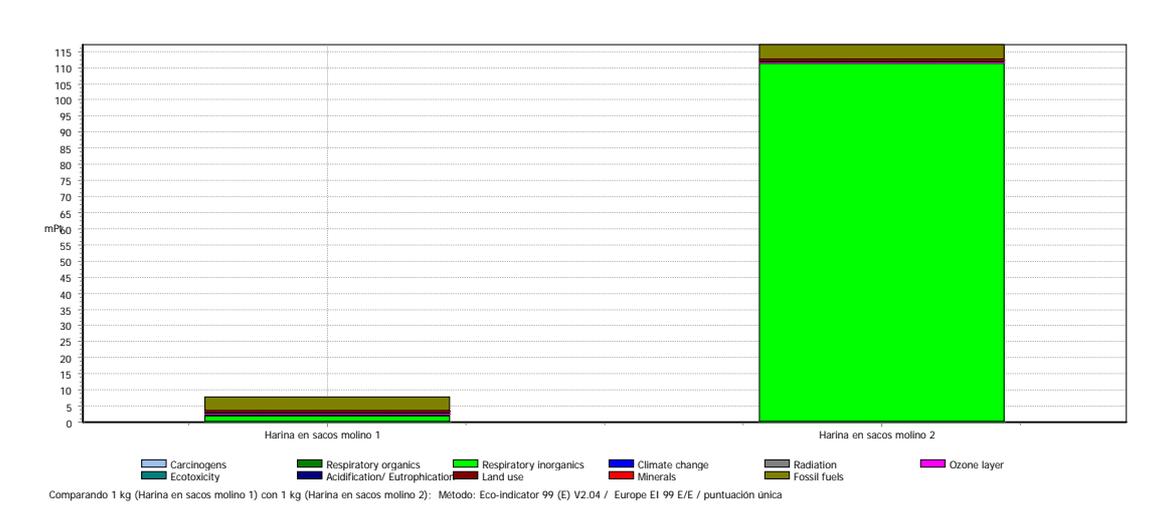


Fig 3.1: Impactos ambientales de los molinos 1 y 2, utilizando el método Eco-Indicador 99

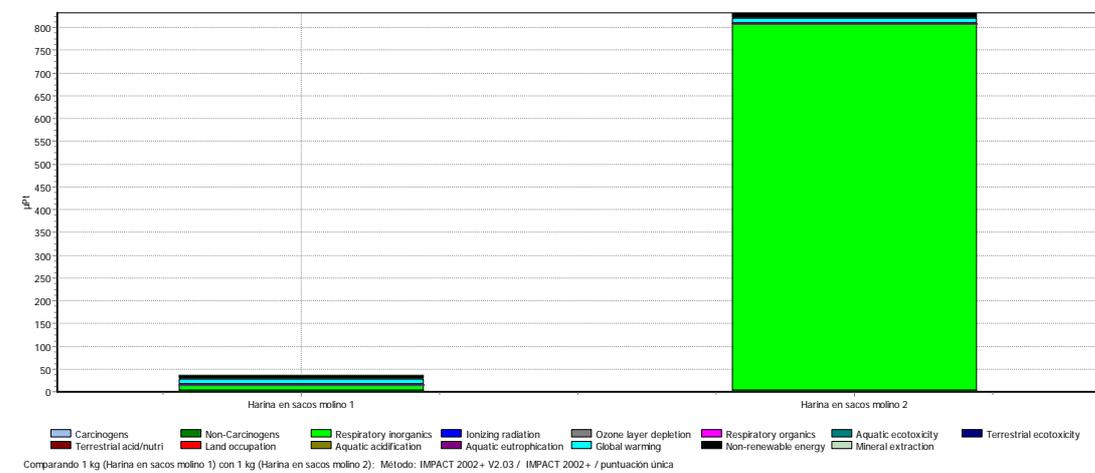


Fig 3.2: Impactos ambientales de los molinos 1 y el 2, utilizando el método Impact-2002+.

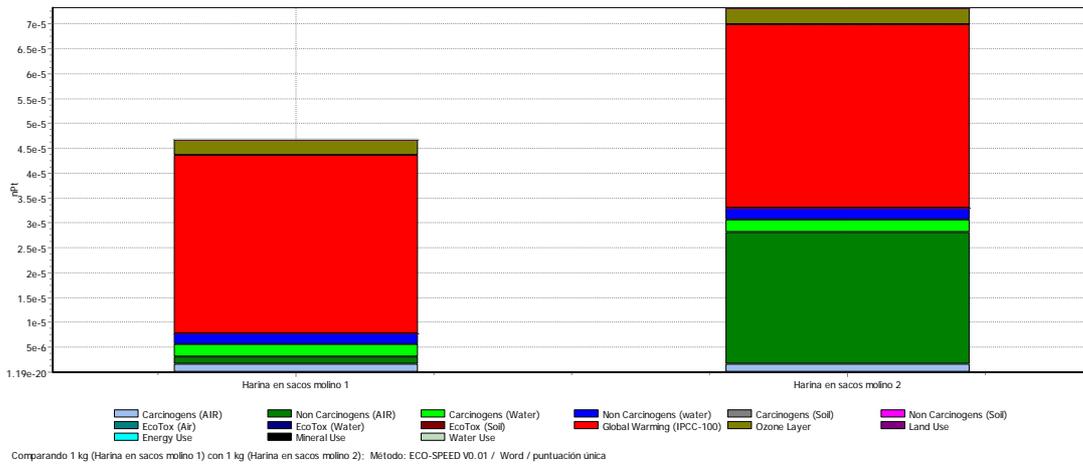


Fig 3.3: Impactos ambientales de los molinos 1 y el 2, utilizando el método Eco-speed

Los métodos analizados muestran en común lo siguientes elementos:

- La producción de harina en el molino 2 presenta mayor impacto, motivado por la respiración de compuestos inorgánicos (métodos Eco-indicador 99 e Impact 2002+), llamados efectos no carcinogénicos (Eco-speed) producto a las emisiones de partículas sólidas (polvo) en el proceso productivo. Como se puede ver en la figura 3.4.

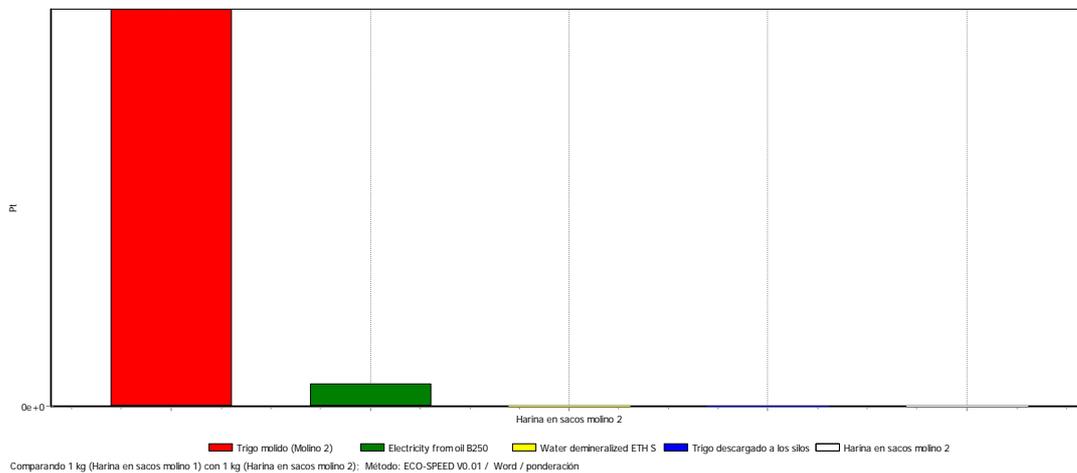


Fig 3.4: Aportes de los principales procesos a la toxicidad del aire producida por el molino 2, método Eco-speed.

No obstante las diferencias fundamentales encontradas se centran:

- Los métodos Eco-indicador e Impact 2002+ le asignan la mayor importancia de categoría de impacto a la respiración de inorgánicos, mientras que el método Eco-speed a pesar de darle una gran importancia a los efectos no carcinogénicos le concede una gran importancia al calentamiento global por emisiones de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y dióxido de azufre (SO₂) producido por el alto consumo de electricidad, como se puede ver en la figura 3.5.

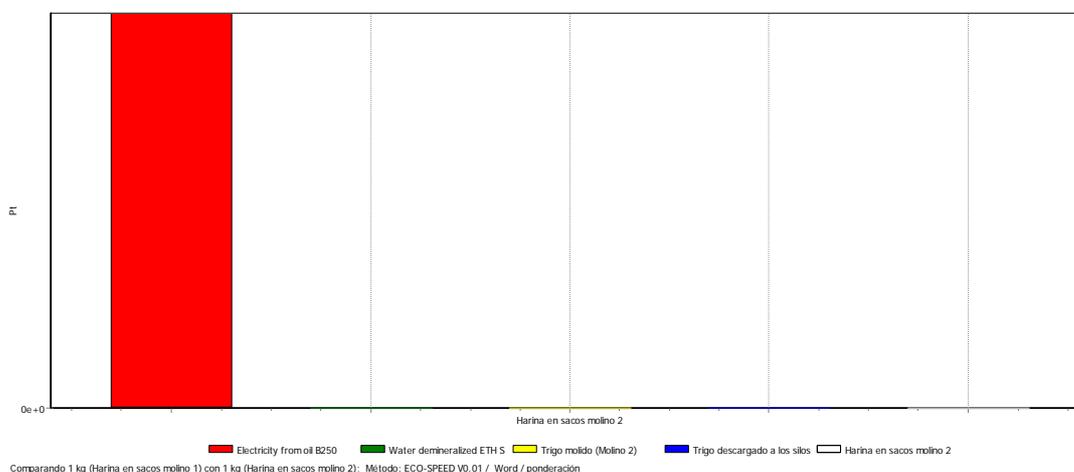


Fig 3.5: Aportes de los principales procesos al calentamiento global, método Eco-speed.

3.4 Etapa 4: Análisis de mejoras

Según los resultados obtenidos las mejoras deben estar encaminadas a la disminución de emisiones de SO₂, CO y CO₂, causadas principalmente por el uso del alto consumo de electricidad y por las emisiones de partículas sólidas (polvo) en el proceso productivo del molino 2.

Se recomienda para la mejora del proceso productivo de este molino realizar una inversión la cual consiste en la sustitución de algunos equipos e incluir otros, para así ganar en un mejoramiento tecnológico, aumentando su productividad al doble y contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

En la tabla 3.6 se muestra un desglose de los equipos que se deben adquirir.

Capítulo3: Análisis de los Resultados.

Equipos y Piezas	Cantidad	Pisos	Costo/ equipo (MN)	Situación
Cangilones		Todos	\$ 8614.20	Los elevadores de cangilones que transportan el trigo a la limpia y a las torvas de remojadura (42-A y 38 – A), se encuentran en buen estado, lo que hay que reponer los cangilones que le faltan.
Filtros	2	4	19 100.00	Instalar uno en el área de limpia para la aspiración del polvo y otro en el área de molienda.
Torvas de remojadura	2	Todos	2 025 688.79	Ampliar las torvas para una mayor capacidad.
Esclusas	20 3	4 5	471.00	Adquirir
Ciclonetas	20 3	4 5	1 400.00	Adquirir
Ventilador de alta	1	4	12 532.00	Sustituir los 2 ventiladores de alta por uno de mayor capacidad
Equipo de remojadura automática	1	4	3000.00	Adquirir
Separador magnético	3	3	13 100.00	Adquirir
Plansichter	1	3	37 700.00	Sustituir el 2do plansichter por uno de 6 secciones y 24 gavetas.
Cepilladora de trigo intensivo con canal de aspiración	2	2 3	42 195.00	Adquirir
Bancos de cilindros	9	2	46 899.50	Sustituir los 7 que hay en existencia e incrementarlos a 9.
Cepilladoras de salvado	4	2	27 800.00	Adquirir
Bascula de trigo limpio	1	2	15 000.00	Adquirir
Despedradora	1	1	12 000.00	Adquirir
Disgregadores	4	1	1 300.00	Sustituirlos
Dosificadores volumétrico	2	1	12 300.00	Adquirirlos , uno para la salida de las torvas de remojadura y otro para

Capítulo 3: Análisis de los Resultados.

				el trigo que va a al banco B1.
Maquina empacadora	1	1	11 838.74	Sustituir
Bascula de trigo sucio	1	4	3 400.00	Adquirir
Pizarra de control eléctrica	1	1	3 264.42	Adquirir
Bascula de harina	2	5	265.13	Sustituirlas porque las que están instaladas no funcionan.
Costo total de la inversión			\$ 2 297 868.78	

Tabla 3.6: Propuesta de equipos que se deben comprar

Para la evaluación económica de la propuesta se dispone de los siguientes datos:

- Costo de producción de 1 t de harina de trigo (\$ 495.80).
- Precio de venta de 1 t de harina de trigo (\$ 600.00).
- Volumen de producción anual (21 600.00 t).
- Interés (15%).

Para determinar la factibilidad de la propuesta y las verdaderas ganancias del proyecto se debe conocer el comportamiento del dinero en el tiempo, por lo que se determina calcular el Valor Actual Neto (VAN) para los flujos de caja proyectados en todos los años de evaluación del proyecto, se determina la Tasa Interna de Retorno (TIR) y se calcula el Período de Recuperación de la Inversión (PRI).

La tabla 3.7, muestra el calculo realizado de las técnicas expuestas anteriormente y en la figura 3.6, se muestra el resultado del Valor Actual Neto (VAN), donde se pueden apreciar que la recuperación de la inversión se obtiene a partir del cuarto año del proyecto.

	Años del proyecto					
	0	1	2	3	4	5
PRI	(\$1,998,146.77)	(\$3,700,014.44)	(\$2,220,129.12)	(\$933,273.04)	\$185,732.41	\$1,158,780.68
VAN	(\$1,998,146.77)	(\$3,700,014.44)	(\$2,220,129.51)	(\$933,273.04)	\$185,732.58	\$1,158,780.95
TIR			-39%	-1%	17%	27%
Flujo de caja	-2297868.78	-2250720	2250720	2250720	2250720	2250720
Costo(\$/ton)		495.8	495.8	495.8	495.8	495.8
Precio venta (\$/ton)		600	600	600	600	600

Capítulo3: Análisis de los Resultados.

Volumen de producción (ton)		-21600	21600	21600	21600	21600
Interés	15%					

Tabla 3.7: Cálculo de Factibilidad Económica del Proyecto

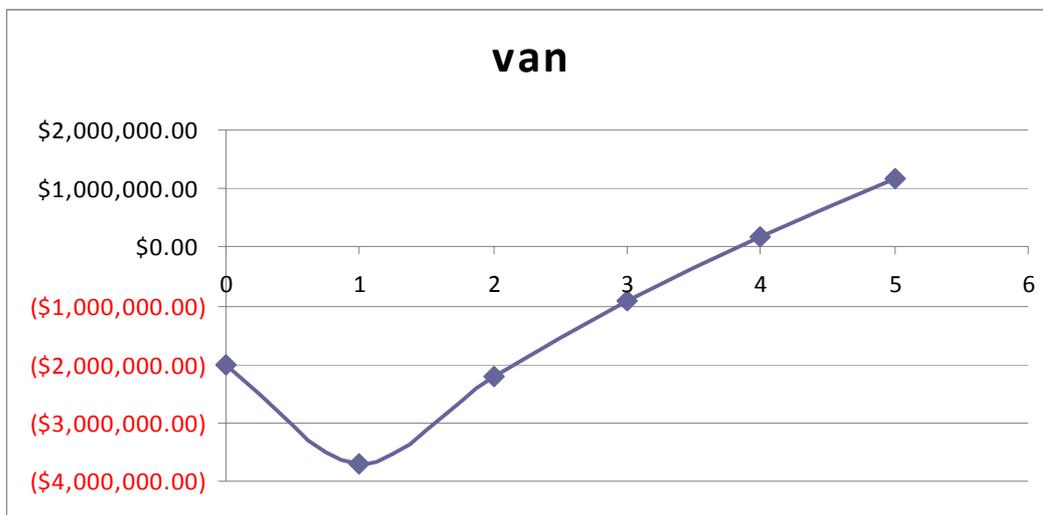


Fig 3.6: Comportamiento del Valor Actual Neto (VAN) en el tiempo.

Estos resultados calculados validan la factibilidad de la propuesta presentada en la evaluación económica del proyecto de mejora.

La ejecución de este trabajo pudiera representar un negocio para la Empresa de Cereales Cienfuegos ya que aumentaría su producción al doble, le ahorraría al país \$ 1 158 780.68 al quinto año de haber realizado la inversión al no tener que importar la harina de trigo, contando además con un mejoramiento tecnológico y ganaría el medio ambiente al dejar de recibir volúmenes de emanaciones de partículas sólidas (polvo) que disminuirían los costos ambientales externos.

Conclusiones Generales

1. Se define a partir de la metodología propuesta en las normas ISO 14 040 y usando el software SimaPro 7.1 una metodología capaz de valorar el ciclo de vida de la producción de harina en la Empresa Cereales Cienfuegos y su propuesta de mejora.
2. La comparación de tres métodos de evaluación de impacto coincide en cuanto las categoría de impactos, el método Eco – speed además fue capaz de asignar importancia al calentamiento global.
3. En la Empresa de Cereales Cienfuegos mostró que las categorías de impacto más afectadas son: la respiración de sustancias inorgánicas y el calentamiento global.
4. La fase más contaminante es la producción de harina de trigo, debido a las emisiones de partículas sólidas (polvo) y el calentamiento global por emisiones gases de efecto invernadero por el alto consumo de energía eléctrica.
5. Como mejora del proceso se propone hacer una inversión de equipos, para ganar en mejoramiento tecnológico, aumentar la productividad y contribuir al cuidado del medio ambiente, comprobándose la factibilidad técnica y económica demostrando que la inversión es factible al recuperar la inversión a partir del 4 años ahorrándole al país \$ 1 158 780.68 a partir del quinto año.

Recomendaciones

1. Discutir el trabajo con la Dirección de la Empresa Cereales Cienfuegos, el Ministerio de Planificación y Economía, y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente a fin de que se lleve a cabo la inversión propuesta en el molino 2.
2. Seguir profundizando la aplicación del ciclo de vida de la producción de harina bajo las características del país fundamentalmente en procesos de ponderación, normalización y determinación de incertidumbre.
3. Aplicar esta metodología al resto de los molinos del país para poder mitigar los impactos causados por emisiones que puedan contribuir al calentamiento global, a la salud humana y al mal uso de los recursos.

Referencias Bibliográficas

Análisis del Ciclo de Vida. (2010). . Retrieved from www.compraverde.org.

Caldeira-Pires, A. C. (2005). *A Avaliação do Ciclo de Vida: a ISO14040 América Latina*.
Brasília.

De Carvalho, A. C. (2001, July). *Análisis del Ciclo de Vida de productos derivados del cemento- Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento*.

Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el
Ecodiseño. (2007). . Retrieved from www.lcamexico.com.

Contaminación ambiental en la actualidad. (2005). . Retrieved from
www.eumed.net/ce/2005/dhi-acv.pdf.

Díaz Peña, M. (2009). *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de alcohol: ejemplo de caso ALFICSA*. UCF Carlos Rafael Rodríguez.

Efectos de la contaminación ambiental sobre el ser humano. (n.d.). . Retrieved April 27,
2010, from <http://html.rincondelvago.com/efectos-de-la-contaminacion-sobre-el-ser-humano.html>.

Espinosa, G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental* (pp. 34-38).
Retrieved from www.eumed.net/ce/2005/dhi-acv.pdf.

Espinoza, G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*.

Evaluación del impacto ambiental del proceso de obtención de alcohol carburante
utilizando el algoritmo de reducción de residuos. (2006). , 85-95.

Fullana, Pierre, & Rita Puig. (1997). *Análisis del Ciclo de Vida* (1° ed.). Rubes.

Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura, NC-ISO 14 040:

1999. (1999). .
- Guía Metodológica Estudio de Ciclo de Vida. (2001). , 25.
- Izcalli, C. (2005). Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable. Retrieved from www.lcamexico.com.
- Jiménez Cruz, F. (2002). Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales en las Actividades Petroleras en México. (p. 1). Presented at the XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún, México. Retrieved June 1, 2010, .
- La Contaminación Atmosférica. (n.d.). . Retrieved April 27, 2010, from <http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf.html>.
- La revolución industrial y el deterioro ambiental. (n.d.). . Retrieved April 27, 2010, from redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/proyectos/ecos.../pdf/antecedentes.pdf.
- Las 10 ciudades con mayor contaminación del mundo. (2008). . Retrieved from <http://www.losrecursoshumanos.com/contenidos/2328-las-10-ciudades-con-mayor-contaminacion-del-mundo.html>.
- Marsmann, & Manfred. (2000). *The ISO 14040 Family*. *International Journal of Life Cycle Assessment* (Vol. 5). Retrieved June 4, 2010, .
- Montoya R, M. I. (2006). Evaluación del impacto ambiental del proceso de obtención de alcohol carburante utilizando el algoritmo de reducción de residuos. *Facultad de Ingeniería*, (36), 85-95.
- Romero Rodriguez, B. I. (2002). *El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental*. Instituto de Ciencias de la Educación de la UAEM.
- Sáenz de Buruaga, & Jaime Mayté. (1996). Análisis de ciclo de vida para la reducción de impactos medioambientales generados por el sector agroalimentario Vasco, *49*, 48-

50.

Sánchez, O. J. (2007). Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: una aproximación cualitativa. *Revista Universidad EAFIT*, 43, 59-79.

Suarez Olivera., P. V. (n.d.). *Evaluación del Impacto ambiental utilizando la metodología de Análisis de Ciclo de vida la UEB “Sergio González”*. UCF Carlos Rafael Rodríguez.

Tablero, H. (n.d.). Medio Ambiente. Retrieved April 27, 2010, from

<http://www.monografias.com/trabajos15/medio-ambiente-venezuela/medio-ambiente-venezuela.shtml>.

Trama, L., & Troiano, J. C. (2002). Análisis del Ciclo de Vida según las normas de la subserie IRAM-ISO 14040”. Departamento de Energía y Asuntos Ambientales.

Revista Construir, 57, 6.

from

[http://www.escatop.ipn.mx/Data/Sites/1/SharedFiles/pdf/investigacion/Ambiental/6
evaluacion%20del%20medio%20ambiente.pdf](http://www.escatop.ipn.mx/Data/Sites/1/SharedFiles/pdf/investigacion/Ambiental/6%20evaluacion%20del%20medio%20ambiente.pdf).

Herrchen, M., & Klein, W. (n.d.). *Fraunhofer-Institute for Environmental Chemistry and
Ecotoxicology*. Germany. Retrieved June 3, 2010, .

ISO 14041 Gestión Ambiental Análisis del Ciclo de Vida. Definición del Objeto y Alcance
y Análisis del Inventario. (2000). .

ISO 14042 Gestión Ambiental Análisis del Ciclo de Vida. Evaluación del Impacto del
Ciclo de Vida. (2000). . Retrieved June 9, 2010, from about:blank.

ISO 14043 Gestión Ambiental Análisis del Ciclo de Vida. Interpretación del Ciclo de Vida.
(2000). .

Janet Nápoles Álvarez, Areli Ábalos Rodríguez, Norma Pérez Pompa, Alina Marañón
Reyes, & Eleazar Díaz Franco. (2007). *Impacto Ambiental de la Industria
Petrólfera
de Santiago de Cuba. Caracterización*. Retrieved from
<http://www.uo.edu.cu/ojs/index.php/tq/article/viewFile/970/707>.

Narayanaswamy, V., Altham, W., & Van Berkel, R. (2003, June). *Methodological
Framework for Application of Environmental Life Cycle Assessment (LCA)*.

Olivier Jolliet, Manuele Margni, Raphaël Charles, & Sébastien Humbert. (n.d.). *Problema
al cargar la página*. Retrieved June 3, 2010, from [http://es-
es.start2.mozilla.com/firefox?client=firefox-a&rls=org.mozilla:es-ES:official](http://es-es.start2.mozilla.com/firefox?client=firefox-a&rls=org.mozilla:es-ES:official).

Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental

Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (n.d.). . Retrieved
June 3, 2010, from

<http://www.medioambiente.gov.do/cms/archivos/legislacion/SGAP03>.

Riera, P. (1993, October 19). Los estudios de impacto ambiental desde la economía. Una perspectiva europea. Retrieved from <http://webs.uvigo.es/maxose/pdf/eia.pdf>.

Sabatini, F., Sepulveda, C., & Villarroel, P. (n.d.). Cinco dilemas sobre participacion ciudadana y evaluacion de impacto ambiental. Retrieved June 3, 2010, from http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/materias/ing_soc/4evaluacion.pdf.

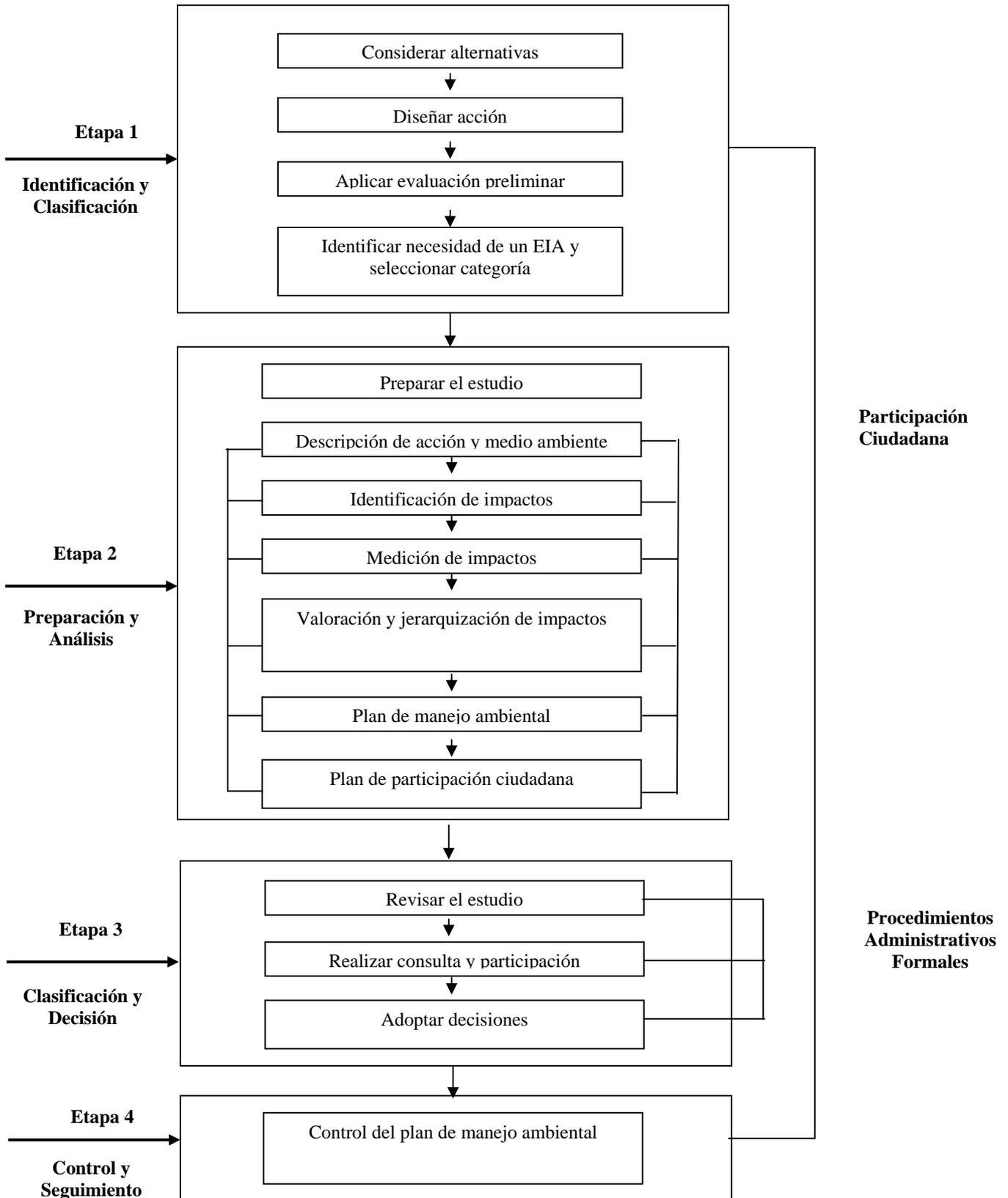
Use of the life-cycle assessment (LCA) toolbox

for an environmental evaluation of production

processes. (n.d.). (Vols. 1-7, Vol. 72). Retrieved June 3, 2010, .

Anexos

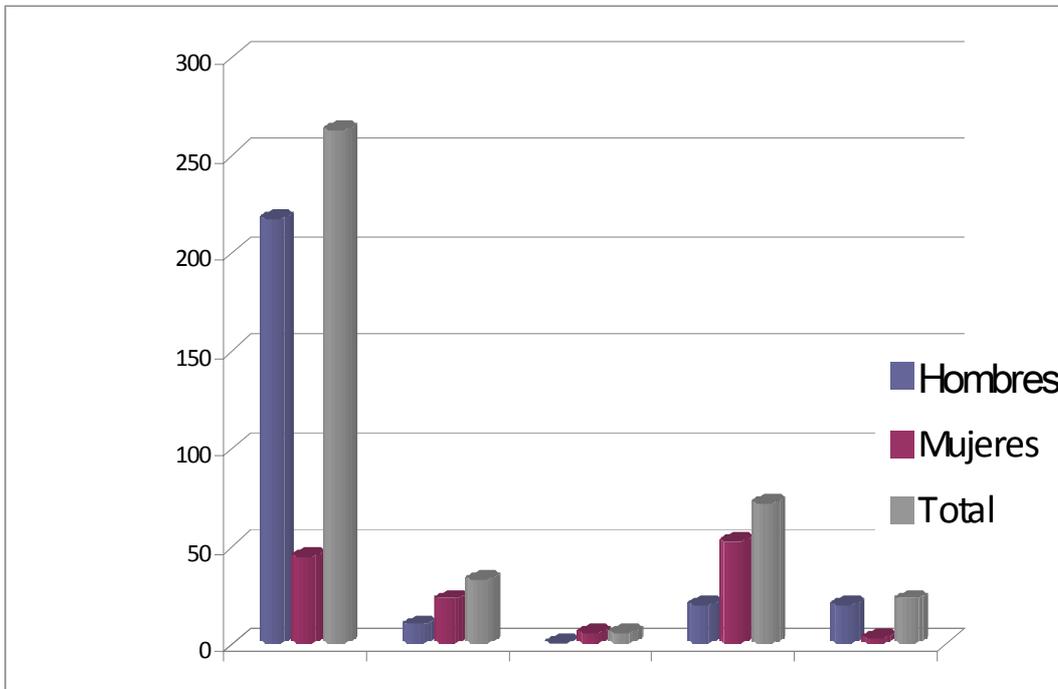
Anexos 1.1: Etapas cruciales para el proceso de EIA en un nivel operativo



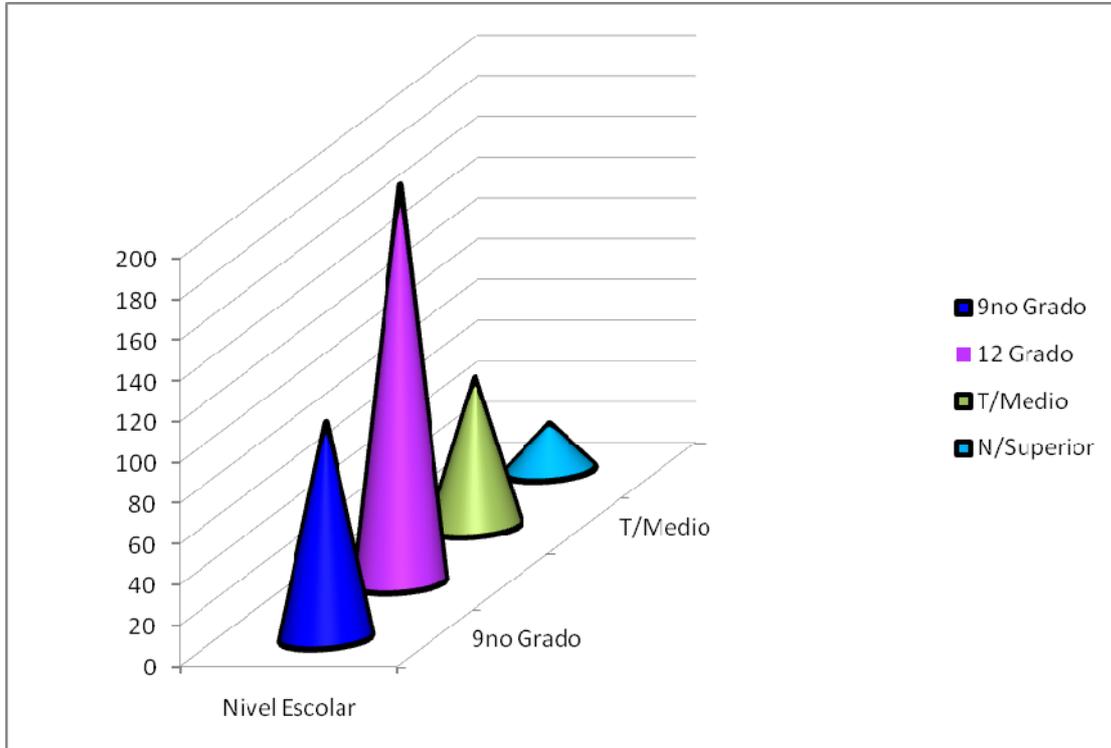
Anexos 2.1: Total de trabajadores de la Empresa Cereales Cienfuegos.

	Operarios	Servicio	Administrativos	Técnicos	Dirigentes	Total
Mujeres	45	23	6	52	3	129
Hombres	218	10	0	20	20	268
	263	33	6	72	23	397

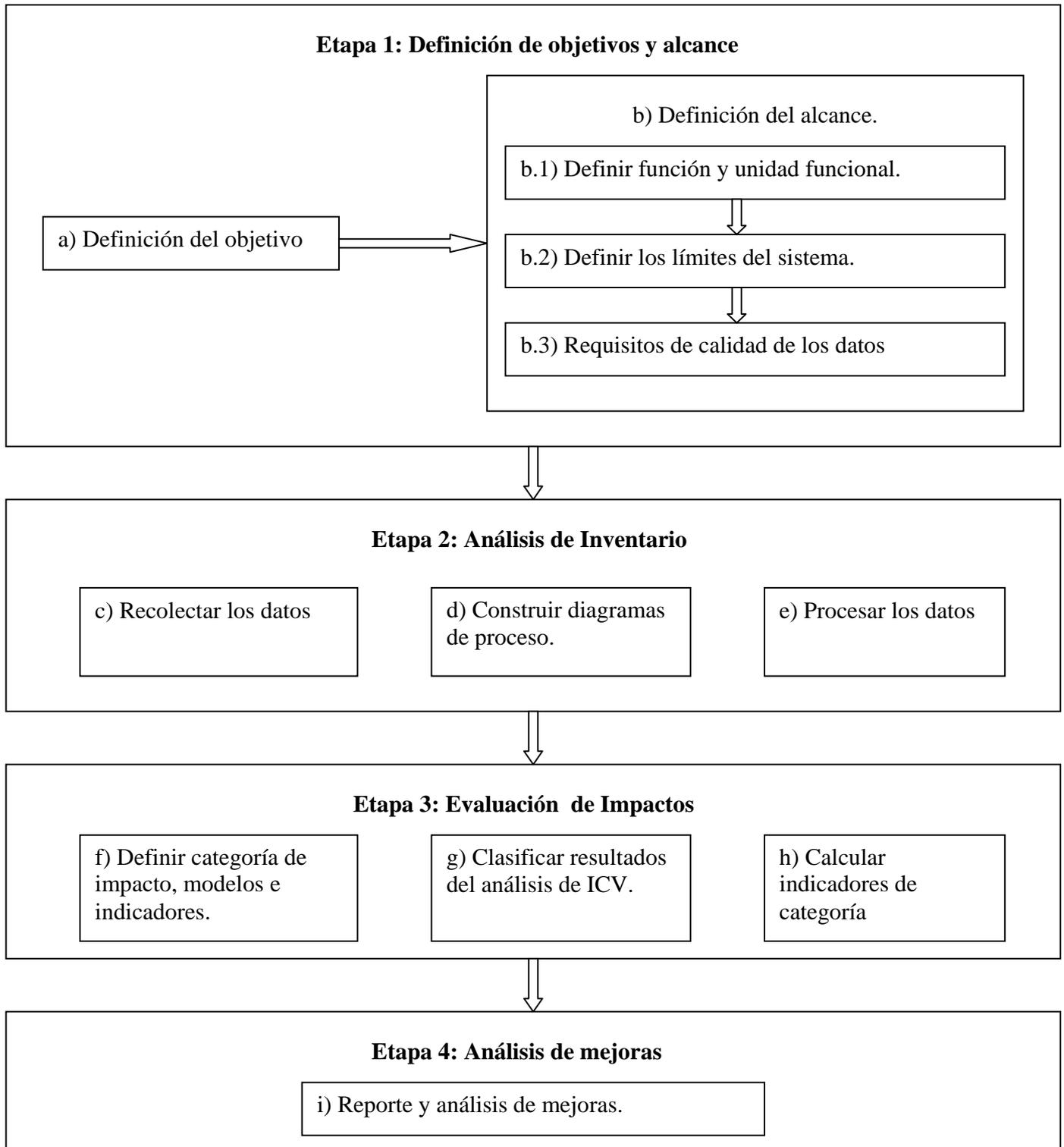
Anexo 2.2: Categorización ocupacional.



Anexo 2.3: Nivel de escolaridad de los trabajadores de la Entidad.

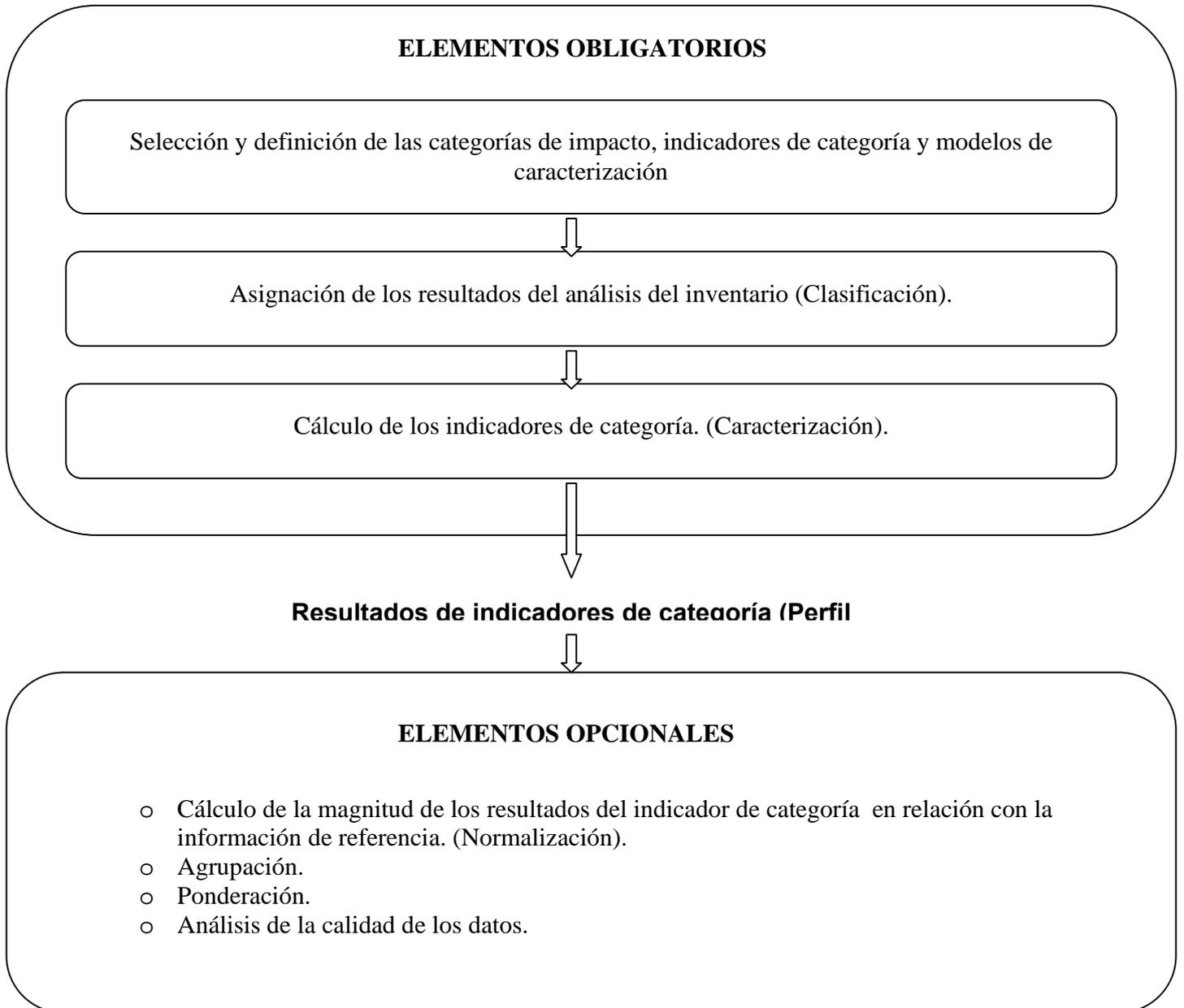


Anexo2.4: Elementos de la metodología de ACV



Anexo 2.5: Elementos que componen la valoración del impacto del ACV.

Fuente: (NC – ISO 14042, 2001).



Anexo 2.6: Relaciones entre las categorías de Impacto y de daño en el método Eco-Speed



Anexo 2.7: Clasificación de la productividad de los tipos de suelos

Tipos de Suelo(i) Usos (j)	Muy poco productivos	Poco Productivos	Productivos	Muy Productivos
Industrial, construcción, carreteras, minería	0	- 0.33	-0.66	-1
Ganadería	0.33	0	- 0.33	-0.66
Agricultura	0.66	0.33	0	- 0.33
Reforestación, frutales	1	0.66	0.33	0

Anexo 3.1: Comportamiento de los portadores energéticos (2007).

Portadores Energéticos	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
		Real	Real	Real	Real	Real	Real
Energía Eléctrica	Mwh	1386,8	1331,0	1320,0	1402,2	1094,5	1115,7
Ind. Consumo	Kwh/TP	28,9	28,5	34,8	45,8	76,4	49,5
Comb. Convenc.	TCC	518,6	497,7	493,6	524,3	409,3	417,2
Energía Eléctrica M #1	Mwh	858,6	758,8	820,9	893,7	756,0	664,6
Ind. Consumo	Kwh/TP	86,185	87,755	81,822	89,580	81,010	88,353
Energía Eléctrica M #2	Mwh	201,0	191,4	230,1	228,7	210,0	225,3
Indice de consumo	Kwh/TP	113,137	104,067	108,970	112,966	100,700	110,636
Energía Eléctrica S y M	Mwh	307,2	360,8	239,0	249,8	108,5	194,5
Indice de consumo	Kwh/TP	8,486	9,967	9,264	13,430	37,414	14,962
Energía Eléctrica Serv.	Mwh	20,0	20,0	30,0	30,0	20,0	30,0
Energía Eléctrica P.Saco	Mwh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
Diesel	T	4,7	4,2	5,3	3,8	3,7	5,3
Indice de consumo	T/TP	0,000098	0,000090	0,000140	0,000124	0,000258	0,000235
Comb. Convenc.	Tcc	5,0	4,4	5,6	4,0	3,9	5,6
Gasolina	T	1,2	1,0	1,7	1,0	1,3	1,1
Indice de consumo	T/TP	0,000025	0,000021	0,000045	0,000033	0,000091	0,000049
Comb. Convenc.	Tcc	1,3	1,1	1,9	1,1	1,4	1,2
Lubricantes	T	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3
Indice de consumo	T/TP	0,000014	0,000008	0,000013	0,000017	0,000024	0,000013
Comb. Convenc.	Tcc	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3
Gas Licuado	T	0,1	0,8	0,0	0,0	1,1	1,0
Indice de consumo	T/TP	0,000003	0,000018	0,000001	0,000000	0,000079	0,000043
Comb. Convenc.	Tcc	0,2	1,0	0,1	0,0	1,3	1,1
Nafta	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Indice de consumo	T/TP	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Comb. Convenc.	Tcc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Anexo 3.2: Comportamiento de los portadores energéticos (2008).

Portadores Energéticos	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
		Real	Real	Real	Real	Real	Real
Energía Eléctrica	Mwh	1357,0	1208,5	1120,8	1466,6	1325,4	1560,3
Ind. Consumo	Kwh/TP	37,8	30,3	80,0	30,5	35,7	29,9
Comb. Convenc.	TCC	507,4	451,9	419,1	548,4	495,6	583,4
Energía Eléctrica M #1	Mwh	837,6	711,0	825,1	936,0	911,2	994,8
Ind. Consumo	Kwh/TP	95,627	85,010	89,200	84,104	79,401	85,804
Energía Eléctrica M #2	Mwh	241,6	207,6	231,7	218,0	202,8	214,1
Indice de consumo	Kwh/TP	110,525	105,791	102,698	113,317	96,517	113,553
Energía Eléctrica S y M	Mwh	247,0	268,2	32,8	291,1	195,0	335,0
Indice de consumo	Kwh/TP	9,880	9,091	13,100	8,318	8,263	8,656
Energía Eléctrica Serv.	Mwh	30,0	21,0	30,0	21,0	15,0	15,0
Energía Eléctrica P.Saco	Mwh	0,8	0,7	1,2	0,5	1,4	1,4
Diesel	T	1,2	3,0	3,4	3,0	3,3	3,3
Indice de consumo	T/TP	0,000035	0,000075	0,000243	0,000063	0,000089	0,000063
Comb. Convenc.	Tcc	1,3	3,2	3,6	3,2	3,5	3,5
Gasolina	T	0,4	0,9	0,9	1,6	1,7	1,5
Indice de consumo	T/TP	0,000011	0,000023	0,000067	0,000033	0,000045	0,000029
Comb. Convenc.	Tcc	0,4	1,0	1,0	1,7	1,8	1,7
Lubricantes	T	0,5	0,8	0,2	0,4	0,7	0,4
Indice de consumo	T/TP	0,000013	0,000020	0,000018	0,000008	0,000018	0,000008
Comb. Convenc.	Tcc	0,5	0,8	0,2	0,4	0,7	0,4
Gas Licuado	T	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Indice de consumo	T/TP	0,000024	0,000001	0,000006	0,000000	0,000000	0,000001
Comb. Convenc.	Tcc	1,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
Nafta	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Indice de consumo	T/TP	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Comb. Convenc.	Tcc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Anexo 3.3: Comportamiento de los portadores energéticos (2009).

Portadores Energéticos	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
		Real	Real	Real	Real	Real	Real
Energía Eléctrica	Mwh	1227,81	1192,942	1140,130	1410,850	1225,050	1253,790
Ind. Consumo	Kwh/TP	31,158	42,468	63,422	28,352	40,735	30,706
Comb. Convenc.	TCC	459,1	446,1	426,3	527,5	458,1	468,8
Energía Eléctrica M #1	Mwh	765,66	804,240	804,337	830,311	790,207	747,389
Ind. Consumo	Kwh/TP	90,120	90,766	100,833	89,929	85,227	87,265
Energía Eléctrica M #2	Mwh	204,798	200,989	225,493	218,239	214,543	215,731
Indice de consumo	Kwh/TP	107,263	109,842	112,747	113,148	107,164	104,344
Energía Eléctrica S y M	Mwh	237,01	157,413	80,000	332,000	190,000	260,370
Indice de consumo	Kwh/TP	8,173	9,047	10,000	8,601	10,106	8,622
Energía Eléctrica Serv.	Mwh	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Energía Eléctrica P.Saco	Mwh	0,340	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Diesel	T	3,62	2,80	3,50	3,25	3,95	3,00
Indice de consumo	T/TP	0,000092	0,000100	0,000195	0,000065	0,000131	0,000073
Comb. Convenc.	Tcc	3,8	3,0	3,7	3,4	4,2	3,2
Gasolina	T	0,97	1,09	0,97	0,85	0,87	0,65
Indice de consumo	T/TP	0,000025	0,000039	0,000054	0,000017	0,000029	0,000016
Comb. Convenc.	Tcc	1,1	1,2	1,1	0,9	1,0	0,7
Lubricantes	T	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3
Indice de consumo	T/TP	0,000015	0,000016	0,000022	0,000008	0,000012	0,000006
Comb. Convenc.	Tcc	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3
Gas Licuado	T	0,640	0,045	1,039	0,777	0,611	0,642
Indice de consumo	T/TP	0,000016	0,000002	0,000058	0,000016	0,000020	0,000016
Comb. Convenc.	Tcc	0,7	0,1	1,2	0,9	0,7	0,7
Nafta	T	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Indice de consumo	T/TP	0,000004	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Comb. Convenc.	Tcc	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Anexos.

Portadores Energéticos	UM	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio	Desv. Estan.
		Real	Real	Real	Real	Real	Real		
Energía Eléctrica	Mwh	1342,420	1410,650	1227,260	1311,480	1368,310	1134,680	1270,45	96,8854237
Ind. Consumo	Kwh/TP	44,128	31,439	45,472	35,041	31,182	81,799	42,16	15,8669028
Comb. Convenc.	TCC	502,0	527,5	458,9	490,4	511,6	424,3	475,05	36,2273976
Energía Eléctrica M #1	Mwh	928,240	960,896	882,793	873,393	884,000	903,731	847,93	67,2971619
Ind. Consumo	Kwh/TP	78,308	79,991	71,286	78,463	84,527	75,830	84,38	8,09035307
Energía Eléctrica M #2	Mwh	218,880	211,404	221,117	216,596	209,427	210,649	213,99	6,92424502
Indice de consumo	Kwh/TP	105,867	108,019	110,261	106,550	114,906	107,826	108,99	3,22821724
Energía Eléctrica S y M	Mwh	165,000	208,050	98,050	191,191	244,583		196,70	72,3745598
Indice de consumo	Kwh/TP	10,000	6,733	7,782	7,880	7,740		7,89	2,69511804
Energía Eléctrica Serv.	Mwh	30,0	30,0	25,0	30,0	30,0	20,0	27,92	3,96480731
Energía Eléctrica P.Saco	Mwh	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,30	0,01154701
Diesel	T	2,57	2,98	3,49	3,09	2,90	2,650	3,15	0,42005546
Indice de consumo	T/TP	0,000084	0,000067	0,000129	0,000083	0,000066	0,000191	0,00	4,6136E-05
Comb. Convenc.	Tcc	2,7	3,2	3,7	3,3	3,1	2,8	3,34	0,44475472
Gasolina	T	0,86	0,96	0,88	0,98	0,97	0,995	0,92	0,10943191
Indice de consumo	T/TP	0,000028	0,000021	0,000032	0,000026	0,000022	0,000072	0,00	1,6271E-05
Comb. Convenc.	Tcc	0,9	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,02	0,12122867
Lubricantes	T	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,243	0,37	0,10181456
Indice de consumo	T/TP	0,000011	0,000007	0,000011	0,000010	0,000007	0,000018	0,00	4,9444E-06
Comb. Convenc.	Tcc	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,37	0,10730867
Gas Licuado	T	0,926	0,045	0,045	0,732	0,276	0,763	0,55	0,35299561
Indice de consumo	T/TP	0,000030	0,000001	0,000002	0,000020	0,000006	0,000055	0,00	1,9121E-05
Comb. Convenc.	Tcc	1,1	0,1	0,1	0,9	0,3	0,9	0,64	0,39648073
Nafta	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,02886751
Indice de consumo	T/TP	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	1,1547E-06
Comb. Convenc.	Tcc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02	0,05773503

Anexo 3.4: Productos químico tóxicos utilizados en la Empresa de Cereales Cienfuegos.

No.	Producto químico toxico	Caracterización
1	Aceites y lubricantes	Derivado de hidrocarburos Características peligrosas: nocivo, inflamable
2	Nafta	Líquido incoloro. Reacciona con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Características peligrosas: Inflamable, toxica
3	Disolvente	Contiene Xileno Características peligrosas: Inflamable, nocivo a la salud y tóxica para el medio ambiente
4	Acetileno	C_2H_2 . Características peligrosas: Explosivo. Toxico.
5	Pintura Esmalte Sintético	Contiene Xileno Características peligrosas: Inflamable, nocivo a la salud y tóxica para el medio ambiente
6	Pintura Aceite	Características peligrosas: Inflamable, toxica
7	Acetileno	C_2H_2 . Características peligrosas: Explosivo. Toxico.
8	Gas licuado de petróleo	Hidrocarburo (HC). Elevado Poder calórico (11 600 Kcal/Kg) y una concentración máxima de azufre de 0.2 g/cm ³ Características peligrosas: Inflamable. Se clasifica como un gas sumamente tóxico para la salud humana y como un gas combustible de alto riesgo.
9	Oxígeno (botella)	O_2 Características peligrosas: La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, con riesgo de fuego y explosión.
10	Askarel	Bifenilos Policlorados (PCBs). $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ Características peligrosas: altamente persistentes en el medio ambiente y perjudiciales para la salud humana, altamente toxico.
11	Cemento	Mezcla de silicatos de calcio, aluminatos, ferritos y sulfato de calcio. Características peligrosas: La sustancia irrita la piel y el tracto respiratorio, es corrosiva para los ojos.
12	Adhesivo instantáneo	Cianicilicato

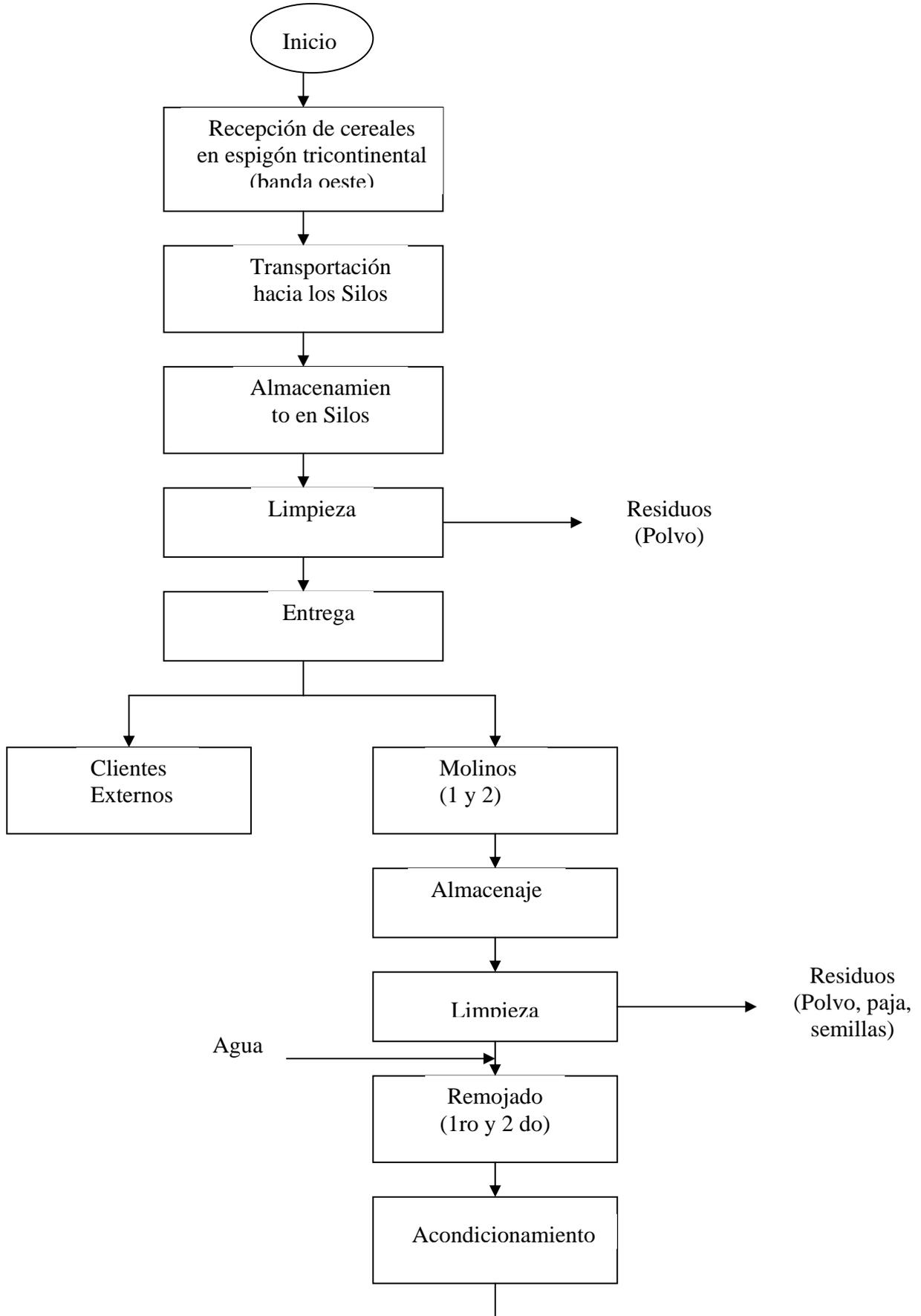
	Loxeal	Características peligrosas: Nocivo. Dañino para los ojos
13	Activador Loxeal	Características peligrosas: Nocivo, inflamable
Reactivos de laboratorio		
14	Cloruro de sodio	NaCl. Sólido blanco o claro Características peligrosas: Nocivo por altas dosis de ingestión
15	Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄ Oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. Corrosiva para la mayoría de metales más comunes, originando hidrógeno (gas inflamable y explosivo). Al calentar se forman humos (o gases) irritantes y tóxicos (óxido de azufre). Características peligrosas: Corrosivo, toxico
16	Acetato de magnesio	C ₄ H ₆ MgO ₄ Características peligrosas: toxico
17	Etanol absoluto	C ₂ H ₅ OH Características peligrosas: fácilmente inflamable, toxico
18	Acido clorhídrico	HCl líquido transparente o ligeramente turbio que va de incoloro a amarillo claro. Características peligrosas: corrosivo a cualquier concentración, se distingue por su olor característicamente irritante
19	Tiocianato de potasio	KSCN Características peligrosas: Nocivo, toxico en contacto con ácidos al liberar gases
20	Peróxido de benzoilo	C ₁₄ H ₁₀ O ₄ Características peligrosas: Puede descomponerse con explosión por choque, fricción o sacudida. Puede explotar por calentamiento intenso Por combustión, formación de humos tóxicos e irritantes y gases de ácido benzoico y monóxido de carbono. Reacciona violentamente con compuestos orgánicos, ácidos inorgánicos, alcoholes y aminas, originando peligro de fuego y explosión. Ataca a algunas formas de plástico, de caucho o de recubrimientos; pudiendo originar peligro de fuego y explosión. Explosivo, inflamable, nocivo
21	Ácido bórico	H ₃ BO ₃ Características peligrosas: La sustancia se descompone al calentarla intensamente por encima de 100°C ,

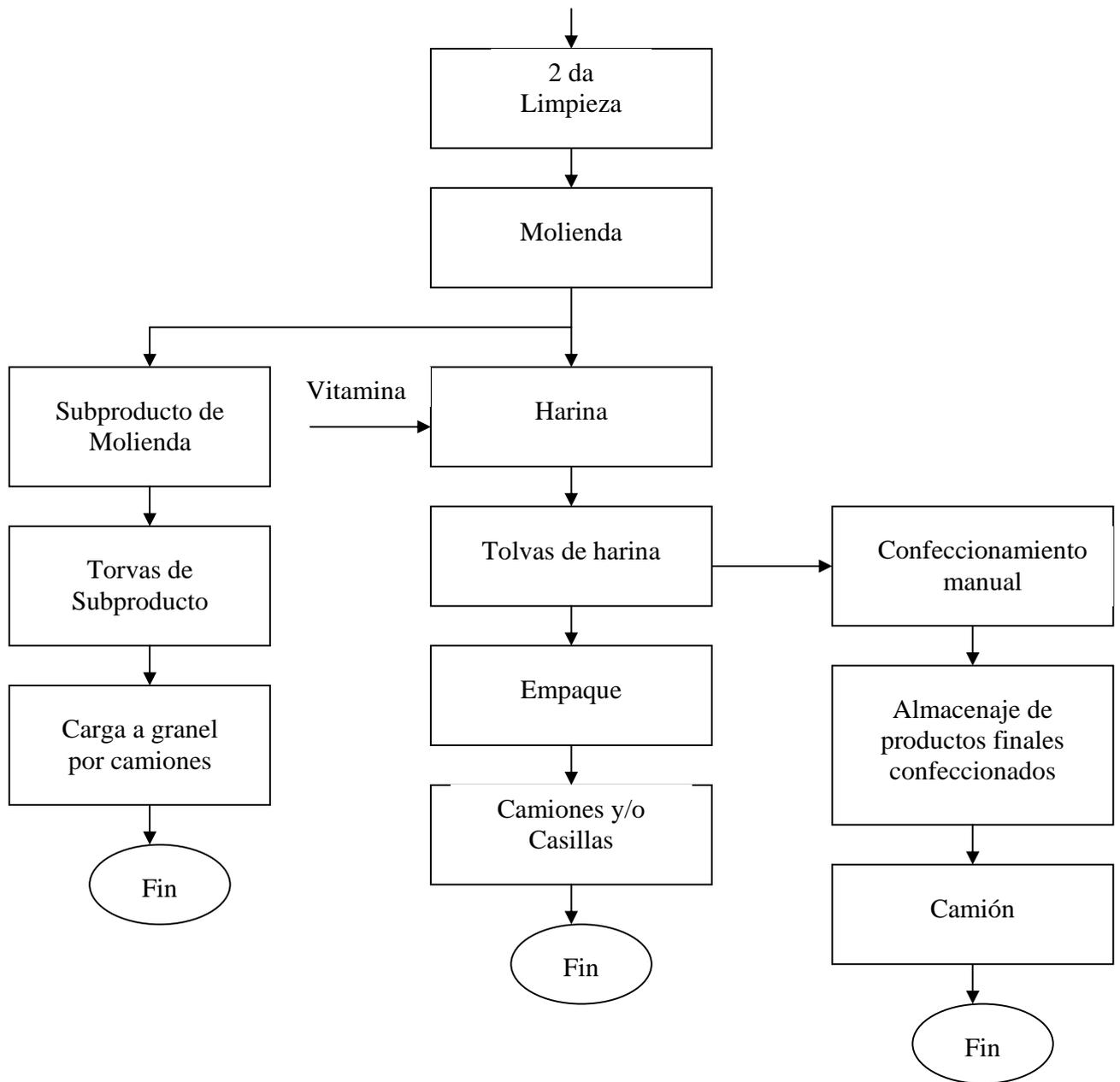
		produciendo agua y anhídrido bórico irritante. La disolución en agua es un ácido débil. Incompatible con carbonatos y hidróxidos alcalinos. Irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Causa efectos en el tracto gastrointestinal, hígado y riñones.
22	Hidróxido de sodio	NaOH (sosa cáustica) Características peligrosas: La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos. Corrosivo.
23	Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄ Características peligrosas: Producto no peligroso
24	Acetanilida PA	C ₁₄ H ₂₀ ClNO ₂ Características peligrosas: Por combustión, formación de gases tóxicos (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, cloruro de hidrógeno). Se hidroliza en medio fuertemente ácido o alcalino. Corrosivo del acero y el hierro negro. Tóxico
25	Sulfato de cobre (catalizador Kjeldahl)	(Cu) (0,3% en CuSO ₄ ·5H ₂ O) Catalizador en la digestión ácida previa a la determinación de nitrógeno según Kjeldahl Características peligrosas: Nocivo al medio ambiente
26	Sulfato de cobre	CuSO ₄ Características peligrosas: Reacciona violentamente con hidroxilamina, causando peligro de incendio. Reacciona con magnesio, formando gas inflamable/explosivo (hidrógeno - véase ICSC 0001) Ataca el hierro y el zinc en presencia de agua. Nocivo para el hombre y el medio ambiente.
27	Zinc metálico granulado	Zn Características peligrosas: Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular. Si está seca, puede cargarse electrostáticamente por turbulencia, transporte neumático, vertido, etc. Altamente inflamable
28	o-Toluidina	C ₇ H ₉ N/C ₆ H ₄ CH ₃ NH ₂ Características peligrosas: La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder, produciendo humos tóxicos, incluyendo óxidos de nitrógeno. Reacciona con oxidantes fuertes, especialmente el ácido nítrico. Tóxico, nocivo para el medio ambiente.

Anexo 3.5: Relación de reactivos ociosos en el laboratorio (2009)

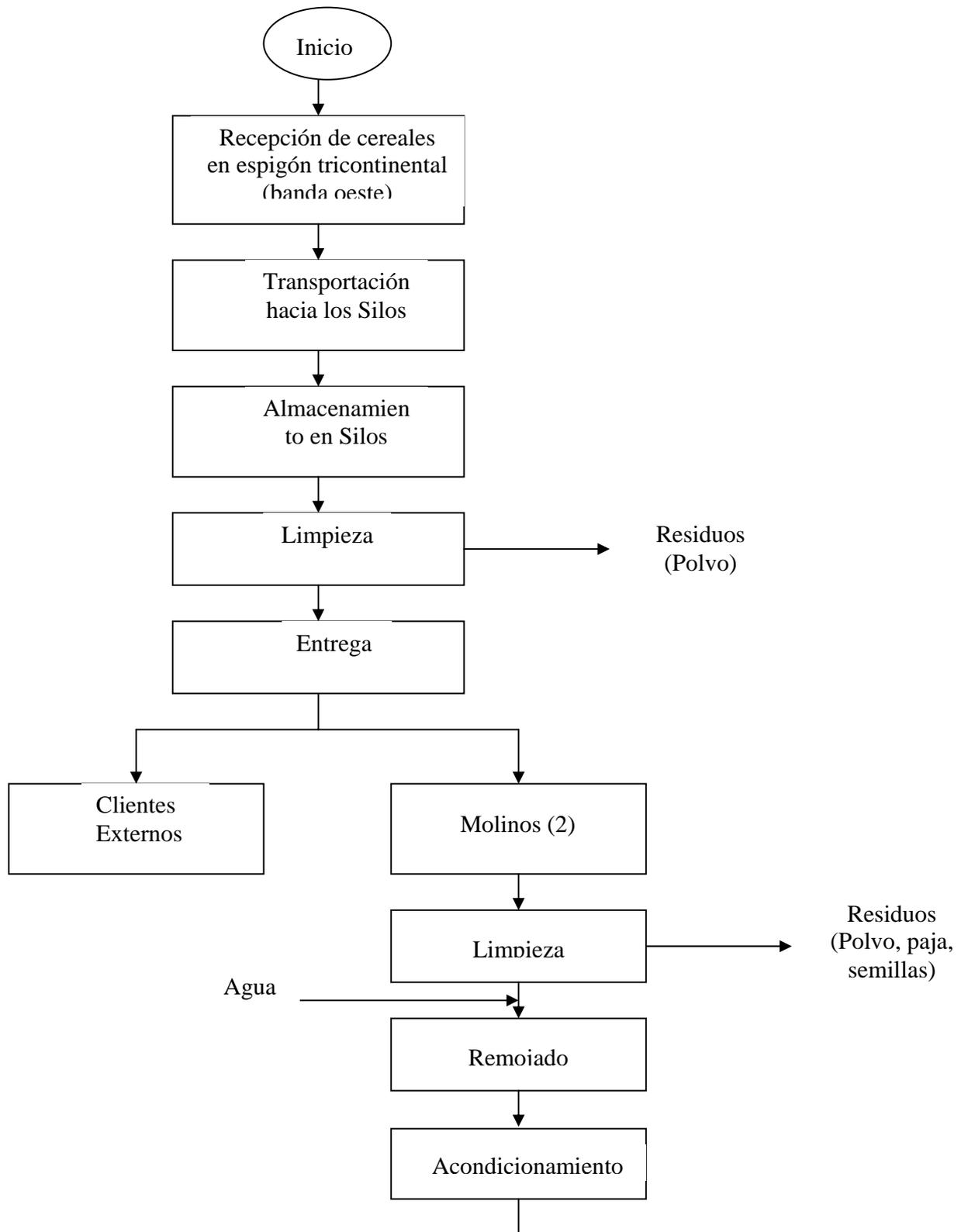
Reactivos	Cantidad de existencia
Sulfato de Quinina	200 G
Benceno	0.5 Litros
Cloruro de Potasio	13.600 KG
Fluriglucina	100 G
Sulfato de Sodio anhidro	30.0 KG
Fenolftaleína	1.650 G
Fosfato de potasio Monobásico	0.5 kg
Iodato de Potasio	200 G
Ácido Moleico	0.250 g
Tiamina Dicloruro	20 G
Tonestato de Sodio	350 g
Sulfato de sodio Anhidro	2.0 KG
Biftalato de Potasio	0.5 kg
Negro Ericromo	30 G
Hierro en Polvo	1 kg
Cromato de Potasio	2.5 kg
Ferrocianuro de Potasio	2.5 kg
Ácido Necotídínico	200 g
Carbonato de sodio anhidro	0.5 kg
Reactivos	
Azul de Metileno 1X 10	70 G
Azul de Metileno 1 X 100	200 G
Idroxido de Potasio	5 kg
Explosivos	
Zin en polco	2.5 kg
Cloruro de Bario	6.00 kg
Premanganato de Potasio	850.0 G

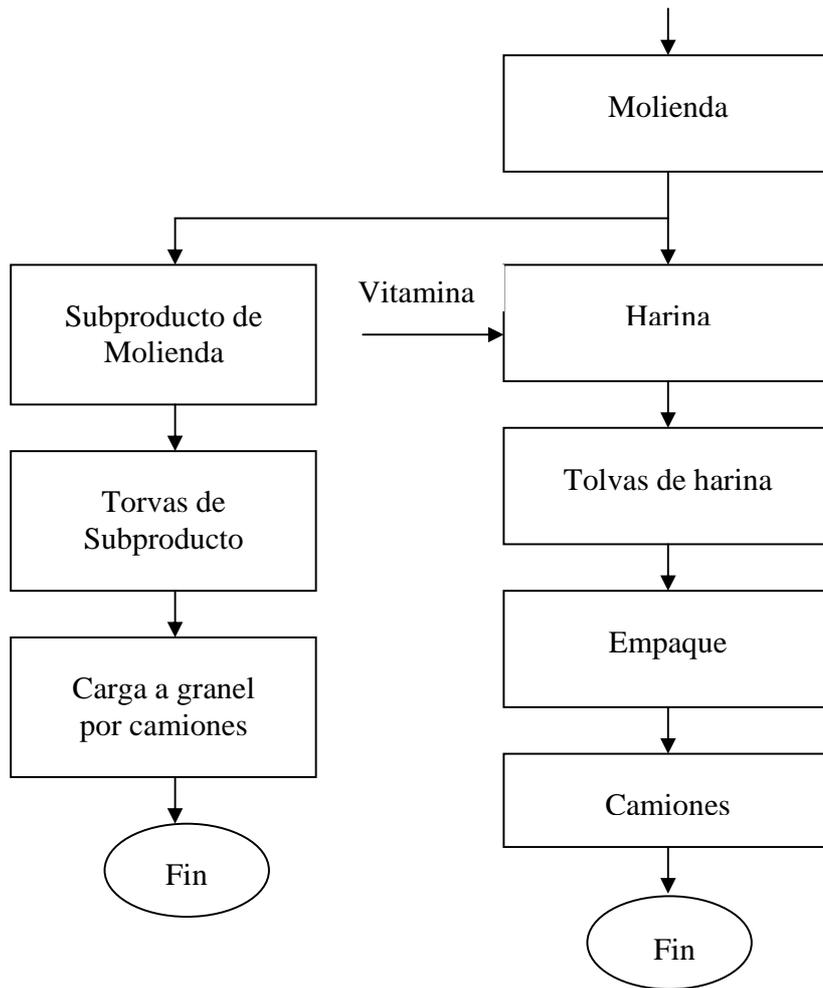
Anexo 3.6 Diagrama de Flujo del Molino 1





Anexo 3.7: Diagrama de Flujo Molino 2





Anexo 3.8: Cálculo de categoría de impacto utilizando el método Eco-Indicador

Categoría de impacto	Unidad	Harina en sacos molino 1	Harina en sacos molino 2
Total	Pt	0.007717943	0.11713432
Carcinogens	Pt	8.51E-05	8.77E-05
Respiratory organics	Pt	7.17E-06	7.38E-06
Respiratory inorganics	Pt	0.001840512	0.11107783
Climate change	Pt	0.000484489	0.000499249
Radiation	Pt	6.29E-12	5.03E-12
Ozone layer	Pt	2.10E-06	2.17E-06
Ecotoxicity	Pt	0.000536799	0.000553153
Acidification/ Eutrophication	Pt	0.000266764	0.000274891
Land use	Pt	4.55E-11	3.64E-11
Minerals	Pt	3.37E-12	2.70E-12
Fossil fuels	Pt	0.004495034	0.004631975

Anexo 3.9: Cálculo de categoría de impacto utilizando el método Impact 2002+

Categoría de impacto	Unidad	Harina en sacos molino 1	Harina en sacos molino 2
Total	Pt	3.77E-05	0.000831949
Carcinogens	Pt	1.24E-06	1.28E-06
Non-Carcinogens	Pt	1.08E-07	1.11E-07
Respiratory inorganics	Pt	1.34E-05	0.000806902
Ionizing radiation	Pt	4.57E-14	3.65E-14
Ozone layer depletion	Pt	1.53E-08	1.58E-08
Respiratory organics	Pt	5.21E-08	5.36E-08
Aquatic ecotoxicity	Pt	1.03E-08	1.06E-08
Terrestrial ecotoxicity	Pt	2.31E-07	2.38E-07
Terrestrial acid/nutri	Pt	2.00E-07	2.06E-07
Land occupation	Pt	3.40E-14	2.72E-14
Aquatic acidification	Pt	-	-
Aquatic eutrophication	Pt	-	-
Global warming	Pt	1.18E-05	1.21E-05
Non-renewable energy	Pt	1.07E-05	1.10E-05
Mineral extraction	Pt	6.60E-16	5.28E-16

Anexo 3.10: Cálculo de categoría de impacto utilizando el método Eco - speed

Categoría de impacto	Unidad	Harina en sacos molino 1	Harina en sacos molino 2
Total	Pt	4.69E-14	7.33E-14
Carcinogens (AIR)	Pt	1.63E-15	1.68E-15
Non Carcinogens (AIR)	Pt	1.36E-15	2.64E-14
Carcinogens (Water)	Pt	2.54E-15	2.61E-15
Non Carcinogens (water)	Pt	2.20E-15	2.27E-15
Carcinogens (Soil)	Pt	1.21E-30	9.65E-31
Non Carcinogens (Soil)	Pt	4.97E-24	3.98E-24
EcoTox (Air)	Pt	2.10E-24	2.17E-24
EcoTox (Water)	Pt	6.04E-20	6.22E-20
EcoTox (Soil)	Pt	0	0
Global Warming (IPCC-100)	Pt	3.58E-14	3.69E-14
Ozone Layer	Pt	3.10E-15	3.19E-15
Land Use	Pt	8.58E-24	6.86E-24
Energy Use *	Pt	2.46E-16	2.53E-16
Resourses Use	Pt	5.17E-22	5.33E-22
Water Use	Pt	2.85E-20	2.28E-20