

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE QUÍMICA - FARMACIA



**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO DE MASTER EN
INGENÍERIA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL.**

Título: Evaluación técnico, económico y ambiental
de la Panadería “El Pinto”

Autor : Ing. Karel Diéguez Santana.

Tutor : Dr. CT. Luis E. Arteaga Pérez
Dra. Yannay Casas Ledón.

Consultante: Dra. CT. Elena Rosa Domínguez

Santa Clara 2012

“Y es que la naturaleza no hace nada en vano, y entre los animales, el hombre es el único que posee la palabra”.

Aristóteles. (384 AC-322 AC. Filósofo griego).



A mis dos princesas Laura Beatriz y Liz Lauren.

A mi esposa por ser apoyo constante.

A mis padres por toda la vida.

A la memoria de mis abuelos.

Agradecimientos

Antes que nada quisiera agradecer a mis tutores y amigos: Luis Ernesto y Yannay.

A todos los demás amigos y familiares que me motivaron, y siempre están ahí.

A los profesores Iván y Elena Rosa.

A todos los profesores de la Maestría de Ingeniería en Saneamiento Ambiental que me dieron esta posibilidad.

Al laboratorio del CEQA por ayudarme con los análisis de las aguas residuales.

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluaron las posibles alternativas tecnológicas para incrementar la eficiencia tecnológica y el desempeño ambiental de la Panadería “El Pinto”. El estudio se basó en criterios técnicos, económicos y ambientales y sus resultados tienen incidencia sobre el efecto ambiental de la Empresa Provincial Productora de Alimentos de Villa Clara.

Para ello primeramente se realizó un análisis teórico general, y se identificaron los puntos débiles que presenta la tecnología desde la perspectiva técnica y ambiental. Se cuantificaron y caracterizaron las principales emisiones, así como su impacto al entorno. Se realizó el estudio de una nueva propuesta tecnológica para la minimización del volumen y carga contaminante de los residuales demostrándose el elevado potencial económico para su futura instalación a través de diferentes indicadores dinámicos tales como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (PRD).

Se concluye el estudio con un análisis de ciclo de vida para la tecnología y se determinan los principales impactos sobre los seres humanos y el ecosistema; donde el proceso de producción de pan muestra los mayores impactos en todo su ciclo de vida, siendo la respiración por inorgánicos y acidificación/eutroficación las categorías más relevantes en el estudio ambiental.

En el estudio comparativo la implementación de la nueva tecnología en el proceso de producción de pan, permite una mayor compatibilidad ambiental, y reduce los efectos globales relacionados a las diferentes categorías de impacto en un 44% y a las categorías de daños en un 47%.

Palabras Claves: Tecnología, Análisis de Ciclo de Vida, contaminantes, residuales.

ABSTRACT

Different alternatives to increase the technical efficiency and the environmental behavior of the “El Pinto” bakery were studied in the present project. The study was based on technical, economic and environmental criteria and the results have incidence on the environmental effect of the Provincial Food Enterprise of Villa Clara.

As a first step a general theoretical analysis was developed and the possible weak technical and environmental points were identified. The main emissions were quantified and characterized to determine their possible impacts. A new technological proposal was evaluated to reduce the volume and polluting load of the wastes and its economic potential as demonstrated using dynamic indicators such as: net present value (NPV), internal return rate (IRR) and the return of the inversion (ROI).

The analysis was concluded by means of a Life Cycle Analysis applied to both, the new proposal and the actually installed technologies and the main effects on the human and the ecosystem were quantified. The production of bread reported the greatest impacts in the whole life cycle being the inorganic respiration and eutrophication/acidification the most relevant categories.

The comparison between the technologies demonstrated that the new alternative reduced in 44% the global effects of impacts categories and 47% of the damage categories.

Key Words: Technology, Life cycle assessment, pollutants and wastes.

Índice

Introducción -----	1
Capítulo I. Revisión bibliográfica	
1.1 La Contaminación Ambiental-----	3
1.2 Generalidades de la Industria Alimentaria-----	3
1.3 Contaminantes en la Industria Alimentaria-----	4
1.3.1 Contaminantes gaseosos-----	4
1.3.2 Residuos sólidos-----	6
1.3.3 Aguas residuales-----	8
1.3.3.1 Principales características de las aguas residuales-----	9
1.3.4 Contaminación sonora-----	11
1.3.5 Consumo y abasto de agua-----	13
1.3.6 Consumo de energía en la industria alimentaria-----	13
1.4 Tecnologías para la producción de panes-----	14
1.5 Análisis de Ciclo de Vida-----	17
1.5.1 Metodología de ACV-----	17
1.5.2 Definición de los objetivos y alcance-----	19
1.5.3 Análisis de inventario-----	19
1.5.4 Evaluación del impacto-----	19
1.5.5 Interpretación de los resultados-----	20
1.6 Aplicaciones del ACV en la Industria Alimentaria Cubana-----	21
1.7 Conclusiones Parciales -----	22
Capítulo 2. Caracterización tecnológica de la Panadería “El Pinto”	
2.1 Descripción tecnológica de la Panadería “El Pinto”-----	23
2.1.1 Identificación del proceso de producción-----	24
2.2 Caracterización técnica del proceso-----	25
2.2.1 Caracterización del equipamiento-----	26
2.2.2 Cuantificación de los flujos de materia y energía-----	27
2.3 Generación de residuos en el proceso-----	28
2.3.1 Residuales líquidos. Caracterización-----	28
2.3.1.1 Análisis de los resultados. Residuales líquidos-----	30
2.3.2 Emisiones gaseosas. Caracterización-----	31
2.3.2.1 Análisis de los resultados. Residuales gaseosos-----	32

2.3.3. Residuales sólidos. Caracterización-----	33
2.3.3.1 Análisis de los resultados. Residuales sólidos-----	36
2.3.4 Contaminación por ruido-----	38
2.3.4.1 Contaminación por ruido. Análisis de los resultados -----	38
2.4 Conclusiones parciales-----	40
Capítulo 3. Análisis técnico económico y ambiental de la Panadería “El Pinto”	
3.1 Descripción de la nueva propuesta tecnológica para la Panadería “El Pinto”-----	41
3.2 Factibilidad de la tecnología propuesta desde el punto de vista técnico-económico y ambiental-----	44
3.2.1 Análisis técnico-----	44
3.2.2 Análisis económico-----	46
3.2.3 Análisis ambiental-----	48
3.2.3.1 Selección de las categorías de impacto-----	49
3.2.3.2 Inventario de ciclo de vida-----	49
3.2.3.3 Resultados del ACV-----	51
3.3 Conclusiones parciales-----	54
Conclusiones-----	55
-	
Recomendaciones-----	56
-	
Bibliografía-----	57
-	
Anexos-----	64
-	

En las últimas décadas la preocupación por la degradación ambiental ha aumentado a nivel mundial, pues sus consecuencias pueden determinar la supervivencia del ser humano y el desarrollo económico de las naciones. El concepto de desarrollo sostenible basado en el bienestar de las actuales generaciones, sin limitar la capacidad de las futuras para garantizar su propio desarrollo se convierte en una opción obligada para todas las naciones. Por lo que el cuidado del medio ambiente es una necesidad que debe vincularse tanto a las tecnologías instaladas como a nuevos proyectos en fase de planificación, con el objetivo de mitigar y/o eliminar su efecto nocivo.

En este marco la empresa cubana no ha sido ajena a la corriente internacional, ha intensificado sus esfuerzos por estrechar lazos con el Medio Ambiente y ha empezado a considerar el factor medioambiental como un elemento más de competitividad.

En Cuba existen fuentes puntuales de contaminación, que identifican a las instalaciones de la industria alimentaria, como un sector productivo de gran incidencia en el deterioro ambiental de los diferentes territorios. En Villa Clara la Empresa Provincial Productora de Alimentos posee una importante actividad en ese aspecto, pues existen 134 unidades diseminadas en los 13 municipios. Dentro de esta serie de pequeñas industrias se ubica la Panadería “El Pinto” que por sus volúmenes de producción y situación geográfica resulta ser la de mayor incidencia al medio ambiente. Debido al régimen de trabajo continuo se generan en “El Pinto” una gran cantidad de residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Destaca además, la utilización de combustibles fósiles (Diesel) en los tres hornos para la cocción de la producción, con una salida de gases contaminantes CO, CO₂, NOx cuyo cuerpo receptor está situado en el centro de la capital provincial.

Esta instalación genera un residual líquido con una alta presencia de sólidos, grasas y carga orgánica que sin un previo tratamiento no cumple generalmente las normas para verterlo a ningún cuerpo receptor, así como también importantes volúmenes de residuos sólidos, y algunas otras afectaciones de ruido. El impacto generado por los residuales es variado pues lo mismo afecta: los seres humanos, las aguas (unido así flora, fauna y unidades de paisaje de forma indirecta), el aire, la tierra y el suelo.

La tecnología empleada en la panadería “El Pinto” es atrasada lo que sumado a los grandes volúmenes de producción y el régimen de trabajo la hace muy vulnerable, los mantenimientos preventivos son casi imposibles por la escasez de piezas de repuesto, agregándose además que existe sobredimensionamiento de algunos equipos que han llegado a la fábrica proveniente de otras instalaciones. Debido a la explotación

continua de la tecnología y al deterioro de la misma, se incrementan a diario las paradas técnicas con afectaciones en el producto final, la generación de residuos y el balance económico de la planta; derivándose todo esto en un insuficiente desempeño ambiental. Por estas razones se ha identificado como problema científico del presente trabajo que:

Problema científico

El desempeño ambiental de la Panadería “El Pinto” es insuficiente y no se tienen alternativas de solución para disminuir los impactos generados por los residuales y el deterioro de la tecnología.

Cuya hipótesis de solución podría ser que:

Hipótesis del trabajo

La aplicación de los principios de ingeniería química integrados a herramientas de análisis ambiental en la panadería “El Pinto”, permitirán proponer alternativas para reducir los impactos negativos de los residuales sobre el medio ambiente y mejorar la tecnología instalada.

Para dar solución a la problemática plantada y demostrar la hipótesis formulada se trazan los siguientes objetivos:

Objetivo general de la investigación.

Evaluar alternativas tecnológicas desde el punto técnico, económico y ambiental para minimizar los residuales y emisiones de la Panadería “El Pinto” e incrementar la eficiencia tecnológica.

Objetivos específicos.

1. Realizar una caracterización técnica del equipamiento instalado en la Panadería “El Pinto” para cuantificar su grado de deterioro y obsolescencia.
2. Caracterizar las diversas corrientes de residuales de la Panadería “El Pinto”.
3. Analizar y evaluar alternativas tecnológicas para minimizar el volumen y carga contaminante de los residuos en la Panadería “El Pinto”.
4. Realizar el análisis del ciclo de vida a la tecnología instalada y a las nuevas propuestas para determinar sus impactos al medio.

Capítulo I. Revisión Bibliográfica

1.1. La contaminación Ambiental

La contaminación ambiental está definida, como la introducción directa o indirecta en el medio ambiente, de cualquier tipo de desecho peligroso que pueda resultar nocivo para la salud humana o la vida vegetal o animal, dañe los ecosistemas, estorbe el disfrute de los lugares de esparcimiento u obstaculice otros usos legítimos del medio ambiente (PNUMA, 1988).

Según (Fernández, A. 2003), entre las inminentes amenazas que comprometen a corto plazo, no solamente la calidad de vida de la humanidad y demás especies animales y vegetales, sino la propia supervivencia de los seres vivos, se encuentra la contaminación ambiental. La vinculación industrial y ambiental y su repercusión social, han impulsado a considerarla como una característica más de la gestión empresarial. En la actualidad, el resultado del desarrollo y progreso tecnológico ha originado diversas formas de contaminación, las cuales alteran el equilibrio físico y mental del ser humano e incluso comprometen su supervivencia a corto plazo (Van de Moortele, N. 2007).

1.2. Generalidades de la Industria Alimentaria

La industria alimentaria está constituida por aquellas actividades de origen agrícola, pecuario y marino, que sirven para generar productos de consumo humano y animal. Este tipo de industria cubre una amplia gama de rubros; los principales se mencionan a continuación: frutas y vegetales, productos lácteos, carnes, avícolas, granos, azúcar, productos marinos, aceites, grasas comestibles, cervecería, destilería, vinícola, bebidas gaseosas, jugos, extractos, saborizantes, alimentos especiales para bebés y dietéticos, alimentos preparados y alimentos congelados. Es necesario destacar que en la industria de alimentos, se incluye una amplia diversidad de materias primas, productos, niveles de procesamiento y tecnologías.

Este tipo de industrias depende directamente del medio ambiente natural para garantizar un suministro de materias primas que permita obtener productos libres de contaminantes adecuados para el consumo humano. La demanda de productos alimenticios de gran calidad, que mantengan la composición nutritiva y las características organolépticas de la materia prima original, han conducido a mejoras en los métodos de procesamiento.

La complejidad, los volúmenes de desechos, el uso de agua y la naturaleza de las materias primas hacen de la industria de los alimentos un vector de emisiones con notable incidencia en el desempeño ambiental de la sociedad. En un contexto ecológico, el interés respecto a la industria alimentaria se centra en las cargas de contaminantes orgánicos que en el efecto de las sustancias

tóxicas. Si estas cargas no se previenen o controlan adecuadamente, comprometerán las infraestructuras comunitarias de supervisión de la contaminación o afectarán de manera negativa a los ecosistemas locales.

1.3. Contaminantes en la industria alimentaria

Los principales contaminantes en la industria alimentaria son los contaminantes contenidos en emisiones gaseosas, las aguas residuales (contaminantes orgánicos), los residuales sólidos, el ruido, el consumo de agua y el consumo de energía.

1.3.1. Contaminantes gaseosos

El impacto fundamental de las emisiones gaseosas en las instalaciones de procesamiento de alimentos está dado por la difusión de material particulado, óxidos de azufre, de nitrógeno, hidrocarburos u otros compuestos orgánicos en el aire atmosférico. Otro problema que se asocia con estas industrias son los olores nocivos los que toman mayor importancia cuando las fábricas se instalan cercanas a zonas residenciales.

En el caso de las especies de azufre el dióxido de azufre (SO_2) y el trióxido de azufre (SO_3) son los principales compuestos presentes en la atmósfera. La principal fuente antropogénica de óxido de azufre es la combustión de combustibles fósiles ricos en azufre (ejemplo: carbón, petróleo combustible (*fuel oil*), diesel) y representa cerca de un tercio del total del SO_2 atmosférico. Alrededor de un 93% de todas las emisiones de SO_2 generadas por el hombre provienen del hemisferio norte. (Annalee, Y; et al. 2000), Específicamente en el caso de la producción de alimentos en la Panadería “El Pinto” los contaminantes de azufre están dada por la concentración del mismo en el combustible.

En el aire, el SO_2 se oxida parcialmente en SO_3 y, en presencia de humedades altas, se transforma en ácido sulfúrico y sus sales, por medio de procesos fotoquímicos atmosféricos, se forman neblinas acidas las cuales afectan notablemente los materiales de la construcción.

En la industria del pan estas emisiones solamente interesan cuando los hornos utilizados son de combustión directa y el combustible utilizado es un petróleo pesado con alto contenido de mercaptanos y otros compuestos de azufre.

En la industria procesadora de productos derivados de la harina: el polvo (mezcla partículas en fase sólida retenidas o depositadas) en suspensión, el humo (mezcla de partículas en fase sólida y líquida) y los gases que resultan de los procesos de combustión son los factores con mayor incidencia ambiental, por lo que cualquier estudio de este carácter debe considerar estos aspectos y su efecto sobre el ambiente que circuncida a la instalación. En el caso específico que



se pretende analizar en el presente trabajo (Industria procesadora de Pan "El Pinto") se analiza a profundidad este elemento.

Las partículas de menor tamaño en estos procesos se originan en los quemadores de los hornos y el sistema de escape se encarga de difundirlas en el cuerpo receptor. Esas partículas pequeñas consisten en una matriz de compuestos carbonáceos, parte de agua, así como sulfatos, nitratos y traza de metales disueltas o absorbidas en fase sólida. Estos se pueden formar a partir de sulfatos y nitratos presentes en el aire y/o combustible, constituyendo un conjunto en estado sólido. La composición de un aerosol también determina la reactividad química de sus partículas individuales y la densidad de las mismas. (Annalee, Y; et al. 2000). Las partículas de mayor tamaño se emiten en forma de polvo y tienen incidencia solo en las zonas de descarga de materia prima y durante el procesamiento solo cuando las normas de higiene son deficientes.

Los óxidos de carbono están constituidos por el dióxido de carbono (CO_2) y el monóxido de carbono (CO). El CO_2 generalmente en la literatura clásica especializada en el tema no se considera como contaminante atmosférico, debido a que es un componente natural de la atmósfera donde desempeñan una importante función en el efecto invernadero. Sin embargo, existe gran preocupación por las crecientes emisiones de este gas como producto de la combustión, lo que puede afectar el balance térmico terrestre.

El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero. Llega a la atmósfera por la acción de los organismos vivos, la quema de combustibles fósiles y en menor medida por la descomposición de elementos orgánicos. Mantiene su equilibrio gracias al proceso de fotosíntesis y la absorción de la biosfera y los océanos.

Sin embargo actualmente aumenta a razón de 5% por década y se piensa que en los últimos 200 años se ha incrementado en un 25%. La primera causa es el uso masivo de petróleo, gas y carbón para satisfacer las demandas de fuentes energéticas de la sociedad moderna. La quema de combustibles fósiles libera anualmente alrededor de 20 billones de toneladas de ese gas a la atmósfera (Pérez, 1998) y (Carter, 2000). En forma natural, debiera mantenerse un equilibrio gracias a otros procesos, por ejemplo, la fotosíntesis mediante la cual se absorbe dicho gas de invernadero y se libera oxígeno. Pero, los procesos acelerados por el hombre liberan grandes cantidades de CO_2 como es la quema de vastas regiones tropicales de bosques para su aprovechamiento en agricultura.

Según Climate Change. World Wide Fund for Nature (WWF, 1995) estima que anualmente son liberados a la atmósfera más de 28 billones de toneladas de CO_2 y que de estas alrededor de 22.4 billones de toneladas provienen de la quema de combustibles fósiles, 16.4 billones de toneladas de los países industrializados. Otros 6 billones de toneladas de CO_2 son liberados en las



quemadas de bosques tropicales y otras quemadas de biomasa. Durante la época preindustrial alrededor del año 1750 las concentraciones atmosféricas se mantenían a un nivel cercano a los 280 ppm. En los últimos 200 años este nivel se ha incrementado en un 27% alcanzando los 360 ppm.

Por su parte, el CO es un contaminante que proviene, principalmente, de la combustión incompleta de cualquier tipo de combustible. También es producido en grandes cantidades por muchas fuentes naturales: a partir de gases volcánicos, incendios forestales, oxidación del metano ambiental, disociación del CO₂ en la parte superior de la atmósfera, etc. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua, estufas y otros aparatos de la industria alimentaria que queman combustible también son fuentes importantes de CO, tanto al aire libre como en ambientes interiores (en este último caso, el humo de cigarrillo puede ser una fuente adicional significativa). (www.puc.cl/edu/contam.htm).

Existen otros contaminantes como los hidrocarburos (HC) cuyas emisiones están asociadas a una insuficiente combustión de derivados del petróleo fundamentalmente, el ozono (O₃) que se forma naturalmente en las capas superiores de la atmósfera de la tierra y que a nivel del suelo se encuentra esencialmente como consecuencia de la contaminación provocada por la combustión de combustibles fósiles y la liberación de compuestos como óxidos de nitrógeno y elementos orgánicos por parte de la biomasa, que reaccionan con la luz del sol para formar ozono (www.puc.d/sw_educ/contam/cont/Atmosfera.htm), los compuestos orgánicos volátiles, (COVs) (no metálicos, excluidos los fluoruros carbonos (CFCs) y halones) que tienen una procedencia natural considerable (aunque cada día tiene más importancia las emanaciones procedentes de industrias y vertederos de residuos sólidos urbanos) que contribuyen a la contaminación fotoquímica, las dioxinas y bifenilos policlorados (PCBs) que al ser poco volátiles, pueden formar aerosoles y retornar a la superficie terrestre por efecto de la lluvia, contaminando el medio y afectando a la cadena trófica, creando serias disfunciones entre los organismos que los captan (Speeding,1981).

A la actualidad no se han realizado trabajos encaminados a cuantificar y evaluar el impacto ambiental generado por los hornos de cocción en una industria productora de pan en Cuba, sin embargo es común encontrar que estas instalaciones se encuentran ubicadas en los asentamientos incluso en zonas altamente pobladas como es el caso de la unidad "el Pinto" de Villa Clara.

1.3.2. Residuos sólidos

Los desechos sólidos generados en industrias procesadoras de alimentos también pueden afectar de forma negativa al medio ambiente, fundamentalmente debido a una mala gestión de los

mismos, en tanto que el control deficiente de la higiene y normas de vertimiento devienen en afectaciones a la salud y pérdidas de calidad. El control de las pérdidas de producto cumple la doble función de mejorar el rendimiento y la eficacia y, al mismo tiempo, reducir los residuos potenciales y atenuar los problemas de contaminación. El tratamiento de grandes cantidades de material plantea un problema potencialmente grave, relativo a la gestión de los residuos sólidos en la fase de producción. Los residuos del envasado son objeto de una atención cada vez mayor en lo que se refiere a la fase posterior al consumo del ciclo vital de un producto (Malagíé, M.G., Col., 2000).

Los residuos sólidos incluyen todos los materiales sólidos o semisólidos que el poseedor ya no considera de suficiente valor como para ser retenidos. (Tchobanoglous, G., 1994). El reciclaje o reutilización de los residuos sólidos depende en primera instancia de su clasificación. Los residuos sólidos pueden clasificarse de acuerdo a su origen (domiciliar, industrial, comercial, institucional, público, etc.); a su composición (materia orgánica, vidrio, metal, papel, textiles, plásticos, inerte y otros); o de acuerdo a su peligrosidad (tóxicos, reactivos, corrosivos, radioactivos, inflamables, infecciosos) (Rodríguez, A. 2004). Los residuos tienen diversas fuentes, muchos se generan durante los procesos de transformación de las materias primas, a través de los procesos de producción. Según (Collazos, H. 2005) los residuos sólidos se clasifican en:

➤ *Domésticos y comerciales.*

Los residuos sólidos domésticos consisten en orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. Típicamente la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, cartón, papel y plásticos de todo tipo, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales ferrosos, suciedad, etc. Los residuos que se descomponen rápidamente, también se conocen como residuos putrefactibles. Frecuentemente, la descomposición conducirá al desarrollo de olores molestos y a la reproducción de moscas.

➤ *Residuos especiales.*

Los residuos especiales de origen doméstico y comercial incluyen artículos voluminosos, electrodomésticos, residuos de jardín, baterías, aceite y neumáticos. Estos residuos normalmente se manipulan separadamente.

➤ *Residuos peligrosos.*

Es aquel residuo que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente.

➤ *Institucionales.*

Las fuentes institucionales de residuos sólidos incluyen centros gubernamentales, escuelas, cárceles y los residuos sanitarios de los hospitales.

➤ *Construcción y demolición.*

Las cantidades generadas son difíciles de estimar. La composición es variable pero puede incluir suciedad, piedras, hormigón, ladrillos, maderas grava y piezas de fontanería, calefacción y electricidad. Estos pueden incluir, además, vidrios rotos, plásticos y acero reforzado. De los anteriormente mencionados, los residuos domésticos y comerciales son los que representan fidedignamente la industria alimentaria y en específico la del pan.

Los riesgos causados por el manejo inadecuado de estos desechos son principalmente indirectos, y afectan al público en general. Ellos se originan por la proliferación de vectores de enfermedades tales como moscas, mosquitos, ratas y cucarachas, que encuentran en los residuos sólidos su alimento y las condiciones adecuadas para su reproducción; la alimentación de animales con residuos (cerdos, aves, etc.), práctica no recomendable como disposición final, puesto que se corre el riesgo de deteriorar la salud pública (U.S . E.P.A., 1994).

El caso de este tipo de residual tiene como característica propia que no es solo responsabilidad de la industria sino que viene aparejado con políticas ambientales locales y nacionales. El caso de la clasificación, recolección y reciclaje de los residuos sólidos generados es un sistema que involucra diferentes organismos, por ejemplo en el caso cubano relaciona las empresas de comunales, materias primas y la unidad de alimentos en cuestión estos aspectos acomplejan la solución eficiente del problema lo que no exime de responsabilidad a la unidad principal.

1.3.3. Aguas Residuales

El agua residual es el agua de desecho que se genera como resultado de la manipulación de las aguas, a la que se le ha incorporado diferentes sustancias que la hacen no utilizable y sus características difieren de las que le dieron origen (Cubagua, 2003). De acuerdo a su origen puede clasificarse en: agua residual doméstica (o urbana), agua residual industrial, agua de lluvia, agua de infiltración, agua residual albañal (agua residual doméstica e industrial) y agua residual combinada (agua residual doméstica e industrial y pluvial) (Sanz, J.L.1999). El vertimiento de estas aguas puede ocasionar en muchos casos, serios problemas de contaminación, ya que se produce una alteración de las condiciones ambientales. Daño a ríos, tierras, aguas subterráneas, vida acuática, pesca, y entorno (Conesa, V. 2000). Por la naturaleza del presente estudio se hará énfasis en las aguas residuales industriales provenientes del procesamiento de alimentos.

1.3.3.1. Principales características de las aguas residuales

Características físicas: Las principales características físicas con importancia para el estudio en las aguas residuales son: temperatura, olor, color, sólidos y conductividad (Rodríguez, J. A. 1997).

- ✓ La temperatura de las aguas residuales de pequeñas industrias alimentarias siempre se encuentra muy cercana a la temperatura ambiental por lo que no tiene incidencia notable sobre el cuerpo receptor.
- ✓ El olor del agua no debe ser inadecuado y en cuanto al color este comienza a ser negro cuando comienza la oxidación de las materias presentes en el agua, fenómeno que ocurre cuando el agua se mantiene estancada durante algún tiempo. Aspecto este que comúnmente se evidencia en industrias que procesan harina.
- ✓ La medida de la conductividad indica la facilidad con la que la corriente eléctrica pasa a través del agua residual. Puesto que el agua pura es muy mala conductora de la corriente eléctrica, las conductividades elevadas indican la presencia de impurezas, y más concretamente de sales disueltas. La medida de la conductividad resulta muy útil para detectar descargas procedentes de algunas industrias químicas, o infiltraciones de agua del mar en zonas costeras. Además, la conductividad informa sobre la posibilidad de usar el agua residual tratada para riegos, ya que muchas plantas son sensibles al contenido en sales disueltas, y la exposición del terreno a riegos prolongados con aguas muy conductoras puede dar lugar a su inutilización como terreno de cultivo (Rodríguez, J. A. 1997).

Composición química: Los principales parámetros para medir las características químicas son: materia orgánica, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno, materia inorgánica.

- Carga orgánica: Su reducción es el objetivo más importante del tratamiento de aguas residuales de industrias alimentarias. Es la responsable de la degradación que se aprecia en las corrientes de agua receptoras cuando no se remueve del agua residual. La mayor parte de la materia orgánica que contiene el agua residual es biodegradable, los microorganismos la utilizan como alimento, para lo cual necesitan consumir oxígeno. Este gas es moderadamente soluble en agua, y cuando se consume rápidamente su concentración disminuye hasta alcanzar niveles de anaerobiosis, es decir, ausencia de oxígeno disuelto (Harrison, R.M. 2001), provocando la muerte de las especies presentes en medio acuático. Los indicadores más reconocidos para el contenido de materia orgánica en un residual líquido son la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).** Esta medida representa la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar biológicamente la materia orgánica contenida en una muestra de agua, incubada durante cinco días a 20°C. Con esta medida se pretende reproducir el consumo de oxígeno en un medio natural, como podría ser un río, ocasionado por el vertido de agua residual.
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Con esta medida se estima el oxígeno necesario para oxidar químicamente la materia orgánica contenida en el agua. Debido a que la oxidación de la materia orgánica a través de ensayos químicos es más completa, el valor de la DQO es mayor que el de la DBO₅. Las mayores ventajas de la DQO en relación con la DBO₅ son la rapidez del ensayo (dos horas en lugar de cinco días) y la mayor fiabilidad y reproducibilidad de la técnica de medición.
- **Materia inorgánica:** el agua residual contiene especies inorgánicas que también tienen gran repercusión en su posible aceptación por un cuerpo receptor.
- **Oxígeno disuelto:** La estabilización de la materia orgánica requiere un aporte de oxígeno disuelto. Cuando el consumo excede al aporte de oxígeno, el agua está en condiciones anaerobias y se pueden producir problemas de olores, el proceso de depuración transcurre más lentamente.
- **pH:** La medida del pH por sí misma no indica si el agua posee impurezas, ya que un agua residual puede estar muy cargada y tener un pH neutro. Sin embargo, el pH es muy importante para determinar la tratabilidad biológica del agua, ya que los microorganismos presentan una tolerancia muy pequeña para los cambios de pH. Normalmente, el margen de pH adecuado para el tratamiento biológico es de 6-9.
- **Nutrientes:** Se llaman así las especies químicas utilizadas como alimento en el desarrollo de los microorganismos. Aunque los nutrientes abarcan un gran número de especies que los microorganismos necesitan en poca cantidad, el nombre se utiliza casi siempre para indicar a las distintas formas de nitrógeno y fósforo, que son los que se necesitan en mayores cantidades. El agua residual de industrias alimentarias contiene concentraciones bastante altas, tanto de nitrógeno como de fósforo. Estos nutrientes estimulan el crecimiento de microorganismos en los cursos de agua receptores. (Dinges, R. 1982)
- **Nitrógeno:** El nitrógeno se encuentra presente en el agua residual en forma orgánica, y en forma inorgánica como amoníaco, nitritos y nitratos. Estas distintas formas están relacionadas entre sí en lo que se conoce como ciclo del nitrógeno.
- **Fósforo:** También se encuentra en el agua residual en forma orgánica e inorgánica. Entre las formas inorgánicas la más importante es el fósforo soluble (ortofosfatos), que resulta

directamente utilizable por los microorganismos. Como ocurre con el nitrógeno, las distintas formas del fósforo son interconvertibles, dando así lugar al ciclo del fósforo.

Otro elemento químico necesario para el desarrollo de microorganismos, aunque en menor concentración, es el azufre. Este está presente en el agua residual en forma orgánica, y en forma inorgánica como sulfatos, sulfitos y sulfuros. (Rodríguez, J. A. 1997).

Características biológicas: Las aguas residuales industriales contienen microorganismos de muchas especies, algunos de ellos muy perjudiciales para la salud por ser causantes de enfermedades. Los tipos de microorganismos más abundantes en el agua residual son bacterias, protozoos y virus.

- Bacterias: Entre las bacterias presentes en las aguas residuales, aquellas a las que hay que prestar mayor atención son las bacterias patógenas o causantes de enfermedades. Las enfermedades más frecuentes ocasionadas por estas bacterias son el cólera, la disentería y el tifus, entre otras. Cada una de estas enfermedades está causada por un tipo distinto de bacterias.
- Protozoos: Algunos de los protozoos presentes en el agua residual son patógenos, como la ameba que provoca la disentería. Los protozoos pueden resultar útiles en el tratamiento del agua residual, ya que se alimentan de bacterias y contribuyen así a la purificación del efluente.
- Virus: Muchos de ellos provocan enfermedades en el hombre, entre ellas la poliomielitis y hepatitis. Estas enfermedades pueden transmitirse por medio del agua (Mason, C.F. 1996).

El uso de agua en el proceso de producción instalado en la Panadería El Pinto y la disposición de los residuales líquidos fue parcialmente analizado en el trabajo de Torres, D. (2011), el presente estudio incluye su análisis integrado con las demás fuentes de residuos que hasta el momento no se han tratado en la industria productora del pan. Lo planteado permite obtener la base documental para analizar de manera global el desempeño ambiental de la instalación aplicando técnicas modernas como es el análisis de ciclo de vida (ACV).

1.3.4. Contaminación sonora

El ruido es uno de los contaminantes más subestimados a pesar de ser omnipresente y tener un efecto negativo acumulativo sobre la salud. En la industria es casi inevitable la emisión de elevados niveles de ruido. Existe un número no despreciable de situaciones que promueven la generación de ruidos evitables, por ejemplo, la existencia de salideros de vapor, soldaduras mecánicas, desajustes y, en general, todos los defectos que provoquen vibraciones excesivas, tenderán a incrementar el nivel de ruido generado por una planta o equipo (Sexto, L.F. 2006).

Según Flores, E. (2000) el sonido representa la propagación de ondas de presión audibles a través de un medio elástico. El ruido es un sonido indeseable, cuya intensidad, frecuencia y duración, constituyen una molestia para las personas afectadas. El oído humano, transforma estas ondas de presión en señal acústica, con un umbral mínimo del orden de 20 μ Pa.

La contaminación sonora y protección del obrero industrial, constituye una preocupación hoy día; profesionales dedicados a la Seguridad Laboral, la Higiene Industrial, la Medicina Laboral y otras especialidades afines, han realizado estudios en los que evalúan las intensidades de los ruidos, sus riesgos y la repercusión auditiva. Varios autores hacen referencia a que la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que en el ambiente laboral no existe riesgo evidente de pérdidas auditivas para una exposición en que los niveles sonoros equivalentes se mantengan por debajo de los 75 decibeles (dB-A) para una jornada laboral de ocho horas, y que el American National Standards Institute establece dicho límite a 80 dB-A (Londoño, J.L.1997); (Pérez, G. 2000); (Sexto, L.F. 2006).

Merches, S.C. (2005) plantea que los valores de nivel de presión sonora (NPS) se encuentran en el rango 10-140 dB y el umbral del dolor corresponde a 140 dB. Ejemplo de esto es el sonido de un motor a propulsión ubicado a una distancia de 25 m. Los camiones y otras maquinarias pesadas generan NPS del orden de 90-110 dB, mientras que una biblioteca típica presenta 40 dB.

La propagación del sonido en el aire depende del tipo de fuente sonora, de las condiciones atmosféricas (dirección del viento, presión y temperatura), y del medio donde se propaga. Según Ramírez, M. (2004) la onda acústica emitida sufre pérdidas de energía en su propagación, atenuación por el aire, reflexión, absorción y difracción debido a obstáculos, etc. A medida que la onda se aleja de la fuente emisora, su energía decrece. El NPS medido a una distancia determinada de la fuente emisora, disminuirá en seis decibeles (dB) si se mide al doble de esa distancia.

El ruido como contaminante, forma parte importante en la contaminación ambiental, tanto en el ámbito laboral como en el urbano. En investigaciones realizadas por Cobo P. D; 1997 se plantea que el ruido afecta directamente a la salud de las personas y existen estrictas regulaciones sobre los niveles máximos permisibles. Este no solo puede generar daños al sistema auditivo, como el trauma acústico o la hipoacusia, sino que también puede afectar al sistema nervioso, al sistema digestivo, pérdida de productividad laboral, etc (Fernández, A. 2001).

Dentro de la literatura consultada sobre este tema (Harris, C.M. 1995 y Hassall, J.R. 1998) encontramos que el mayor número de métodos propuesto para el control del ruido, se centra en diferentes tipos de aislamientos acústicos, que abarcan desde el uso de paredes con diferentes

tipos de estructuras, empleo de materiales con características absorbentes, hasta el uso de protectores auditivos personales, en el caso de lugares que así lo requieran.

En el caso de la industria alimentaria y en específico la unidad productora de pan " El Pinto " no presenta un nivel crítico de ruido por su naturaleza aunque algunas partes móviles del equipamiento en ocasiones provocan molestias que aún no se han cuantificado. En adición a esto la obsolescencia del equipamiento y sus partes móviles hacen que en ocasiones el nivel de ruido afecte al personal que opera la instalación, a pesar de esto no se ha realizado aun un estudio encaminado a determinar la magnitud del problema y su posible repercusión sobre el personal y la población circundante.

1.3.5. Consumo y abasto de agua

Aunque la disponibilidad de agua potable es esencial, la industria alimentaria también requiere grandes volúmenes de este elemento para diversos usos ajenos al consumo, como la limpieza inicial de las materias primas, el lavado en canaletas, el escaldado, la pasteurización, la limpieza de los equipos productivos y la refrigeración del producto terminado. Los usos del agua se determinan en función de criterios de calidad para diferentes aplicaciones (Spiegel, J. 2000).

El agua utilizada en los procesos debe ser potable por lo que su uso indiscriminado se considera de alto impacto e importancia para la economía del proceso, de aquí que los proyectos de inversión consideren en primera instancia la cercanía de las instalaciones a las fuentes de agua y las alternativas de tratamiento. El agua que se consume por las industrias alimentarias en Santa Clara procede de la red de distribución doméstica por lo que su ahorro y gestión eficiente tiene no solo un impacto en el ámbito industrial sino que su efecto se dirige también al sector privado.

1.3.6. Consumo de energía en la industria alimentaria

El consumo de electricidad aporta un valor significativo de dióxidos de azufre (SO_2), de nitrógeno (NO_2) y de carbono (CO_2) y otras emisiones al medio ambiente. Teóricamente, cada 1000 kWh de electricidad consumida genera ocho libras de SO_2 , cinco libras de NO_2 y aproximadamente 1,400 lbs de CO_2 , siendo dichos compuestos los principales precursores del calentamiento global y la formación de lluvias ácidas.

Las necesidades energéticas han crecido a medida que la industria alimentaria ha ido ganando en complejidad. Son muchos los equipos a los que ha de suministrarse energía: hornos a gas; secadoras; calderas de vapor; motores eléctricos; unidades de refrigeración, y sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Con el incremento progresivo del costo de la energía el objetivo fundamental de los científicos de esta década se ha focalizado en la búsqueda de métodos y técnicas para su ahorro y nuevas fuentes de energía renovables.

La electricidad en Cuba se genera de forma centralizada y en escasa medida en grupos descentralizados ubicados en áreas altamente pobladas. Ambas tecnologías se basan en la combustión de combustibles fósiles los cuales acentúan los problemas de contaminación ambiental y repercute en el incremento de las importaciones por concepto de combustible.

En la instalación El Pinto se usan tanto energía eléctrica proveniente de la red nacional como combustibles fósiles para el proceso de cocción. La reducción de estos indicadores favorece la rentabilidad y reduciría el efecto ambiental al medio ambiente y a la salud humana (enfermedades respiratorias, y cardiovasculares (Annalee, Y et al. 2000).

1.4. Tecnologías para la producción de panes

Las tecnologías de producción de panes dependen del estilo propio de cada cultura, así como de las condiciones climáticas de cada zona geográfica. También inciden mucho los volúmenes de producción a confeccionar que es el factor que determina el régimen de los procesos y el diseño específico del equipamiento. Por lo general los equipamientos principales son mezcladoras, conformadoras y hornos.

Las operaciones de mezclado son muy similares, diferenciándose los equipamientos en el tipo de proceso continuo y/o discontinuo y dependiendo de los volúmenes de producción (capacidad del equipamiento). En su mayoría son mezcladoras de espiral. Los materiales de construcción por lo regular son de acero inoxidable para lograr la buena higienización y limpieza y en el caso del espiral de un acero inoxidable de alta resistencia (S316). Las mayores diferencias se encuentran en la ubicación de los vástagos, en la movilidad de la cazuela, así como las velocidades, siendo esta última el factor para las extracciones de gases de las masas elaboradas y la buena oxigenación, algunos procesos con una simple mezcladora prescinden de sobado. Fellows, P.J (2000) propone que el uso de un amasador espiral con vástago y velocidades altas reduce el tiempo del proceso, lográndose una eliminación de los primeros gases acumulados en la masa. Sin embargo la utilización del mezclado en dos fases es eficiente en la extracción de gases según reporta Tragardh, C *et al.*, (1986). Por otra parte las tecnologías modernas instaladas en América Central de procedencia italiana reportan muy buenos resultados con un simple mezclado a altas velocidades. (www.tecnopast.com).

Las conformadoras son maquinarias que ha ido desarrollando el hombre para optimizar los procesos e incrementar las producciones, estas no poseen otro objetivo que el de darle una forma al producto para agilizar la actividad del hombre. Las tecnologías de este tipo se basan en darle determinada forma a los segmentos de la masa: de rombo, cuadrado, redondo, etc, en dependencia de la forma aproximada que desee obtener. Dada la cultura de conformación de panes en forma de bolas esta resulta una de las extendidas conformadoras de panes, existiendo



desde semiautomáticas hasta automáticas. Según Cleland, A.C *et al.*, (2006) el uso de boleadoras incrementa la productividad hasta 60 %. En este tipo de equipamiento también se difiere en los diversos rangos de gramajes que pueden conformarse, así como el diámetro del plato de colocación y cantidad de unidades por cada operación, y en dependencia de la automatización y el volumen se encuentra el consumo de potencia de este equipamiento (0.75-1.5kW).

En el horno ocurren una serie de operaciones unitarias complejas durante las cuales los productos de panificación sufren numerosos cambios físicos, químicos y bioquímicos (por ejemplo desnaturalización de las proteínas, gelatinización del almidón, formación y dorado de la corteza, fusión de grasas, evaporación de agua, expansión del volumen, evolución de la textura del amasijo a una estructura sólida porosa). Dentro de estos cambios de los productos suceden como consecuencia de los intercambios simultáneos de calor (radiación, convección y conducción) y de masa (agua y aire en movimiento producto de la evaporación del agua). Por ello resulta el equipo más importante en el proceso de producción del pan (Bimbenet, J.J. 2002).

Los hornos industriales de panaderías son generalmente desarrollados en los tres modos de transferencia de calor: radiación, convección, y conducción. La designación de la forma a emplear depende del diseñador del equipo, configuración y operación. Algunos autores han estudiado el aporte de cada modo de transferencia de calor individual para panes con el uso de electricidad, convección forzada o hornos de gas y diesel. (Standing, C.N. 1974; Krist-Spit, C.E y Sluimer, P. 1987; Carvalho, G y Martins, N. 1992; Falhoul, D, *et al.*, 1995; Baik, O.D, *et al.*, 1999, 2000). La radiación ha sido el modo de transferencia de calor predominante variando entre 50 y 80 % del total de las formas de transferencia de calor, hasta la convección ser la menos convencional de las formas. Es una tarea difícil el control del suministro de calor por radiación comparado a los hornos industriales por convección. El flujo de aire forzado en la cámara de panificación es una variable a controlar para acelerar los procesos de panificación a través del incremento de la convección.

La industria del pan ha tenido un creciente interés en los parámetros de control de procesos, mediante la transferencia de calor por convección para incrementar los rendimientos energéticos a través de un método rápido de cocción y enfriamiento. Esto está dado debido a que el flujo de calor entregado a los productos de panadería es un importante factor para el diseño de los procesos. La industria del pan es reconocida como una de las mayores consumidoras de energía de las industrias de alimentos fundamentalmente porque la forma convencional de transferencia de calor en los procesos de panificación ha sido la radiación (Baik, O.D *et al.*, 1999). Actualmente en los hornos rotatorios usados en América del Norte en pequeñas panaderías es

posible el incremento de la convección, aumentando la velocidad de rotación (Zareifard, M.R *et al.* 2006, Norris, J.R *et al.*, 2002).

Los hornos se pueden clasificar en cuatro categorías (Stear, C.A. 1990): según modo de calor (directo e indirecto), la fuente de energía (gas, diesel, electricidad), el movimiento del aire dentro del mismo (convección natural o aire de circulación forzado) y el modo de operación (discontinuo y continuo). Esta última clasificación es la más relevante en la industria de producción de panes.

Los hornos continuos se caracterizan por el movimiento de productos a lo largo del mismo. El tipo de túnel son los más comúnmente empleados para estas operaciones, específicamente en grandes panaderías por ser apropiados para requerimientos de producciones en masa. La cámara de cocción de los hornos de túnel es dividida en varias zonas a lo largo de su longitud. En cada zona la temperatura de la cámara alta y la baja pueden ser controladas de forma independiente siendo posible la aplicación de la temperatura óptima (Matz, S.A. 1988). La eficiencia energética de los hornos de zona múltiple de túnel es aproximadamente entre 60–70 % para cuando se utiliza gas natural y diesel, mientras que para los hornos eléctricos es ligeramente mayor desde 65–75%. De acuerdo a lo reportado por Roosen, H.P. (1999) el consumo de energía específico de estos hornos es de 3.88 MJ/kg de pan.

Todos los hornos discontinuos son utilizados para volúmenes de producción pequeños. En los ciclos discontinuos los hornos más usados son los rotatorios, su eficiencia energética varía desde 35 a 45 %, representado un consumo de energía de 6.17 MJ /kg de pan (Roosen, H.P. 1999).

La mezcla de aire en movimiento y el agua evaporada alrededor del producto durante el horneado necesita estar controlada para mantener el adecuado aire húmedo durante la cocción, aproximadamente un 22–35 % de la energía suministrada es disipada en esta etapa (Trystram, G *et al.*, 1989).

Otro tipo de horno usado son los hornos de pala, donde la operación se realiza manualmente por medio de palas. Este tipo de horno es incluso más ineficiente pues la operación es mucho más lenta y las pérdidas de calor son mayores que el resto de los hornos mencionados con anterioridad (Matz, S.A. 1988).

Los hornos comerciales son aislados térmicamente hasta 30 cm de lana mineral, ladrillo refractario o materiales similares. Por consiguiente las pérdidas de calor con los alrededores son mínimas. Según (Christensen and Singh 1996) las pérdidas por aislamiento de las paredes de este hornos rotatorios es de alrededor de 6 %, pero en el caso de excesivos tiempos de explotación esta pueden llegar hasta un 20 %, pero para determinarlas es necesario realizar estudios

específicos en los equipos. Así se da el caso de daños principalmente en las puertas y los sistemas de juntas.

En la unidad productora de panes “El Pinto” se encuentra instalada una tecnología de origen ITALIANO (Logiudice), la misma consta de mezcladoras del tipo espiral con vástago, conformadoras de bolas semiautomáticas y un horno discontinuo que opera por combustión de diesel. La descripción de todo el equipamiento instalado en esta fábrica se detalla en el Capítulo 2 y en el Anexo # 5.

Hasta la fecha no se han elaborado análisis ambientales que consideren la caracterización de las emisiones gaseosas ni la medición del ruido a esta tecnología. Desde hace más de una década el equipamiento no se ha sustituido ni se ha considerado evaluar el ciclo de vida de los productos para determinar su impacto al medio, hecho que toma relevante importancia por la ubicación geográfica de la instalación.

1.5. Análisis del ciclo de vida

El “Análisis del Ciclo de Vida” (ACV), en general se puede definir como: “una aproximación por parte de la administración de la empresa para reducir el impacto de un producto, paquete o actividad sobre la salud humana y el medio ambiente, mediante el examen de cada fase de la vida de los productos manufacturados, desde la extracción de las materias primas y a través de la producción o construcción, distribución, uso, mantenimiento y residuos o reciclado” (Henn, C.L y Fava, J.A. 1994). Esta metodología permite definir y reducir impactos ambientales de un producto, proceso y actividad, identificando y cuantificando las corrientes materiales y de energía utilizadas, así como, los residuos (sólidos, líquidos y gaseosos) emitidos al medio ambiente y evaluación de oportunidades para el mejoramiento ambiental durante todo el ciclo de vida del producto (Consoli, F et al. 1993).

Las aplicaciones más comunes del ACV se centran en el análisis de la contribución de estados de ciclos de vida a la carga ambiental general, con el objetivo de tratar preferentemente los puntos débiles; mejora del producto o proceso; comparación de productos y actividades con similar función desde el punto de vista medioambiental; comparación de opciones de procesos tecnológicos o manejo de residuos; evaluación y diseño de nuevos productos; planeación y evaluación de estrategias medioambientales (Gaudreault, C et. al., 2006; Goedkoop, M y Oele, M. 2004).

1.5.1. Metodología de ACV

Las metodologías del ACV se basan en estándares desarrollados por la Organización Internacional para la Normalización (ISO), conocidas como serie ISO 14040, en el marco de las

normas para la gestión ambiental ISO 14000; y por la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC, 1991), así como, han sido complementadas por diferentes catálogos (Guinee, G.B et al. 2002; Alting, L et al. 1997, Baumann, H y Tillman, A.M. 2004).

Un estudio de ACV se puede hacer para diferentes niveles de profundidad, la tendencia actual es a realizar estudios simplificados. Diferentes autores, Fullana [2002], NC ISO 14040 [2005], Rieradevall y col. [2000], Rieradevall y Vinyets [1999], Sáenz y Zufía [1999], SAIC [2006], Sánchez y col. [2007], Randa Group S.A [2002], Rodríguez [2002]; analizan las etapas de un ACV, como se ilustra en la Figura 1.1., donde se puede ver que estas cuatro fases no son simplemente secuenciales. El ACV es una técnica iterativa que permite ir incrementando el nivel de detalle en sucesivas iteraciones; para su aplicación hay cuatro estándares ISO especialmente designados, que en Cuba se corresponden con las NC ISO 14040 a la NC ISO 14043.

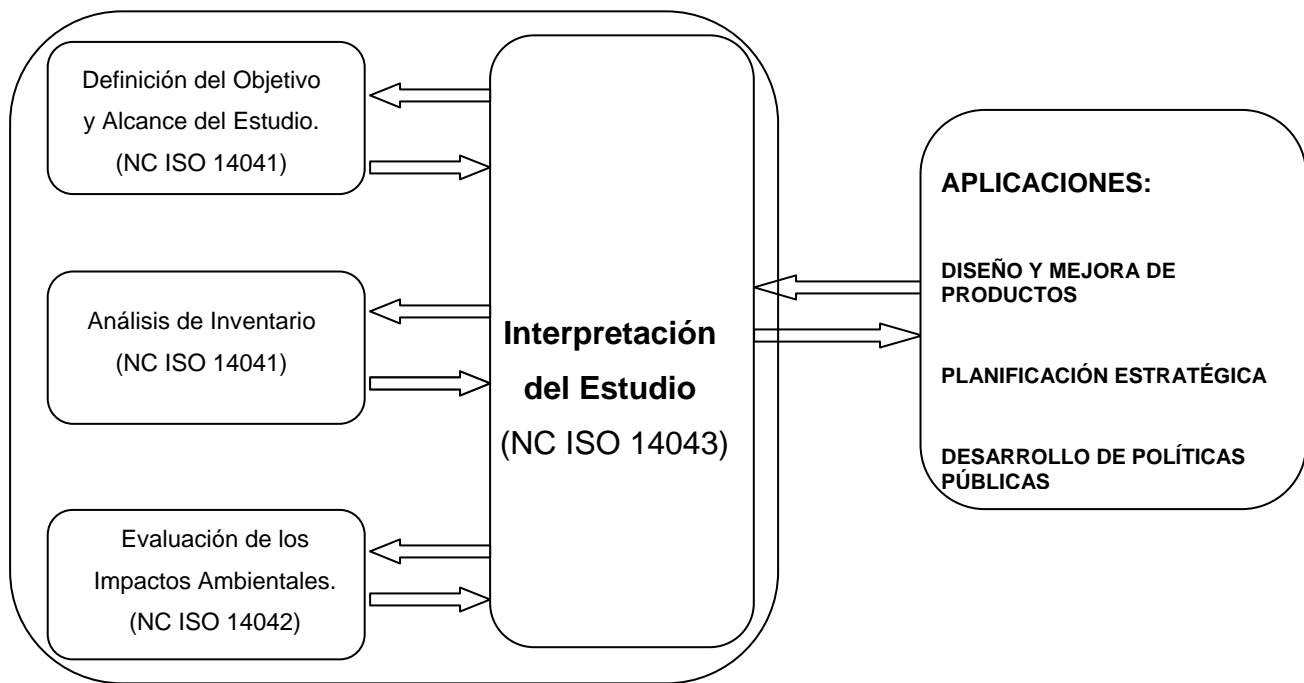


Figura 1.1. Fases del Análisis del Ciclo de Vida

La metodología del ACV se divide en cuatro fases fundamentales (NC ISO 14040. 2005)

- Definición de objetivos y alcance.
- Análisis de inventario.
- Evaluación de impacto.
- Interpretación.

1.5.2. Definición de los objetivos y alcance

Esta primera etapa se inicia definiendo los objetivos globales del estudio, donde se establecen la finalidad del estudio, el producto implicado, la audiencia a la que se dirige, el alcance o magnitud del estudio (límites del sistema), la unidad funcional, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica que se debe realizar (NC ISO 14041. 2000). Los objetivos se deben especificar sin ambigüedad.

El alcance, los límites y el nivel de detalle del análisis dependen del tema y el uso que piense darse al estudio (NC-ISO 14040:2005). La profundidad y la extensión de los estudios de ACV pueden diferir considerablemente, dependiendo de la meta particular. Sin embargo, es conveniente que en todos los casos se sigan los principios y el marco de referencia establecidos en la Norma Internacional.

Una vez definidos los objetivos, se pasa al alcance, especificando claramente las funciones (características de desempeño) del sistema bajo estudio. La unidad funcional debe ser coherente con el objetivo y el alcance del estudio. Uno de los propósitos principales de una unidad funcional es proporcionar una referencia a partir de la cual se normalizan (en un sentido matemático) los datos de entrada y salida. Por lo tanto, la unidad funcional debe estar claramente definida y ser medible (Finnveden, G et al. 2009).

1.5.3. Análisis de inventario

La segunda fase de la metodología es el análisis del inventario, donde se cuantifica todos los flujos de entradas y salidas del proceso durante toda su vida útil (NC ISO 14041. 2000), los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos y materiales del sistema y la eficiencia energética de sus componentes, así como las emisiones producidas en cada uno de los productos, procesos o servicios es estudio.

Para esto se recomienda dibujar un diagrama de flujo del sistema, coleccionar datos de uso de recursos y emisiones de todos los procesos, utilizando distintas fuentes de datos (Bases de datos de ACV, reportes, artículos científicos, investigaciones en el lugar, conocimientos de expertos); construir un modelo del sistema y calcular el uso de recursos y emisiones del producto estudiado. Mediante los cálculos se puede detectar en qué fase del ciclo de vida se destacan las mayores entradas, salidas e impactos ambientales (Björklund, A y Finnveden, G. 2006; Llanes, E y col. 2005; NC ISO 14041, 2000; SAIC, 2006; Sánchez, O.J y col. 2007).

1.5.4. Evaluación de impacto

En la evaluación de los impactos en el ACV se cuantifican y se evalúan los efectos ambientales relacionadas a las entradas y salidas identificadas en el análisis de inventario, con el

fin de determinar la importancia relativa de cada uno de los elementos del inventario y agregarlos a un sistema pequeño de indicadores, o a un indicador (Conesa, V 1995; SAIC, 2006; Vink, E y col., 2003)

Existen múltiples metodologías para la evaluación de impactos ambientales y aún no existe un consenso generalizado sobre cuál es la mejor. La NC ISO 14042 (2001), en los métodos de evaluación de impacto distinguen como elementos obligatorios: la selección de las categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos; clasificación y caracterización y como elementos opcionales: normalización; agrupación; ponderación y análisis de calidad de los datos. El resultado final de estas últimas etapas o valoración, debe ser un número que indique la bondad ambiental del producto (Llanes, E y col, 2005; Rieradevall, J y Vinyets, J. 1999; SAIC, 2006; Sánchez, O.J y col., 2007; Vink, E y col., 2003).

1.5.5. Interpretación de los resultados

En esta fase se evalúan en conjunto los resultados provenientes de las restantes fases del ACV, en un modo congruente con los objetivos definidos para el estudio, a fin de establecer las conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones (NC ISO 14043. 2001).

La interpretación del ciclo de vida intenta ofrecer una lectura comprensible, completa y coherente de la presentación de resultados de un ACV, de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance del estudio. Este puede ser un proceso iterativo de revisión y de actualización del alcance, así como de la naturaleza y de la calidad de los datos recopilados de modo que sean coherentes con el objetivo definido. Los hallazgos de la interpretación del ciclo de vida deberán reflejar los resultados del elemento de evaluación. Además permite determinar en qué fase del ciclo de vida del producto se generan las principales cargas ambientales y por tanto en qué punto(s) del sistema evaluado puede o debe mejorarse.

1.5.6. ACV software

En los últimos años y basados en la metodología del ACV se han desarrollado numerosos software para facilitar su cálculo. La mayoría de estos programas incluyen bases de datos que pueden variar en extensión y calidad de dichos datos, las bases de datos de inventarios públicos vienen incorporadas en la mayoría de los programas comerciales. En ellos se introducen los datos que configuran el inventario para posteriormente realizar los cálculos propios de la fase del inventario, obteniéndose los resultados para las diferentes categorías de impacto elegidas.

Como ejemplos de Software presentes en el mercado se pueden citar GaBi (IKP), LCAiT (Chalmers), Simapro (Pre Consultants), TEAM (ecobilan group), Humberto (IFEU) etc. El SimaPro constituye una herramienta poderosa que contiene distintos métodos de evaluación de impactos y



diferentes bases de datos de inventario propias y bibliográficas, las cuales pueden ser editadas y ampliadas sin limitaciones, lo que facilita el análisis, así como la representación gráfica de ciclos de vida complejos en una forma sistemática y transparente, acorde a las normas de la serie ISO 14 000, por lo que se puede adaptar a las condiciones de otros países y comparar productos, esta última constituye una ventaja muy poderosa para el análisis comparativo entre tecnologías (PRé Consultants, 2006a,b; Randa Group S.A, 2006).

En el presente trabajo se utiliza el software SimaPro por su facilidad en el manejo y su disponibilidad para su uso.

1.6. Aplicaciones del ACV en la industria alimentaria Cubana

En la industria alimentaria villaclareña se han realizado pocos trabajos sobre análisis de ciclo de vida, entre los conocidos podemos citar Márquez, I. (2007) realizado específicamente a la producción de zumos de mangos ecológicos, donde se utilizó el software profesional SimaPro 6.0 creado por Pré Consultant para la evaluación de los impactos ambientales, y para realizar el análisis se empleó una metodología que incluye todas las fases de la producción de jugo para su evaluación ambiental mediante el Ecoindicador 99. En este trabajo se pueden apreciar los procesos que mayor influencia tienen en el Ciclo de Vida, siendo la etapa agrícola la de mayor impacto, seguidamente el uso de combustible para la transportación de la materia prima a la fábrica.

Palacios, Y. (2011), realiza un estudios de ciclo de vida en la producción de helado de crema de la Pasteurizadora Santa Clara, Empresa de Productos Lácteos Villa Clara, donde a través de la aplicación del software Sima Pro 7.2 y empleando el método ReCipe Endpoint (H) V1.04), se identificó que la categoría más afectada es la de los recursos y dentro de ellos la electricidad, el polietileno y el polipropileno.

Sin embargo en la industria de pan y dulce no se tienen evidencias de estudios realizados que permitan evaluar el impacto ambiental generado durante todo su ciclo de vida.

Las buenas prácticas y el uso estricto de normas de calidad industrial son las vías fundamentales para reducir la contaminación ambiental desde un proceso tecnológico instalado, mientras que la actualización técnica y la conciencia ambiental durante el diseño permiten corregir de antemano posibles impactos. Sin embargo, la integración de ambos aspectos constituye la forma más eficiente para elevar la compatibilidad ambiental de la industria alimentaria (De Caluwe, N. 1997).

En este trabajo se pretende analizar desde el punto de vista ambiental una industria productora de Pan la cual como característica distintiva tiene el hecho de que se encuentra instalada dentro de una zona residencial con alta densidad de población además de constituir un



eslabón fundamental dentro del balance económico de la EPPA en la Provincia de Villa Clara, por lo que el efecto ambiental producido por la misma es de importancia social y económico.

1.7. Conclusiones Parciales

1. La industria alimentaria impacta el medio ambiente a través de las diferentes fuentes de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos; su caracterización constituyen el punto de partida hacia la búsqueda de mejoras y/o alternativas de producción sostenibles.
2. El efecto del ruido como contaminante en la industria alimentaria cubana ha sido poco estudiada y no se tienen reportes del mismo para entidades productora de pan.
3. La caracterización tecnológica integrada a estudios de impactos ambientales es una herramienta eficaz para desarrollar cualquier modificación industrial.
4. El ACV se puede considerar una de las mejores herramientas que se utilizan para evaluar los impactos ambientales de los procesos tecnológicos, a pesar de esto aun no se ha aplicado a la industria del pan en Villa Clara, Cuba.

Capítulo II.

2.1. Descripción tecnológica de la Panadería “El Pinto”

La producción de panes en la unidad “El Pinto” se basa fundamentalmente en la combinación de tecnologías de origen italiano y checo. Es un proceso que combina una operación en estado estacionario con varias etapas discontinuas, por lo que su análisis es sumamente complejo. En el presente capítulo se cuantifican los flujos de materiales y energía a través de la aplicación de los principios de conservación y posteriormente se caracterizan las principales fuentes de contaminación.

A continuación se representa el diagrama de las funciones parciales (Figura 2.1) y se identifica el destino de los residuales generados:

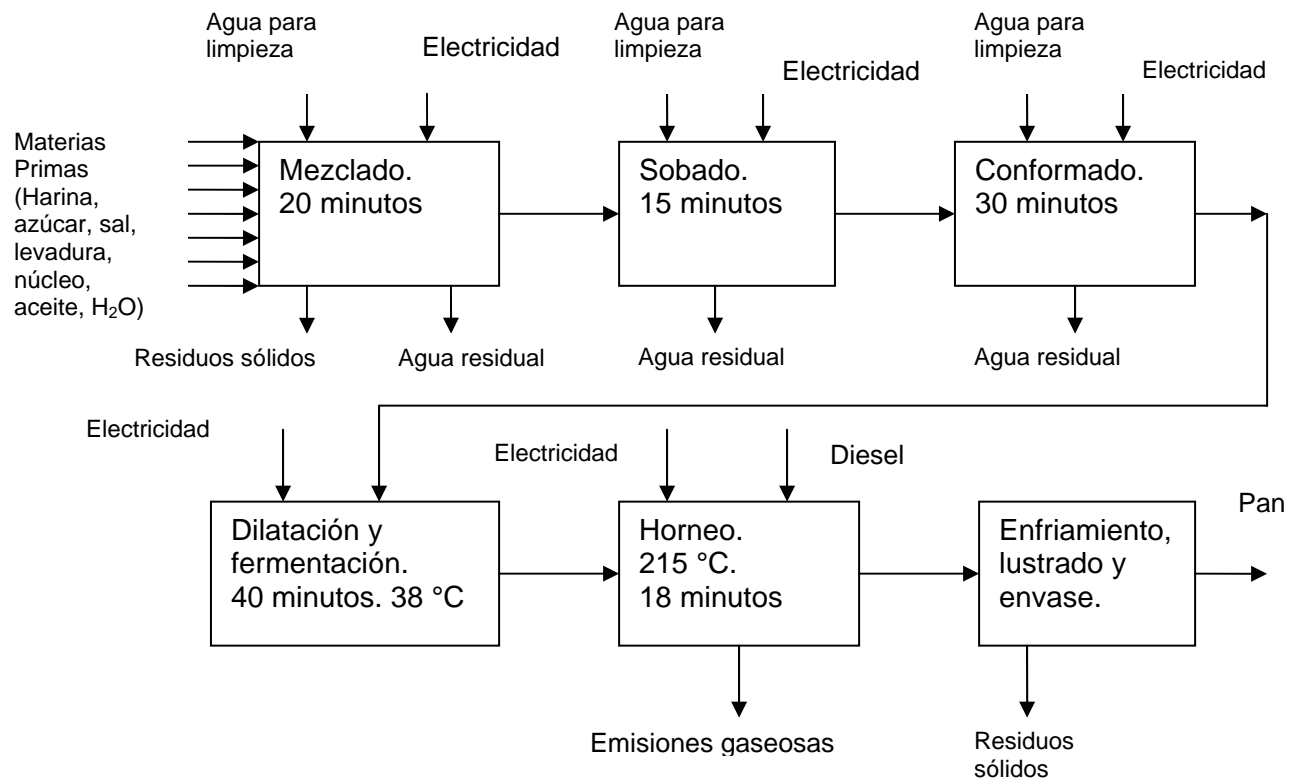


Figura 2.1. Diagrama de funciones parciales en la producción de panes.

2.1.1. Identificación del proceso de producción

Se seleccionó como objeto de estudio la línea de producción de pan de corteza suave de 80 g/u (Ver Anexo # 6). Los elementos tomados en cuenta para su selección fueron los siguientes:

- Volumen de producción: Es la línea de mayor capacidad productiva en la unidad (202 kg/d que representa el 17 % del total de la producción entre 16 variedades).
- Importancia económica para la empresa (Tiene un peso de 20 % del total de ingresos obtenidos por la unidad).
- Volumen de residuales: Por la capacidad productiva requiere de grandes cantidades de agua, energía (proveniente de recursos fósiles) y genera residuales sólidos durante el proceso de envase y distribución.
- Variedad de producción con mas expectativas de crecimiento en las propuestas de planes venideros (Es la variedad de pan utilizado por las diversas cadenas hoteleras y gastronómicas en divisa para elaboración de hamburguesas y otros tipos de bocaditos).

Etapa de mezclado: en esta etapa se mezcla la harina de trigo, la levadura y el núcleo enzimático. Cuando estén bien mezclados se le añade el agua, con la sal y la azúcar previamente disuelta, y finalmente la grasa. Se mezclan por espacio de 20 minutos, hasta formar la masa.

Sobado: Con el objetivo de extraerle a la masa parte del gas que contiene y mejorar su consistencia y elasticidad, e inyectarle O₂ para favorecer la fermentación, el operador divide el amasijo en porciones llamadas pastones y los introduce entre los cilindros de la máquina sobadora al mismo tiempo que va engrasando la masa. El número de pasadas de los pastones por los cilindros está en dependencia de la consistencia de la masa. Se deja reposar por 15 minutos.

Conformado: Cuando se utilice la boleadora se pesará la masa, en dependencia de la variedad a elaborar, colocándola en la máquina y graduando la misma según el peso del producto, las fracciones que no cumplan con el peso requerido serán recirculadas y cortadas nuevamente. La boleadora cuenta con una base fija donde se coloca el plato plástico con la masa y otra móvil que se acciona mediante una palanca, esta parte tiene unas cuchillas que fracciona la masa en 40, 60, 80, y 100 g según se quiera al mismo tiempo que la bolea y se le da la forma. Posteriormente el operario le da la terminación en la mesa. Los productos modelados son colocados en los carros porta bandejas, los cuales son transportados a la estufa o cuarto de dilatación.

Dilatación y fermentación: Se realiza con el objetivo de obtener una masa dilatada con desarrollo máximo, presentando superficie lisa sin poros ni rugosidades. En esta etapa se le da terminación a la fermentación, que comienza desde que en el mezclado la levadura seca se desarrolla con el sustrato. Así se obtiene una masa fermentada correctamente con olor característico a una buena fermentación alcohólica, sin olor ácido. Se colocan los carros porta bandejas, donde se programa la humedad y temperatura (80 % HR y 38 °C). El tiempo de este proceso es de aproximadamente 40 minutos. Posteriormente el producto dilatado se traslada hasta el área de horneo.

Horneo: en el horno se extrae la humedad al producto por medio de la cocción hasta hacerlo apto para el consumo. Se enciende el horno y se programa la temperatura, según la variedad de pan que se vaya a elaborar, una vez alcanzada la temperatura óptima se colocan los dos carros porta bandejas que caben en su interior con el producto, se cierra el horno y se gradúa el tiempo de cocción en aproximadamente 18 minutos para panes de corteza suave con 215 °C de temperatura.

Enfriamiento, lustrado y envase: Para lograr la pérdida de temperatura de manera espontánea y mejorar el aspecto exterior del producto, los carros conteniendo los panes son colocados en un lugar fresco, luego se procede a recubrir el producto con una fina película de aceite (el que lo requiera según fórmula). El producto se mantendrá en esa área hasta alcanzar la temperatura ambiente. Después de enfriado se pesará con el objetivo de controlar el proceso. El peso final según la norma de calidad debe ser de 80 ± 4 g. Para el envase se coloca el pan ordenadamente dentro de la caja o bolsa de nylon, teniendo cuidado de no deteriorar el mismo. En todos los casos los envases tendrán las condiciones higiénicas requeridas. Posteriormente el producto se almacena en estantes que estarán limpios o colocando los envases sobre paletas, en ambos casos se cuidará que el producto no se deteriore.

2.2. Caracterización técnica del proceso

La tecnología instalada en la Panadería “El Pinto” data de 2001, es de procedencia italiana de la marca Logiudice, y algún otro equipamiento como la sobadora es de origen checo muy atrasado. El deterioro debido a la sobreexplotación, la ausencia de piezas de repuesto por la no existencia del proveedor, así como el sobre-dimensionamiento de algunos equipos, son las principales características del equipamiento instalado en la Panadería “El Pinto”.

Como es conocido existe una ineludible relación entre tecnología y desempeño ambiental, respetando dicho concepto en el presente trabajo se realiza como paso inicial un análisis del equipamiento utilizado en cada etapa y una caracterización moral y técnica de los

mismos. Los datos obtenidos de este análisis fueron debidamente consultados y discutidos en reuniones con el personal técnico de la empresa y en muchos casos los elementos de discusión han sido recurrentes.

2.2.1 Características del equipamiento

Mezcladoras: existen tres mezcladoras instaladas, aunque en realidad solo se encuentran en funcionamiento dos de ellas, los regímenes de trabajo son muy intensos. De las dos restantes una se encuentra sobre-dimensionada debido a que fue adquirida de otra unidad con mayor capacidad lo que provoca pérdidas por ineficiencia y el consiguiente excedente en consumo energético.

Los datos técnicos de los equipos se detallan en el Anexo # 5.

Estos equipos se han caracterizado por un régimen intenso de operación y sus periodos de mantenimiento en muchas ocasiones no responden a las normas establecidas provocando paradas innecesarias.

Sobadora: La sobadora es de procedencia checa, presenta ligeros problemas técnicos con piezas que han sido innovadas y no son las de su fabricación original. El uso de innovaciones responde a una necesidad económica pero acarrea pérdidas de eficiencia.

Este equipo en el último año ha sufrido 15 paradas técnicas y su ciclo de mantenimiento se ha acortado provocando las consiguientes pérdidas económicas y atrasos productivos que en muchas ocasiones conllevan a la devaluación del producto final.

Conformadora: La conformadora existente en la entidad es del tipo de Boleadora, el producto es conformado en forma redonda, pues esta forma de pan es de las que tradicionalmente se consumen en Cuba y así son la gran mayoría de los panes que se elaboran en la unidad. La misma es de procedencia italiana de la marca Logiudice, pero debido a la ausencia de piezas de repuesto ha presentado muchas afectaciones de rotura, alterándose el proceso tecnológico en ocasiones e incrementándose el trabajo manual, extendiéndose la jornada laboral y el aumento de gasto salarial.

Un aspecto importante es la calidad del producto final y el cumplimiento de los estándares de calidad que exigen los consumidores finales, el cual se ve alterado por el trabajo manual.

Estufa: La estufa de la instalación es de fabricación italiana, presenta una capacidad de 4 carros porta bandejas, cada uno de 14 bandejas de dimensiones 60 cm x 80 cm, el control de temperatura y de humedad relativa se encuentran averiados y sin solución (los proveedores no lo presentan en su cartera de productos), se realiza actualmente de forma discontinua y manual

por ser variables imprescindibles para controlar el proceso de fermentación y dilatación que ocurre en la misma. La misma presenta daños en los paneles de las paredes y en las puertas (daños físicos graves), así como en el canal de alimentación de la humedad.

Horno: El horno es de procedencia italiana, Logiudice, del tipo rotatorio, de cocción por diesel, de dos carros porta bandejas de capacidad, de 14 bandejas cada uno, de dimensiones de 60 cm x 80 cm. Este tipo de equipo posee una cámara de combustión independiente, por donde a través de un sistema tubular se distribuye el calor proveniente de la combustión del diesel. En esta cámara se encuentra el quemador de combustible que es el encargado del suministro de calor. Las mayores paradas que ha tenido la fábrica han sido por las roturas de este, pues al igual que la otra parte de la tecnología, la sobreexplotación así como la ausencia de piezas de repuesto y mantenimientos preventivos hacen muy vulnerable el equipamiento.

Además posee escape de calor por el mal estado de las juntas de la puerta, así como otros ligeros problemas de aislamiento pues en reparaciones anteriores ha sido necesario remover la lana de vidrio y la colocación de la misma no ha sido de forma compacta.

2.2.2. Cuantificación de los flujos de materia y energía

Los balances de masa y energía se desarrollan para las etapas que definen las transformaciones fundamentales, la Tabla 2.1 resume los resultados fundamentales y los flujos de insumos necesarios, esta cuantificación es la base para el inventario necesario en el posterior análisis ambiental:

Los cálculos se realizan para 202 kg de pan, producción correspondiente a 2520 unidades de Pan Bond 80 g, producción de esta variedad de pan para un día normal de trabajo.

Tabla 2.1. Resumen de los balances de materia y energía en la unidad productora "El Pinto".

Kg/batch	Mezclado	Sobado	Conformado	Dilatación	Horneo	Enfriamiento y lustrado.
H ₂ O(Kg.)	70.631					
Harina de trigo(Kg.)	141.262					
Grasa Vegetal(Kg.)	4.238					
Azúcar(Kg.)	11.301					
Sal(Kg.)	2.825					
Levadura seca(Kg.)	1.413					
Núcleo enzimático. (Kg.)	0.179					
Aceite vegetal(Kg.)	1.535					
Potencia consumida (Kw.)	7.71	0.77	1.8	16	5.525	-

Diesel consumido(Kg.)	-	-	-	-	12.75	-
Temperatura (°C)	28	28			215	28
Masa Mezclada(Kg.)	233.384	233.384	233.384	233.384	-	-
Vapor de H ₂ O Alimentado (Kg)	-	-	-	5.06	-	-
H ₂ O Evaporada(Kg.)	-	-		5.06	30.021	1.76
Masa de Pan (Kg.)	-	-	-	-	203.36	201.6

Utilizando los datos tecnológicos, los resultados de los balances y varias técnicas de muestreo se procedió al análisis de las principales corrientes de residuales emitidas por la unidad. Es importante destacar que trabajos anteriores (Torres, D. 2011) analizó este tema pero lo hicieron desde la perspectiva de residuales líquidos. En la presente tesis se persigue hacer un análisis integral que involucre otros elementos de la contaminación ambiental considerados de relevante importancia para tecnología instalada en zonas urbanas.

2.3. Generación de residuos en el proceso

La planta en análisis se encuentra ubicada en la zona residencial del centro de Santa Clara. El estudio y caracterización de los residuales incluyó las emisiones líquidas, sólidas, y gaseosas además del ruido, este último ha sido un tópico poco discutido en trabajos referidos a la industria alimenticia en Cuba, pero por su importancia se incluye en el presente estudio. Este análisis tiene dos objetivos fundamentales:

1. Cuantificar los residuales emitidos y clasificar su impacto al medio ambiente.
2. Obtener datos para realizar un análisis de ciclo de vida de la tecnología (capítulo 3).

2.3.1. Residuales líquidos. Caracterización

Los residuales líquidos de la entidad provienen de varias fuentes siendo la de mayor peso el proceso de higienización del equipamiento, los salones de producción y las instalaciones sanitarias. El volumen total producido diariamente es de 8m³, cuya carga contaminante es variable e importante pues con frecuencia incluye derrames durante la producción, grasas, detergentes y sustancias químicas utilizadas en la desinfección diaria tales como Cloro y desengrasantes.

Caracterización

Para la caracterización de los residuales líquidos se tomaron muestras de aguas y se analizaron en el Centro de Estudio de Química Aplicada (CEQA). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Muestreo

El muestreo se realizó por el autor siguiendo un proceso aleatorio y conjugando días en que la producción fue estable, se contó con la asesoría del Laboratorio de análisis ambiental del CEQA.

Métodos utilizados para análisis.

Los métodos utilizados para los análisis a las aguas, están basados en **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Edición N° 21. 2005**, y lo establecido en las normas vigentes en materia de aguas y aguas residuales.

Los procedimientos analíticos y fundamentos de los métodos, se reportan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Procedimientos analíticos utilizados en la evaluación del agua residual.

Determinación analítica	Método
pH(U).	Método electrométrico.
Conductividad Eléctrica.(μ S/cm)	Método electrométrico
Demanda Química de Oxígeno. (mg/L).	Método dicromato. Reflujo abierto.
Grasas Aceites e Hidrocarburos	Método partición gravimétrica con n-hexano.
Sólidos totales (mg/L).	Método gravimétrico 103-105 ⁰ C
Sólidos volátiles (mg/L).	Método gravimétrico a 500 ⁰ C.
Sólidos fijos (mg/L).	Por diferencia.
Sólidos sedimentables (ml/L).	Cono Imhof.
Sólidos totales disueltos (mg/L).	Método electrométrico
Nitrógeno Total (mg/L).	Digestión ácida, destilación y cuantificación volumétrica.
Nitrógeno Amoniacal. (mg/L).	Destilación y cuantificación volumétrica.

Materiales y equipamiento utilizado.

Los equipos y cristalería utilizados en las determinaciones están debidamente verificados por la Oficina Territorial de Normalización (OTN) de Villa Clara y son los siguientes:

1. pH metro. Jenway 3020.
2. Conductímetro Multiparámetro 720 Inolab. WTW Series

3. Bloque Digestor de 6 plazas. Selecta.
4. Roto evaporador Ika RV 10 Basic.
5. Ultravioleta Visible Genesys 10 UV. Thermo. Electro Corporation.
6. Equipo Pro Nitro II Selecta.

2.3.1.1 Análisis de los resultados. Residuales Líquidos

Resultados físico – químicos.

Los resultados analíticos (físico – químicos) solo corresponden en promedio de las muestras tomadas y son reportados en la tabla 2.3

Tabla 2.3. Resultados analíticos (físico - químico)

Parámetros	Muestra 80 30/05/12	Muestra 81 30/05/12	LMMP
pH(U).	5.60±0.15	5.70±0.15	6-9
Conductividad Eléctrica. µS/cm	1400±19.19	1610±22.07	<4000
Demanda Química de Oxígeno. (mg/L).	6005.76±132.61	9947.04±219.83	<700
Grasas y Aceites	56±13.19	70±16.49	<50
Hidrocarburos	16	20	-
Sólidos totales (mg/L).	6780±913.94	17928±2416.69	-
Sólidos volátiles (mg/L).	5554±1180.78	16672±3544.47	-
Sólidos fijos (mg/L).	1206	1528	-
Sólidos sedimentables (mg/L).	20	76	<10
Sólidos totales disueltos (mg/L).	700	800	5
Fósforo (mg/L).	20.52±1.4	83.3±1.4	10
Nitrógeno Total (mg/L).	77±0.20	266±0.20	15
Nitrógeno Amoniacal. (mg/L).	19.6	53.2	-

Puntos de muestreo

Punto 1: Registro de salida a alcantarillado. Limpieza y desinfección de la entidad.

Punto 2: Registro de salida a alcantarillado. Limpieza de bandejas.

De acuerdo a lo establecido en la Norma Cubana Obligatoria NC 27:1999 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones”, donde se establecen los límites máximos permisibles promedios (LMPP) para las descargas en el cuerpo receptor **Clase C** y a los resultados de los análisis realizados por el laboratorio, se obtiene que:

Las aguas residuales de la unidad solo cumplen con el requisito de calidad para su vertimiento en el parámetro de conductividad eléctrica, incumplándose los demás parámetros: pH, DQO, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales Disueltos, Fósforo Total y Nitrógeno total.

Estos resultados corroboran la relación tecnología-ambiente mencionada con anterioridad, adicionalmente suponen un punto de partida para la discusión con el personal técnico y los obreros directos a la producción, en cuanto al ahorro de recursos hídricos y a la utilización eficiente y racional de los productos químicos durante el proceso de higienización diaria. Como empresa productora de alimentos sobre la unidad recae la responsabilidad de analizar sustituciones, remodelación o reconversión de la instalación actual para cumplir con las normas y encaminarse a la producción sostenible. Estos datos soportan la propuesta del capítulo 3 en la presente tesis.

2.3.2 Emisiones gaseosas. Caracterización

Los residuales gaseosos de la entidad provienen de la salida del horno. En este equipo se realiza la cocción de toda la producción. La circulación del calor de los gases de la combustión del diesel cocinan el pan crudo y el resultante de esta actividad es evacuado por la chimenea. La salida de estos gases es libre al medio ambiente y a una zona altamente poblada, con gran volumen de población en movimiento (cerca de terminal de ómnibus) y con gran movilidad de automóviles por lo que su impacto es más perjudicial. La eficiencia del horno instalado es del 35 %. El flujo de los gases de salida del horno se encuentra alrededor de (788-900 m³/d) en dependencia del volumen de producción.

Caracterización

Para la caracterización de los residuales gaseosos se realizaron mediciones de gases por un medidor Testo T-325 de salida de combustión de chimeneas y otros, de la Empresa de Calderas ALASTOR Villa Clara.

Muestreo

El muestreo se realizó por el autor siguiendo un proceso aleatorio y conjugando días en que la producción fue estable, se contó con la asesoría del departamento técnico de la Empresa

ALASTOR Villa Clara. Los datos se obtuvieron tomando muestras puntuales de la composición de los gases de salida de la chimenea.

Materiales y equipamiento utilizado.

El equipo utilizado para las mediciones fue el siguiente.

Tabla 2.4. Datos del analizador de gases.

Equipo	Testo T 325-1
Fabricante	Testo GMBH & Co.
País de fabricación	Alemania.
No. de serie	00351188
Parámetros de medición	O ₂ , CO ₂ , CO

2.3.2.1 Análisis de los resultados. Residuales Gaseosos

Debido a la ausencia de celdas de (O₂, CO) solo fue medida la salida de CO₂ del horno, los restantes valores de emisión son estimados tomando como referencia la Environmental Protection Agency (EPA) a partir del consumo de combustible y el balance de carbono en el horno. Los datos obtenidos se reflejan en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Monitoreo de los gases residuales del horno. Junio 2012.

Contaminante	Emisión g/s
CO ₂	3.8618
NO _x (NO ₂)	0.002815
SO _{2x}	0.05711
PM ₁₀	0.00168958
PM _{2.5}	0.00110046

Simbología utilizada:

PM_i = Material particulado (i = D partícula en mm).

Los resultados obtenidos en las mediciones de los gases mas allá de no ser considerados muy elevados resultan de importancia pues debido a la ubicación geográfica de la instalación (situada en Carretera Central, frente a Terminal de Ómnibus Intermunicipales y Anchar de autos de alquiler), con gran volumen de automóviles que se encuentran en constante

movimiento contribuye a la concentración de contaminantes en la atmosfera; y dada la alta densidad poblacional de la zona donde se encuentra enclavada la instalación, así como amplia variedad de personas que concurren diariamente de diversas regiones, los daños a la salud humana y al ambiente poseen un mayor peso. El impacto al medio ambiente se incrementa con la incidencia de la concentración de CO₂ al cambio climático y el efecto invernadero por lo que los valores se incluyen en el análisis de impactos y daños reportados en el Capítulo 3. Un aspecto que incide directamente sobre el volumen y composición de las emisiones gaseosas es la eficiencia en el proceso de cocción, la conformación del pan y por supuesto el control de los parámetros operacionales en el equipo. Las resistencias térmicas en el pan y la transferencia desde el seno del gas circundante hasta el centro del producto son los fenómenos que en un final controlan la transferencia de calor.

2.3.3 Residuales sólidos. Caracterización

La Gestión de Residuos Sólidos es la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armonice con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética, y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas (US-EPA, 1994).

Los desechos sólidos generados por unidades productoras como la Panadería “El Pinto” son fundamentalmente: papel y cartón, nylon, sacos de polipropileno, basura común, restos de las producciones que se caen al suelo, materiales de oficina, entre otros. Además se generan roturas como cajas plásticas, piezas, bandejas y moldes de pan, los cuales son almacenados en un área habilitada para ello y luego son enviados a la Empresa de Recuperación de Materias Primas, para su posterior reciclaje. No obstante no ser tan compleja la actividad de los residuos sólidos en entidades de este tipo, sigue siendo importante la existencia de un sistema de gestión de los residuos sólidos para el mejoramiento de las condiciones ambientales de la unidad. El sistema se puede sintetizar en tres etapas: Recolección – Almacenamiento - Disposición Final.

✓ Recolección de los residuos sólidos.

La recolección de los residuos sólidos en la Panadería “El Pinto” se realiza por el servicio de auxiliares de limpieza. Los operarios auxiliares ubicados en los diferentes turnos de trabajo cuando terminan su labor son los encargados de la recolección de los residuos procedentes de todos los locales.

✓ Extensión de los Servicios.

El total de la plantilla es de 34 trabajadores, los cuales permanecen en la entidad durante ocho horas en diferentes horarios y puestos de trabajo.

✓ Zonificación.

El manejo de los residuos sólidos urbanos en la Panadería "El Pinto" se muestra localizado en la tabla 2.6

Tabla 2.6. Zonas de manejo de Residuos sólidos.

Zona	Tipo de recipiente
Oficina Administración.	Cesto con tapa ($V=0.012m^3$)
Oficina Contabilidad.	Cesto con tapa ($V=0.012m^3$)
Salón de producción.	2 Cestos c/tapa ($V=0.080m^3$) ¹
Almacén de Materias Primas	Contenedor c/tapa ($V=0.08m^3$)
Área de distribución 1	Cesto c/tapa ($V=0.012m^3$)
Área de distribución 2	Cesto c/tapa ($V=0.012m^3$)
Área de fregado.	Cesto c/tapa ($V=0.080m^3$)
Servicios sanitarios	4 Cesto c/tapa ($V=0.012m^3$)
Área de lunch.	Contenedor c/tapa ($V=0.08 m^3$)
Áreas exteriores.	2 Contenedores c/tapa ($V=0.2 m^3$) ¹

¹ En estos puntos se encuentran uno de los recipientes para Residuos Orgánicos y otro para inorgánicos, debidamente señalizados.

✓ Almacenamiento.

El almacenamiento se efectúa en dos contenedores plásticos de $0.2 m^3$ de capacidad destinados para ese efecto, ubicados en la salida de la puerta trasera de la unidad, además cada área consta con uno o varios cestos de basura, en el caso de las oficinas pequeños y de las demás áreas con capacidad hasta $0.08 m^3$.

✓ Disposición final.

El servicio de recogida es efectuado por un carretón de carga que lo vierte en el Basurero Municipal, dicho equipo se alquila para ese fin en varias unidades. La frecuencia de recolección es diaria. Y como aspecto negativo se puede mencionar la ausencia de medios de protección para el trabajador que está implicado en esta actividad.

Debe señalarse como una deficiencia la clasificación grosera de orgánicos e inorgánicos y no subdividir este segundo grupo en plásticos, vítreos y metálicos lo cual facilitaría su inclusión en la cadena de reciclaje.

Caracterización de los residuos sólidos.

La determinación de la composición física de los residuos sólidos no resulta una tarea difícil, pues dado que la generación es bastante localizada por áreas es posible clasificar y cuantificar las cantidades.

Composición Física.

Para la determinación de la cantidad de basura y el análisis de la composición física se tuvieron en cuenta varios métodos como el **Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste** y el método de análisis de Residuos Sólidos recomendado por el C.E.P.I.S.

La determinación de la composición física de la basura se hizo de la siguiente manera.

- Se tomó una muestra de los residuos sólidos generados en la unidad en un periodo de 24 horas.
- Para ello se esparcieron todos los recipientes de residuos sólidos de la entidad, se separan manualmente los embalajes de cartón, los nylon de polipropileno, los frascos vacíos de refresco de la merienda de los trabajadores, los desechos de papeles de oficinas y de envases de materias primas, las materias orgánicas y otros, se pesaron en su totalidad por cada tipo.

Se clasificaron de forma manual los componentes de acuerdo a las siguientes características (Collazos, H. 2005)

- ✓ Caucho (goma).
- ✓ Cuero.
- ✓ Madera.
- ✓ Materia orgánica.
- ✓ Metales ferrosos.
- ✓ Metales no-ferrosos.
- ✓ Papel.
- ✓ Cartón.
- ✓ Plástico duro.
- ✓ Plástico flexible.
- ✓ Trapo.

- ✓ Vidrio.
- ✓ Otros materiales.

2.3.3.1 Análisis de los resultados. Residuales sólidos

Los componentes clasificados, se colocaron en bolsas separadas y se pesaron en Balanza Digital tipo Plataforma STK-300. Una vez terminada esta operación se sacó a los diferentes componentes su porcentaje (%), teniendo en cuenta los datos del peso total y el peso de cada clase. Se realizó este análisis con la mayor rapidez posible para evitar demasiada evaporación de agua.

Los resultados se muestran en la tabla 2.7 y en las Figura 2.2

Tabla 2.7 Clasificación de residuales solidos en la entidad "El Pinto".

Fecha.	18 mayo 2012	8 junio 2012	17 julio 2012
Componentes	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)
Caucho (goma)	0	0	0
Cuero	0	0	0
Madera	0	0	0
Materia orgánica	7.1	6.95	7.15
Metales ferrosos	0	0	0
Metales no-ferrosos	0	0	0
Papel	0.85	1.05	1.00
Cartón	6.6	6.80	6.75
Plástico duro	1.5	1.4	1.45
Plástico flexible	2.95	3.05	2.9
Trapo	0	0	0
Vidrio	0	0	0
Otros materiales	0.4	0.35	0.4
Total	19.40	19.60	19.65

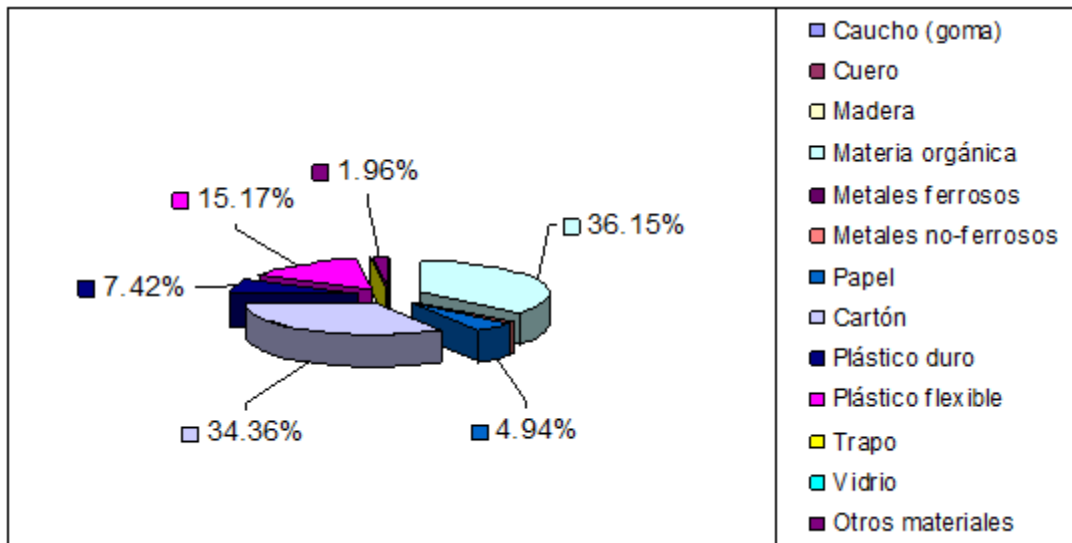


Figura 2.2. Composición en % peso de los Residuos Sólidos.

Propuestas para el reciclaje de estos productos.

Cabe destacar que en el caso de los sacos de polipropileno estos pudieran dejar de ser un residuo y reusarse, pues en otras entidades de la empresa es necesaria la utilización de los mismos para el envase de pastas alimenticias y otros fines similares.

En lo respectivo a otros productos, en estos momentos la empresa está en la firma de contrato con la Empresa de Recuperación de Materias Primas Villa Clara para la venta de rubros que son de interés en el reciclaje y entre los mismos se encuentra el cartón, importante paso para la minimización de los residuos sólidos y para la búsqueda de un valor económico a estos desechos. Así también podría lograrse la inserción de otros componentes como el plástico duro que es un renglón comercializable por dicha empresa.

Análisis del cumplimiento de lo Legislado acerca de la gestión de los residuos sólidos.

- **Norma NC 133:2002:** Los requisitos higiénicos para el almacenamiento de los residuos sólidos se cumplen, pues existen los recipientes necesarios para el almacenamiento, los mismos se encuentran en buen estado técnico y el volumen que se recolecta es inferior a el volumen de almacenamiento, aunque no existen recipientes destinados al almacenamiento de los residuos de desperdicios para la alimentación animal y tampoco existe un sitio destinado al almacenamiento de dichos residuos para evitar la presencia de artrópodos, roedores y otros animales.
- **Norma NC 134:2002:** En la panadería “El Pinto” no se realiza ningún tipo de tratamiento de los residuales sólidos como el compostaje, lombricultura o la incineración.

- **Norma NC 135:2002:** Los residuos son trasladados al vertedero municipal donde se le da la disposición final.

2.3.4. Contaminación por ruido

La empresa se localiza en un área urbana, densamente poblada y transitada, y es muy importante considerar el ruido ambiental generado por la actividad productiva.

Para conocer el comportamiento de los niveles acústicos se realizaron mediciones en las diferentes áreas de trabajo coincidiendo con la ubicación de las principales fuentes generadoras de ruido, así como también en los exteriores de la entidad. Las mediciones se efectuaron con un Sonómetro marca *SOLO 01 dB Stell*, con filtro de valoración A, de nacionalidad francesa, considerando la determinación automática (por microprocesador) y los parámetros medidos fueron:

- ✓ Leq. Nivel de presión sonora equivalente continuo.
- ✓ Leq. Máx. Nivel de presión sonora equivalente máximo.
- ✓ Lcpk max. Mayor valor absoluto de la presión sonora instantánea.

Para las mediciones se tuvo en cuenta que estaban operando en un régimen normal de trabajo, tomándose muestras cada 20 minutos en el transcurso de la jornada laboral en cada uno de los puntos seleccionados, con una distancia media de 1 m del equipamiento instalado.

Para conocer el comportamiento de los niveles acústicos se deben realizar mediciones en las diferentes áreas de trabajo coincidiendo con la ubicación de las principales fuentes generadoras de ruido.

Áreas de trabajo con la ubicación de las principales fuentes generadoras de ruido.

Puntos de muestreo

- ❖ Salón de producción. Mezcladoras
- ❖ Salón de producción. Horno.
- ❖ Salón de producción. Boleadora y sobadora.
- ❖ Salón de producción. Extractor y ventilador de enfriamiento del pan.
- ❖ Área de exteriores de la entidad.

2.3.4.1. Contaminación por ruido. Análisis de los resultados

A partir de los resultados de las mediciones y teniendo en cuenta que en la mayoría de los locales de mayor exposición la generación de los niveles de ruido no se mantiene durante ocho horas continuas, se reduce considerablemente la afectación al trabajador. El salón de producción es el área principal del proceso donde se generan ruidos por la presencia de equipos con parte móviles, el trasiego constante de productos y materias primas, la operación

de los hornos, extractores, etc. El mismo es cerrado y posee dos puertas de acceso, una salida al área de distribución, otra al servicio sanitario y dos ventanas de entrada de iluminación natural y ventilación.

Salón de producción. Mezcladoras: estas están ubicadas en el sector derecho del salón de producción. Se realizaron mediciones teniendo en cuenta la existencia de dos equipos para el mezclado.

Salón de producción. Horno: este está ubicado en la parte superior izquierda del salón de producción. El mismo cuenta con un sistema de rotación de los dos carros porta bandejas, y un sistema de cocción.

Salón de producción. Boleadora y sobadora.: están ubicados en el sector derecho del salón de producción. Están no operan constantemente.

Salón de producción. Extractor y ventilador de enfriamiento del pan. El primero se encuentra en la parte alta del salón de producción en las cercanías de una de las ventanas. Y el segundo cercano al otro pero en un nivel inferior.

Área de exteriores: se efectuó la medición para tener posibles valores de comparación entre el ruido acústico del medio exterior y el ambiente de trabajo. Esta área de la medición es el lateral izquierdo donde se encuentran las ventanas que comunican la entidad y el medio exterior.

En la Tabla 2.8, se reflejan los resultados de las mediciones.

Tabla 2.8. Resultados de las mediciones de ruido.

Puntos Muestreados	Nivel de Ruido obtenido dB. (A)		
	Leq.	Leq.máx	Lcpk.
Salón de producción. Mezcladoras	80.1	94.1	103.1
Salón de producción. Horno.	79.1	86.0	92.4
Salón de producción. Boleadora y sobadora	79.9	93.6	100.1
Salón de producción. Extractor y ventilador de enfriamiento del pan	75.5	86.2	91.2
Área de exteriores.	74.1	83.2	88.9

A pesar de que no existe afectación a los trabajadores, es necesario la toma de medidas técnico- organizativas que permitan garantizar la atenuación de los niveles sonoros en aras de minimizar las molestias y efectos nocivos que ocasiona; tal es el caso de la realización de

chequeos médicos periódicos a los trabajadores de las áreas de mayor afectación, garantizar el cumplimiento de los mantenimientos de los equipos para evitar desajustes en los acoples, uniones etc.; así como el empleo de medios de protección personal en las áreas que lo requieran, entre otras. Actualmente algunas de estas medidas no se están tomando a raíz de este estudio se han comenzado las discusiones y la adquisición de medios de protección personal. La obsolescencia del equipamiento influye en los niveles de ruido detectados en la actualidad los modelos existentes en el mercado cuentan con diseños que reducen a un mínimo los niveles de ruido.

2.4. Conclusiones parciales

1. La obsolescencia del equipamiento instalado en la Panadería “El Pinto” atenta contra la eficiencia de la entidad y tiene influencia en la emisión de residuales líquidos, gaseosos y niveles de ruido.
2. Los residuales líquidos sobrepasan las normas establecidas para pH, DQO, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales Disueltos, Fósforo Total y Nitrógeno total por lo que requieren tratamiento o modificaciones tecnológicas para su reducción.
3. Se demuestra que la contaminación sonora no alcanza niveles críticos en las condiciones actuales de explotación.
4. Queda establecida la necesidad de realizar reconversiones tecnológicas que conlleven a incrementar el desempeño ambiental de la instalación así como la eficiencia y calidad de la producción.

Capítulo III.

Introducción al Capítulo 3

El Capítulo 2 del presente trabajo estuvo encaminado al análisis, la cuantificación y caracterización de las emisiones líquidas, sólidas y gaseosas de la tecnología de producción de panes instalada en la panadería “El Pinto”. Como conclusión fundamental de dicho estudio surge la necesidad de realizar reconversiones tecnológicas que coadyuven al incremento de la eficiencia y calidad de la producción así como la compatibilidad ambiental de los sistemas instalados. La antigüedad, el deterioro técnico y moral del equipamiento son elementos de discusión que se desarrollan en el presente estudio. En los subsiguientes acápite se analiza una propuesta de modificación utilizando criterios técnicos, económicos y ambientales. Para ello se emplea la metodología de ACV como herramienta para predecir el impacto ambiental en referencia a la instalación actual. Estos estudios no han tenido precedentes en la industria del pan cubana.

3.1 Descripción de la nueva propuesta tecnológica para la Panadería “El Pinto”

La propuesta tecnológica es muy similar a la anterior (la actualmente instalada) en cuanto a equipos pues posee mezcladoras del mismo tipo (espiral con vástago), la conformadora es del tipo Boleadora (forma de bolas), la estufa regula la temperatura y la humedad relativa y el horno es rotatorio con alimentación de diesel. El diagrama de bloques (Figura 3.2) no sufre alteraciones con respecto al original solamente las mayores diferencias están centradas en la renovación de equipos clave para el proceso.

Las mayores diferencias están enmarcadas en:

- **Mezcladoras:** se propone la instalación de dos mezcladoras, una para los mezclados de producciones estándar y la otra para volúmenes un poco mayores (<20-50% Capacidad Nominal), dando la posibilidad de efectuar los mantenimientos necesarios sin la parada de la producción. Estas mezcladoras operan con dos velocidades, permitiendo de esta forma la extracción de los gases de la mezcla y la oxigenación adecuada de la masa y prescindiendo de la etapa de sobado.(Ver en Anexo # 7)
- **Conformadora:** La conformadora a instalar será de características similares a la ya existente, pues para el tipo de producción que se elabora y las características del proceso es necesario una conformadora del tipo de boleadora semi-automática, pues debido a los volúmenes de producción las de forma automática pudieran traer afectaciones. Esta boleadora permitirá la conformación de todas las variedades de panes redondos pues a diferencia de la anterior los rangos de gramajes van desde 20 g hasta 100 g (la anterior 40g a 110g), agrupando el rango

del peso de todas las variedades que se conforman en la unidad. Además permitirá la elaboración de 30 unidades, seis unidades más que la anterior (24 unidades).

- **Estufa:** La estufa de la nueva instalación posee un buen control de temperatura y de humedad relativa, la construcción de la misma es de paneles modulares fabricados conforme a las regulaciones EEC 89/392 y asegurada con todos los dispositivos eléctricos y mecánicos para la máxima seguridad de los operadores. La capacidad es de dos carros porta bandejas cada uno de 18 bandejas de dimensiones 60 cm x 80 cm, difiriendo en la cantidad de carros con la anterior que permite cuatro, además que cada carro es de 18 bandejas, cuatro más que el anterior(14).
- **Horno:** el equipo a adquirir es de procedencia italiana de la firma Tecnopast Bakery machines S.p.A, de un solo carro porta bandejas, con 18 bandejas. El sistema de funcionamiento es muy similar al horno existente, las diferencias más marcadas se localizan en la eficiencia energética (50 %), la cual es 15% mayor, traduciéndose en ahorro de combustible diesel y reducción de emisiones. Además consume menos electricidad para el movimiento de rotación y distribución de los gases de la cámara de combustión.
- **Sistemas auxiliares:** Entre los sistemas auxiliares a considerar en la nueva instalación se encuentran:

Sistema de aguas residuales:

Se propone reestructurar el sistema de aguas residuales incluyendo un tratamiento previo al vertimiento de las aguas de la unidad. Se propone modificar los sistemas sanitarios de la entidad (anteriormente de barro con averías y tuberías perforadas) utilizando tuberías de PVC e incluyendo la reparación de dos trampas de grasa que no funcionan actualmente. Se aconseja sustituir las rejillas de los 14 tragantes de la entidad y colocar otras de menor tamaño de orificio, para incrementar la retención de sólidos antes de que estos vayan a formar parte de los residuales líquidos. (Ver anexo 8)

Sistema de reciclaje de Residuos Sólidos:

Se propone que se almacenen los residuos de cartón de la unidad para posteriormente venderlos a la Empresa de Recuperación de Materias Primas Villa Clara, también hacer lo mismo con los sacos de poliestireno y venderlos a la Empresa Provincial de Comercio Mayorista de Villa Clara. La inversión fundamental en este sentido estaría en contenedores previamente señalizados para la clasificación de los residuales. Teniendo en cuenta la nueva alternativa de reciclaje de los residuos sólidos se efectuó una nueva caracterización de los mismos arrojándose los resultados mostrados en la figura 3.1. (Ver anexo 9)

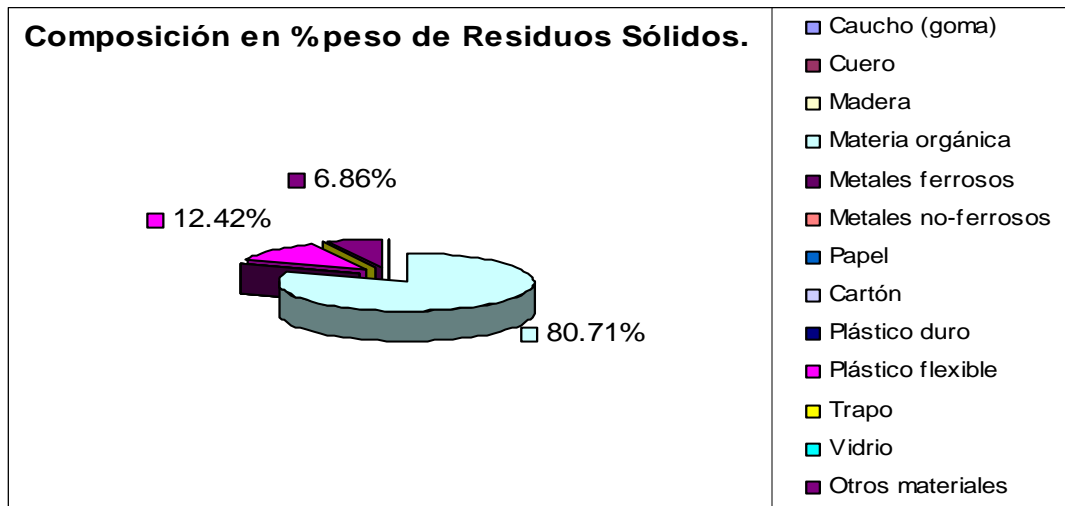


Figura 3.1 Composición en peso de Residuos Sólidos de la Panadería “El Pinto” después de la aplicación de las alternativas de reciclaje.

Como se puede apreciar y en comparación con la tabla 2.7 los residuos de papel, cartón y plástico duro desaparecen totalmente de los residuos sólidos de la unidad y los residuos de plástico flexible disminuyen en un 56 % todo esto debido a las labores de reciclaje y además esto le aporta un valor comercial a los desechos de la unidad (mostrados en el epígrafe 3.2.2). También se observa un pequeño incremento de la materia orgánica y de otros materiales, pues esto está dado a que al instalarse rejillas de menor orificio en los tragantes para disminuir los sólidos presentes en el H₂O, esta materia ahora queda como residuos sólidos que luego recibirá disposición final siendo menor su impacto que en las aguas que van a formar parte del cuerpo receptor Río Bélico. En otros posibles tratamientos parte de esta materia pudiera recepcionarse en local diseñado a su efecto para su utilización como alimentación animal.

En la figura 3.2 se muestra el diagrama de bloques de la instalación futura, especificando las nuevas etapas del proceso y por cada una de ellas, la generación de residuos y su distribución a los sistemas de tratamiento.

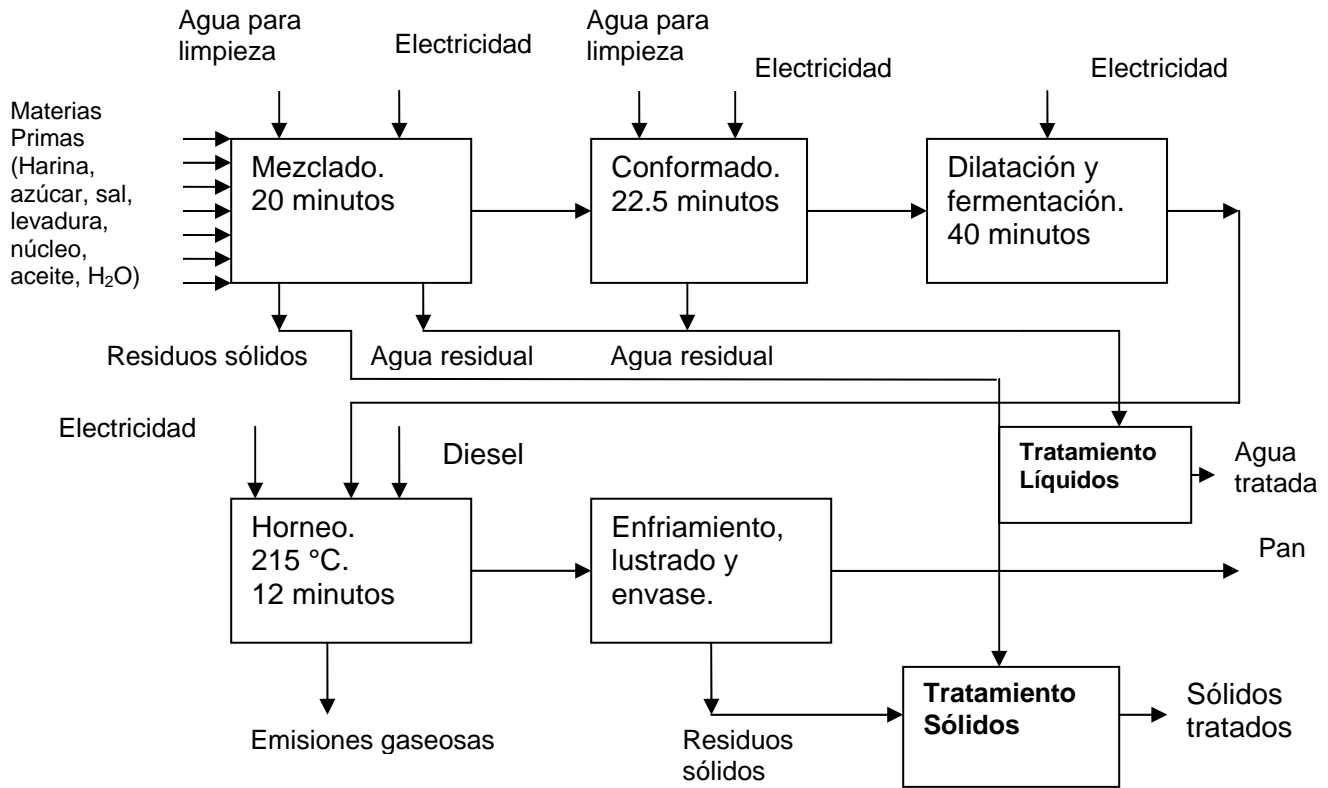


Figura 3.2. Diagrama de bloques de proceso futuro.

Posteriormente al análisis de las ofertas existentes en el mercado al cual tiene acceso la empresa se realiza un estudio previo de la inversión y su impacto económico, técnico y ambiental.

3.2 Factibilidad de la tecnología propuesta desde el punto de vista técnico-económico y ambiental

3.2.1 Análisis técnico

El análisis técnico de la propuesta tecnológica se lleva a cabo mediante indicadores energéticos, para ello se realizó la comparación para una producción diaria de 202 kg de pan, cantidad equivalente a 2520 unidades de pan corteza suave 80 g. El uso de indicadores energéticos para evaluar la tecnología se soporta en que los demás consumos se acogen a normas poco flexibles y coinciden para cualquier alternativa que se implemente.

Tabla 3.1. Análisis técnico energético de la tecnología actual y futura.

Tecnología	Actual		Futura. (Tecnopast. 2011)	
	Consumo	Tiempo operación (h)	Consumo	Tiempo operación (h)
Consumo de electricidad(KW h) Mezclado.	5.80	1.33	3.62	1.33
Consumo de electricidad(KW h) Sobadora	0.77	1.0	-	-
Consumo de electricidad(KW h) Conformado. Boleadora	0.9	2.0	0.55	1.5
Consumo de electricidad(KW h) Estufa	6.0	2.667	4.5	2.667
Consumo de electricidad(KW h) Horno	6.5	0.85	2.82	0.85
Consumo de Diesel(Kg/h)	15	0.85	6.32	0.85
η Horno(%)	35	-	50	-

Según se muestra en la Tabla 3.1 los consumos de electricidad se reducen para la tecnología propuesta siendo aproximadamente un 37%. Esto se debe a que el consumo de potencia de las mezcladoras, estufa y movimiento de rotación y distribución del horno son menores para la tecnología futura que para la existente, además en la tecnología se prescinde de un equipo del proceso actual (sobadora) con el consiguiente beneficio en la inversión.

Por otra parte la eficiencia del horno a instalar es de 50% por Catalogo Tecnopast. (2011) superior al horno actual (35%), lo cual está asociado fundamentalmente a un buen sistema de mezclado de O_2 /Combustible en la combustión del Diesel, así como un adecuado sistema de aislamiento. Este incremento de la eficiencia del horno se traduce en un ahorro en la cantidad de combustible utilizado durante el periodo de cocción de la masa en un 58 %. Por otra parte se reduce además los gases emitidos al aire debido a la combustión del Diesel, lo cual contribuye a la reducción de los impactos ambientales, aspecto este que se detallará más en el epígrafe 3.2.3.

3.2.2 Análisis económico

La tecnología actual presenta graves problemas de deterioro, lo cual ha provocado en reiteradas ocasiones paradas totales o parciales del proceso, el estado técnico general es clasificado como malo. No obstante existen varias instalaciones de los servicios auxiliares que han sido reparados recientemente, que sí presentan buen estado técnico y son compatibles con tecnologías similares por lo que pudieran aprovecharse y tenerse en cuenta junto a otras consideraciones para la nueva inversión.

En el capital de la inversión, no se considera.

- ❖ La instalación de la instrumentación y control, pues está incluida en la oferta del equipamiento por el cliente.
- ❖ Los sistemas de tuberías, se trabajará con las instalaciones actuales que fueron reparadas totalmente en el último año.
- ❖ La instalación de los sistemas eléctricos, serán utilizadas las actuales instalaciones dada la posibilidad que el equipamiento es de similares rangos de consumo, los sistemas de protección individual de cada equipo también es aprovechable.
- ❖ La edificación que será utilizada igualmente y que posee buen estado constructivo.
- ❖ Los movimientos de tierra que no serán necesarios pues es la misma instalación.

Todo lo mencionado estimula la compra e instalación de la tecnología propuesta. En este sentido se realiza un estudio de factibilidad económica a través de los indicadores dinámicos (VAN, TIR, PRD) para determinar el impacto de su inclusión en el balance de la empresa.

La figura 3.3 muestra los perfiles del VAN para la nueva propuesta tecnológica. La inversión de la misma se logra recuperar al cabo de 0.6 años, correspondiéndole un retorno de la inversión de 123 % año y un retorno neto de \$ 2.8×10^5 , lo que indica que la propuesta presenta elevado potencial económico para su futura instalación. Es importante destacar que la evaluación económica se desarrolla con el método de multiplicadores Lang descrito en Peters t al; (2003)

El costo unitario de producción para la tecnología futura es de 0.06 CUC/u, siendo menor que la tecnología actual (0.08 CUC). Los factores económicos que más inciden sobre este indicador son los costos asociados al consumo de diesel y electricidad, los cuales son menores para la tecnología propuesta. Otro aspecto que repercute sobre el costo de producción es la ganancia obtenida por concepto del reciclaje de los desechos sólidos (cartón, papel, plásticos duro y la fracción de plástico flexible correspondiente a los sacos de poliestireno), vendidos a la Empresa de Recuperación de Materias Primas Villa Clara y a la Empresa Mayorista de Alimentos Villa Clara, por este concepto se logra incrementar la ganancia de la empresa en 749 \$/año.

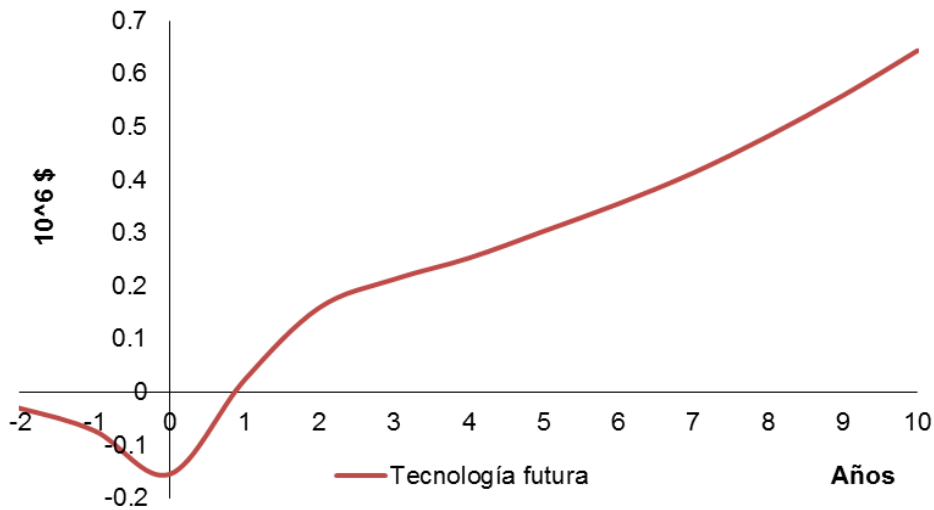


Figura 3.3. Perfiles del VAN para la tecnología futura.

3.2.2.1 Análisis de Costo Beneficio

El análisis coste beneficio en comparación con la tecnología actualmente instalada y la variante futura aporta ahorros en los siguientes parámetros, consumo de 25711.9 KWh de electricidad que representa 6427.98 \$/año, 16122.41 kg de diesel, 13059.15 \$/año de beneficio. Además de los mencionados por concepto de reciclaje. Estos datos rinden un beneficio total de 20236.13 \$/año. En la Figura 3.4 se observa el % que representa cada uno de los parámetros en los beneficios totales recibidos en la nueva propuesta de instalación, siendo el mayor parámetro de los beneficios el valor del ahorro de diesel que representa el 64% del beneficio total de la instalación futura.

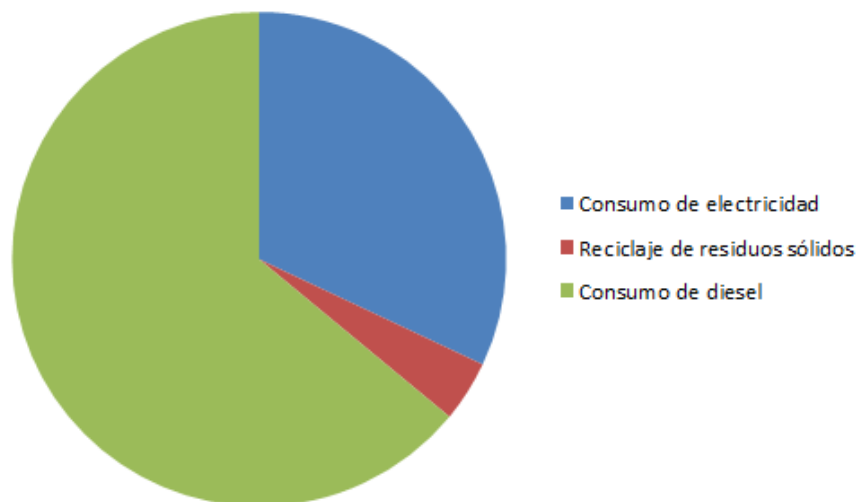


Figura 3.4. % de beneficios de la instalación futura.

3.2.3 Análisis ambiental

El análisis ambiental se lleva a cabo mediante el software Sima Pro 7.2, y tiene como objetivos determinar los impactos ambientales asociados a la tecnología propuesta basándose en la Metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). En el presente estudio es necesario definir varios aspectos comprendidos en el ACV, tales como:

Unidad Funcional: Se utiliza como unidad funcional 202 Kg. de pan, cantidad equivalente a 2520 panes corteza suave de 80 g.

Limites del sistema: En este estudio se analizan dos esquemas tecnológicos para la producción de pan. El primer esquema consiste en la tecnología existente, la cual fue descrita en detalle en el Capítulo 2, el segundo esquema corresponde con la propuesta tecnológica (descrita en el Capítulo 3, epígrafe 3.1). Una descripción general de los casos de estudio se muestra en la Figura 3.5

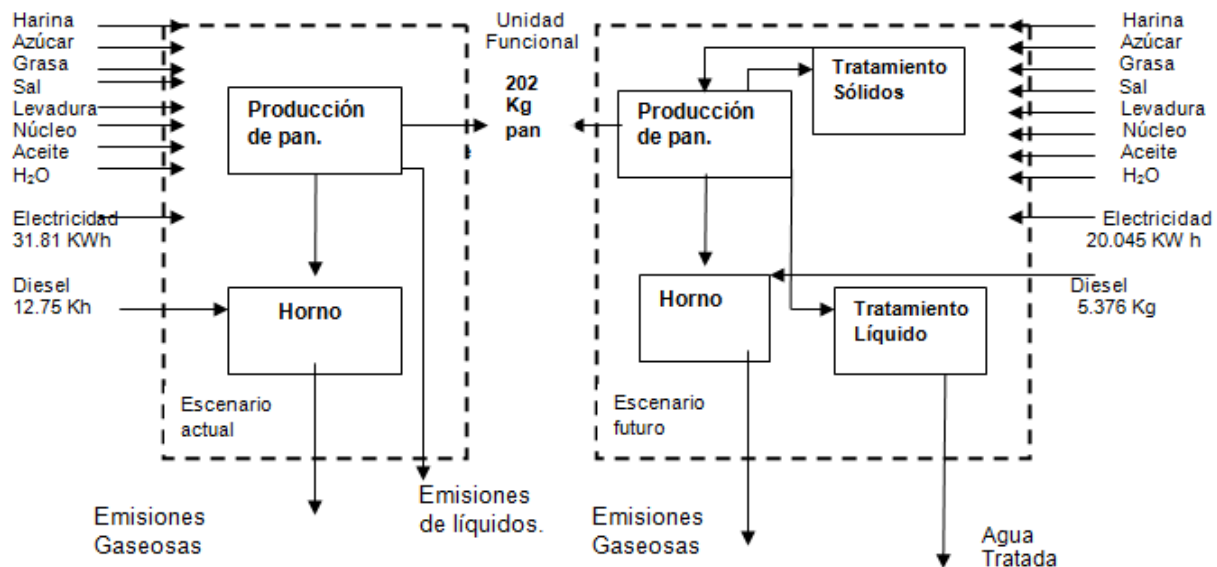


Figura 3.5. Descripción general de los casos de estudio. Escenario actual y futuro.

Consideraciones

- ❖ Las cargas ambientales asociadas a la producción de insumos (Harina de trigo, grasa vegetal, azúcar, sal, levadura seca, núcleo enzimático, aceite vegetal) son incluidas en el análisis ambiental.
- ❖ No se incluye el transporte de dichos insumos hasta la fábrica ni la transportación destinada a la distribución.

3.2.3.1 Selección de las categorías de impacto

En el presente trabajo la selección de las categorías de impacto se hace teniendo en cuenta la metodología del Ecoindicador 99, basada en el conocimiento de la relevancia ambiental que incluyen tres categorías de impacto.

De acuerdo a Contreras, A. (2007) el cálculo del Eco-indicador 99 se basa en tres pasos:

- ❖ Inventario de las emisiones relevantes, la extracción de recursos y el uso del suelo en todos los procesos incluidos en el ciclo de vida del producto.
- ❖ Cálculo de los daños que pueden causar esos flujos a la Salud Humana, a la Calidad de los Ecosistemas y a los Recursos. Conformándose así las tres categorías de daños.
- ❖ Ponderación de las tres categorías de daño.

3.2.3.2 Inventario de ciclo de vida

La toma de datos para el inventario se realizó de acuerdo a registros históricos del primer semestre del año 2012 y los resultados del balance de masa.

Tabla 3.2. Inventario de Ciclo de vida para una unidad funcional de 202 kg de pan

	Unidad	Alternativa 1	Alternativa 2
Entradas			
Harina de trigo =141.262 kg	t/h	0.05297	0.05297
Grasa =4.238 kg	t/h	0.001589	0.001589
Azúcar =11.301 kg	t/h	0.004237	0.004237
Sal =2.825 kg	t/h	0.001059	0.001059
Levadura Seca =1.413 kg	t/h	0.0005298	0.0005298
Núcleo enzimático para pan=. =0.179 kg	t/h	6.712 e-5	6.712 e-5
Aceite Vegetal. =1.412 kg	t/h	5.2943e-4	5.2943e-4
Envase de polietileno (nylon)= 6.3 kg	t/h	0.002362	0.002362
Agua=70.631 kg	t/h	0.02648	0.02648
Agua: 1.315 t limpieza	t/h	0.4933	0.4933
Hipoclorito de sodio= 0.202 Kg.	t/h	7.5741 e-5	7.5741 e-5
Detergente= 0.152 Kg	t/h	5.6993 e-5	5.6993 e-5
Desengrasante= 0.0505 Kg.	t/h	1.8935 e-5	1.8935 e-5
Desincrustante= 0.0505 Kg..	t/h	1.8935 e-5	1.8935 e-5
Sistemas auxiliares			
Diesel: 12.75 kg (V-1) 5.376 kg (V-2)	t/h	0.004781	0.002016

Energía eléctrica: 31.805 kW	20.045 Kw	kWh/h	11.9254	7.5159
Salidas				
Pan=202 kg		t/h	0.07559	0.07559
Emisiones al agua(Agua residual)				
DQO=7976 mg/L		t/h	0.003927	0.002215
Grasas y aceites= 63 mg/L		t/h	3.1054 e-5	0.000005908
Hidrocarburos=18 mg/L		t/h	8.3315 e-6	0.000004431
Sólidos totales=12354 mg/L		t/h	0.006059	0.001299
Sólidos volátiles=11113 mg/L		t/h	0.005302	0.001073
Sólidos Fijos=1367 mg/L		t/h	6.7409 e-4	2.2646e-4
Sólidos sedimentables=48mg/L		t/h	2.3480 e-5	7.3847e-6
Sólidos totales disueltos750 mg/L		t/h	3.7113 e-4	1.8707e-4
Fósforo total= 51.91 mg/L		t/h	5.0746 e-5	7.4437e-6
Nitrógeno total= 171.5 mg/L		t/h	8.3315 e-5	0.00002412
Nitrogeno amoniacal=36.4 mg/L		t/h	1.8178 e-5	0.000006695
Emisiones al aire				
		t/h	0.0671219	0.0285319
Óxidos de Nitrógeno.		t/h	0.0000101	0.000003653
Óxidos de azufre.		t/h	0.0002056	0.00008671
CO ₂		t/h	0.0139024	0.00586222
Material Particulado(PM 10)		t/h	0.00001446	0.0000061
Material Particulado(PM 2.5)		t/h	0.0000094	0.000003973
Residuos sólidos				
Materia orgánica		t/h	1.84e-5	2.1437e-5
Papel		t/h	2.5171e-6	
Cartón		t/h	1.7489e-5	
Plástico duro.		t/h	3.7756e-6	
Plástico flexible.		t/h	7.7248e-6	3.2983e-6

3.2.3.3 Resultados del ACV

La evaluación del impacto ambiental del inventario de datos del ciclo de vida de las dos alternativas de producción de pan se realiza mediante el software SimaPro 7.2, usando el método del Eco-indicador 99 (H) V2.1 / Europa EI 99 H/H.

En la Figura 3.6 se representa la distribución de los impactos ambientales relacionados al actual proceso de producción de pan (Alternativa I), en el cual se tuvo en cuenta la contribución de los procesos de producción de las principales materias primas e insumos utilizados.

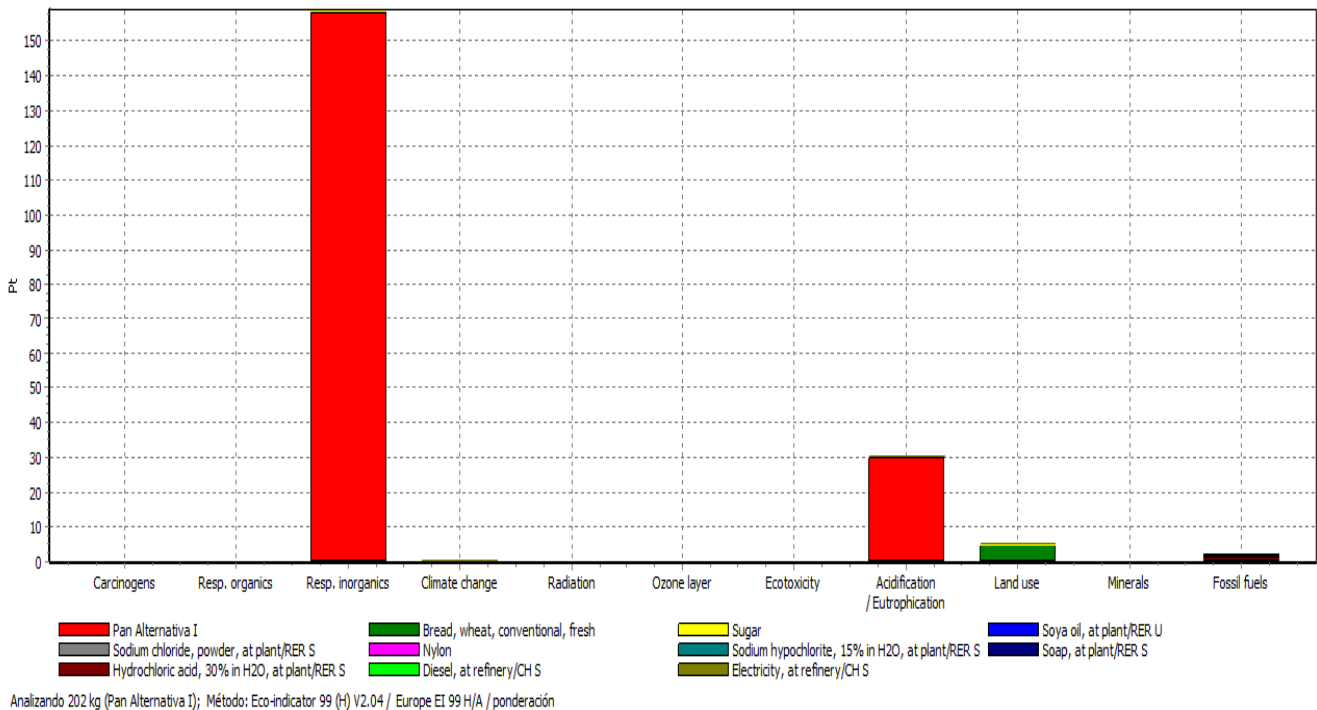
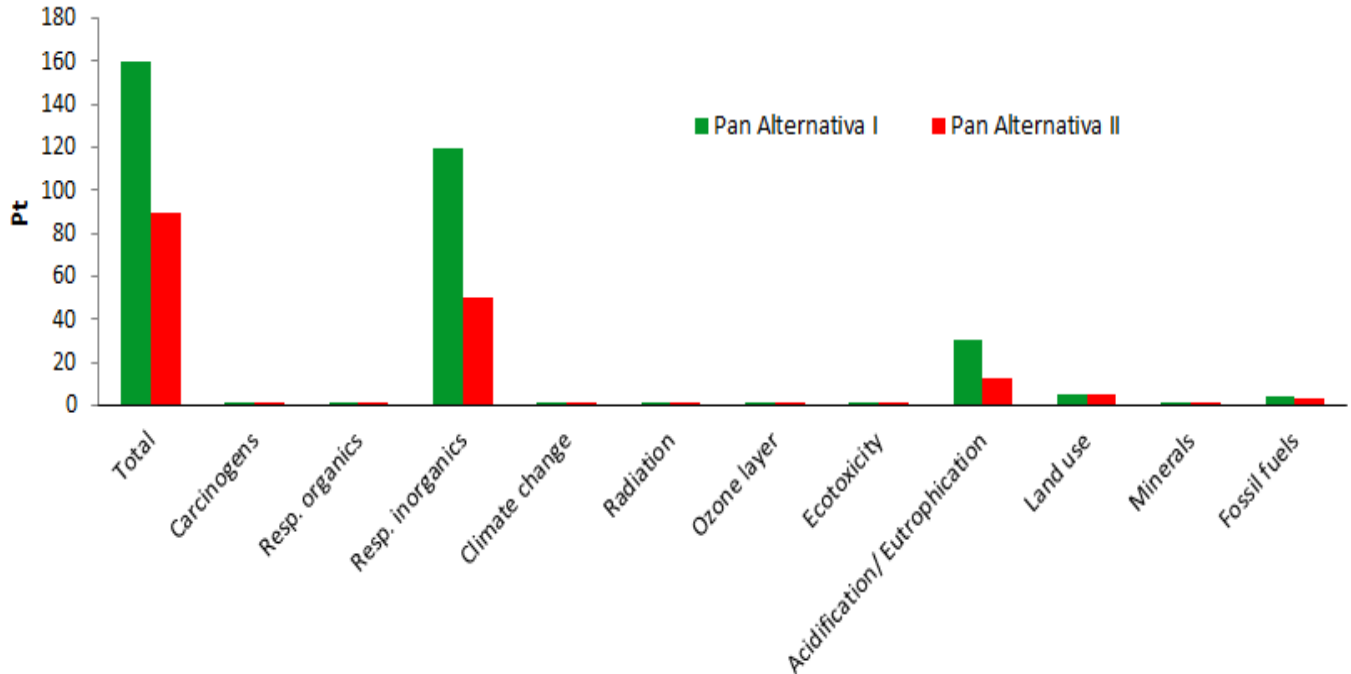


Figura 3.6. Perfiles ambientales por categorías de impacto para cada proceso relacionado en el ciclo de vida del proceso de producción de 202 kg de pan (Alternativa I).

El proceso de producción de pan muestra los resultados perjudiciales más significativos en todo su ciclo de vida, para ambas alternativas. Las categorías de impactos de mayores afectaciones son: respiración por inorgánicos y acidificación/eutroficación las mismas están asociadas a las emisiones de material particulado, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre, así como sulfatos/nitratos/fosfato como los principales contribuyentes respectivamente. Otras categorías de impactos con menores incidencias son: el uso de la tierra debido a la producción de trigo y el consumo de combustibles en la producción de desinfectante (ácido clorhídrico).

Los ahorros de diesel en el horno debido al incremento de la eficiencia energética en el mismo, de electricidad en los equipos, así como, la disposición final de los residuos sólidos como material reciclable mostrados en el inventario de ciclo de vida para la alternativa II (tecnología futura)

también se ven reflejadas en la reducción de los impactos ambientales. La figura 3.7 muestra la comparación de las dos alternativas estudiadas en función de las categorías de impactos.



Comparando 202 kg (Pan Alternativa II) con 202 kg (Pan Alternativa I), Método: Eco-indicator 99 (H) V2.04 / Europe EI 99 H/H / Ponderación

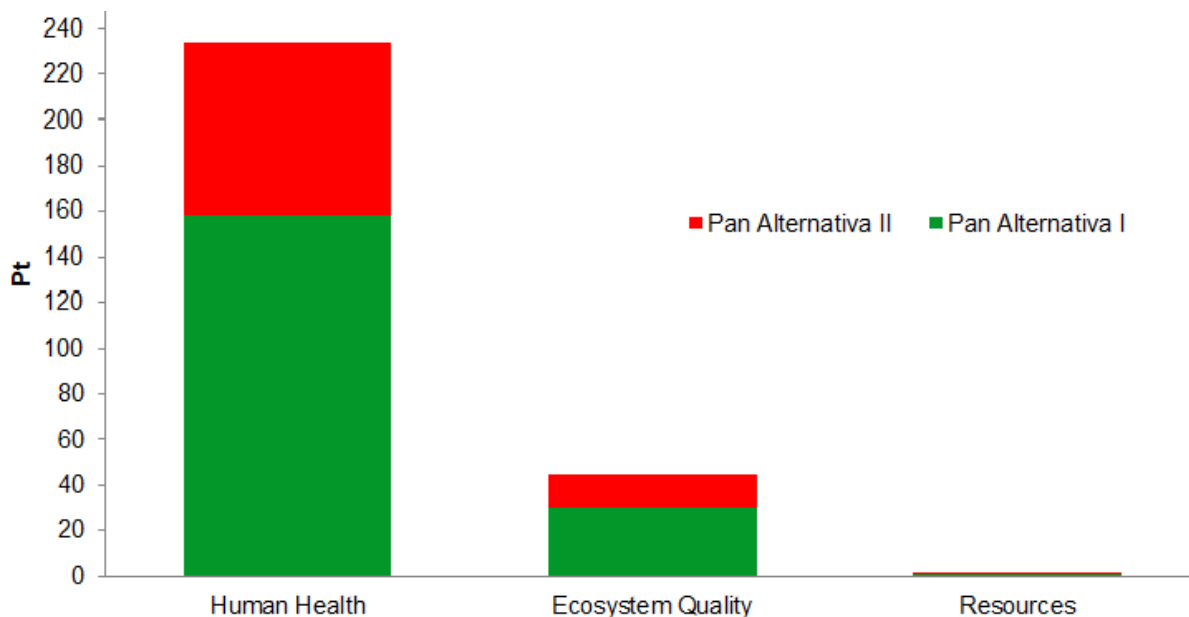
Figura 3.7. Comparación de las dos alternativas de producción de pan.

Como se ilustra en la figura 3.7 la alternativa II muestra significativas mejoras desde el punto de vista ambiental, reduciéndose los impactos totales aproximadamente en un 44%. Sobre este resultado solamente influyen los impactos relacionados al proceso de producción de pan y de obtención de materias primas, específicamente el de extracción de diesel y de producción de electricidad, el resto de dichos procesos auxiliares (producción harina, azúcar, levadura, aceite, etc) tienen la misma contribución ambiental para las dos alternativas estudiadas debido a que se utilizan las mismas cantidades para obtener la unidad funcional (202 kg de pan) definida en el ACV.

Las cantidades de diesel y electricidad usadas en la producción de pan son reducidas para la tecnología futura (Alternativa II) en un 58 y 37% respectivamente, lo que implica una reducción además de las categorías de impacto de los procesos de producción de dichas materias primas, esto se observa con mayor relevancia sobre la categoría del uso de combustibles fósiles a lo largo del ciclo de vida de la producción del pan. Por otra parte, la elevada eficiencia en el horno (50%) contribuye a la reducción de CO₂, SO₂, NO_x y material particulado emitidos al aire, este último es el principal precursor sobre la categoría de impacto de respiración por inorgánicos, debido a esto se observan menores impactos en esta categoría para la alternativa II (ver inventario). Es importante añadir que aunque la categoría de calentamiento global no muestra significativas incidencias como

las antes mencionadas, su impacto disminuye alrededor de un 50% para la nueva propuesta tecnológica y toma notable importancia por la localización geográfica de la instalación (terminal de ómnibus municipal y autos particulares).

Si se analiza el impacto por categoría de daño se evidencia, según la Figura 3.8, que el impacto perjudicial más marcado viene dado sobre la Salud Humana, fundamentado por los resultados de la categoría de respiración de compuestos inorgánicos explicada con anterioridad. Después le sigue el daño sobre la Calidad del Ecosistema y finalmente sobre los Recursos para las alternativas analizadas.



Comparando 202 kg (Pan Alternativa II) con 202 kg (Pan Alternativa I), Método: Eco- indicador 99 (H) V2.04 / Europe EI 99 H/H / Ponderación

Figura 3.8. Perfiles ambientales por categorías de daños para las alternativas estudiadas.

Los efectos sobre las categorías de daños son proporcionales a las categorías de impactos y estas a su vez a las emisiones (agua, tierra y aire) al ambiente, de ahí que la reducción de los contaminantes emitidos al ambiente se reflejen en los impactos globales, tanto a las categorías de impactos, como las categorías de daños, de modo que se puede corroborar (Figura 3.8) que la alternativa II presenta los menores impactos sobre todas las categorías de daños expresados en puntos (Pt).

3.3 Conclusiones parciales

1. Es posible alcanzar resultados favorables desde el punto de vista económico y ambiental llevando a cabo acciones organizativas, que no implican gastos de recursos considerables.
2. Con la instalación de la alternativa propuesta se alcanza un valor del VAN de $\$2.8 \times 10^5$, un PRD de 0.6 años y una tasa interna de retorno de 123 % lo que valida su potencial para incluirse en los planes de inversión de la empresa.
3. El proceso de producción de pan muestra los mayores impactos ambientales en todo su ciclo de vida, siendo la respiración por inorgánicos y acidificación/eutroficación las categorías de impactos más relevantes en el estudio ambiental.
4. La implementación de una nueva tecnología en el proceso de producción de pan permite una mayor compatibilidad ambiental, reduce los efectos globales relacionados a las categorías de impacto en un 44% y a las categorías de daño en un 47%.

CONCLUSIONES

1. La industria alimentaria cubana impacta sobre el medio ambiente a través de las diferentes fuentes de contaminantes, de ahí que las modificaciones que se pretendan hacer en la misma deben integrar criterios tecnológicos, económicos y ambientales.
2. La obsolescencia del equipamiento instalado en la Panadería “El Pinto” atenta contra el desempeño ambiental de la entidad e incide en el volumen y composición de los residuales generados.
3. A través de la implementación del ACV se determinó que las modificaciones propuestas a la tecnología de producción de pan reducen los impactos globales relacionados a las categorías de impactos en un 44% y a las categorías de daños en un 47%.
4. La modificación tecnológica propuesta en el presente proyecto incrementa la eficiencia económica y la compatibilidad ambiental de la panadería “El Pinto” a la vez que constituye un precedente para estudios ulteriores en las demás unidades de la empresa.

RECOMENDACIONES.

1. Realizar las inversiones en la tecnología propuesta en este trabajo, las mismas significan mejoras ambientales, técnicas y económicas con un aumento del valor agregado a sus producciones.
2. Proponer a la empresa la generalización de este estudio a todas las unidades productoras de alimentos afiliadas.

1. Alting, L., Hauschild, M. And Wenzel, H. (1997). Environmental Assessment in product development, in: Clean Technology: The Idea and the Practice. Philosophical Transaction: Mathematical, Physical and Engineering, 355(1728). Royal Society, London: 1373-1388.
2. Annalee, Y. Tord, K. Tee, Gi: (2000) Salud Ambiental Básica. Versión al español realizada en el Instituto de Higiene, Epidemiología y Microbiología, La Habana.
3. Baik O.D. Grabowski S. Trigui M. Marcotte M and Castaigne, F. (1999) Heat transfer coefficients on bread baked in tunnel type industrial oven, *Journal of Food Science*, **64** (4), 688–694.
4. Baik O.D. Marcotte, M and Castaigne, F. (2000) Bread baking in tunnel type multi-zone industrial ovens. Part 1. Characterization of baking conditions, *Food Research International*, **33**, 587–598.
5. Baumann, H. and Tillman, A.M. (2004). The Hitch Hiker’s Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application. ISBN/ ISSN: 9144023642.
6. Bimbenet, J.J. Duquenoy, A. and Trystam, G. (2002) Génie des Procédés Alimentaires, Paris, Dunod, 131.
7. Björklund, A. and Finnveden, G. (2006) “Welcome to a course in Life Cycle Assessment, Center for Environmental Strategies research”. Revisado en Abril. Disponible en: http://www.infra.kth.se/fms/utbildning/lca/1N1800_F1.pdf
8. Carter, W. L. (2000) Environmental Impact Assessment. Second Edition. University of Oklahoma. EEUU. p 130-133.
9. Carvalho, M.G. and Martins, N. (1992) Mathematical modeling of heat and mass transfer in a forced convection baking oven, in *AIChE Symposium Series-Heat Transfer*, NY, American Institute of Chemical Engineers, 205–211.
10. Christensen, A. and Singh, R.P. (1996) Energy consumption in the baking industry, in McKenna B M (ed.), *Engineering and Food*, volume 3, *Processing Applications*, London, Elsevier, 965–973.
11. Cleland, A.C. (2006) Manual and automatic Divider of bread . *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*, Taylor & Francis Group.
12. Cobo Parra, D. (1997) Control activo del ruido. Principios y aplicaciones. CSIC.
13. Colectivo de Autores (1992). Contaminación del aire y salud. Serie Salud Ambiental. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

14. Collazos, H.P. (2005) “Residuos Sólidos” Facultad de Ingeniería – Publicaciones, Universidad Nacional de Colombia).
15. Conessa, V. (2000). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 3ra Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Anexo 3 Estudio de factores medioambientales. Pag 200-208.
16. Consoli, F. Allen D. Boustead, I. DeOude, N. Fava, J. Franklin, W. Quay, B. Parrish, R. Postlethwaite, D. (1993). Guidelines for life-cycle assessment. A code of Practice. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Brussels. Belgium.
17. Cubagua (2003). Gestión Integrada del Agua. Abastecimiento y saneamiento. htm Nacional de Recursos Hidráulicos.
18. De Caluwe, N. (1997) Ecotools manual. A comprehensive review of Design for Environment tools. Manchester Metropolitan University.
19. Dinges, R. (1982): Natural Systems for Water Pollution Control. Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York.
20. Falhoul, D. Trystram, G. McFarlane, I. (1995) Measurements and predictive modelling of heat fluxes in continuous baking ovens, Journal of Food Engineering, **26**, 469–479.
21. Fellows, P.J. (2000) Food Processing Technology. Principles and Practice, Cambridge, Woodhead, 278–293, 311–352, 441–452.
22. Fernández, A. (2003). Sistemas integrados de gestión. España, IDEPA.
23. Fernández, A. (2001). Escuela Andaluza de Salud Pública, conferencia pronunciada en la I Jornada contra el Ruido, Puerto Real, Mayo.
24. Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinee, J. Heijungs, R., Koehler, A., Pennington, D. Suh, S. and Hellweg, S. (2009). Review. Recent development in life cycle Assessment. Journal of Environmental Management. 91: 1-21.
25. Flores, E. (2000) <<http://www.monografias.com/trabajos/contamacus.shtml>>.
26. Fullana, P. (2002) “Análisis del Ciclo de Vida”. Editorial Rubes. España.
27. Gaudreault, C. et. al. (2006) “LCA Applications in the Pulp and Paper Industry”. Conference Proceedings. 17th International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA 2006. Prague, Czech Republic. ISBN: 80-86059-45-6. Agosto.
28. Goedkoop, M. and Oele, M. (2004) “Introduction to LCA (Life Cycle Assessment) with SimaPro”. PRé Consultants. Septiembre. Disponible en: <http://www.pre.nl>
29. Guinee, J.B. Gorree, M. Heijungs, R. Hoppes, G. Kleijn, R. Udode Haes, H. A. Vander Voet, E. and Wisberg, M.N (2002). Life cycle Assessment. An Operational Guide to ISO

- Standards, Vol.1,2,3. Centre of Environmental Science Leiden University(CML).
Netherlands
30. Harris, C. M. (1995) Manual de medidas acústicas y de control del ruido. McGraw Hill.
 31. Hassall, J, R. (1988) Acoustics noise measurements. Bruel & Kjaer.
 32. Henn, C. L. And Fava, J. A. (1994). Life cycle analysis and resource management, en Kolluru, R. V; ed. (1994): Environmental Strategies Handbook. A guide to effective policies and practices, McGraw Hill, New York y otros, págs. 541-642.
 33. http://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Procesamiento_de_alimentos
 34. <http://www.monografias.com/trabajos17/riesgos-fisicos/riesgos-fisicos.shtml> (a) [1/2006].
 35. <http://www.randagroup.es/esp/ma/acv/acv3.htm>
 36. <http://www.mitecnologico.com/Main/AnalisisDelCicloDeVida>
 37. Krist-Spit C E and Sluimer P (1987) Heat transfer in ovens during the baking of bread, in Morton I D (ed.), *Cereals in a European Context, First European Conference on Food Science and Technology*, Chichester, Ellis Horwood, 344–354.
 38. Llanes, E. y col. (2005). Aplicación de metodología Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a la empresa arrocera en la provincia de Granma, Cuba, Revista Ciencias.com, Código ISPN de la Publicación: <http://www.revistaciencias.com/> <http://www.ilustrados.com>
 39. Londoño J.L. (1997) Hipoacusia neurosensorial por ruido industrial y solventes orgánicos en la Gerencia Complejo Barrancabermeja, 1977-1997. Rev Fac Nac Salud Pública. 1997; 15(1):94-120.
 40. Márquez, I. (2007) “Análisis de ciclo de vida en la producción de zumo de mango ecológico” Tesis para optar por el grado de Master en Seguridad tecnológica y ambiental de los procesos químicos.
 41. Martínez, E. <[http:// www.elnuevodiario.com.ni/archivo/opinion/opinion2.html](http://www.elnuevodiario.com.ni/archivo/opinion/opinion2.html)> [7/2001].
 42. Mason, C.F. (1996) *Biology of Freshwater Pollution*, 3rd edn. Longmans, London.
 43. Matz S A (1988) Ovens and baking, in Matz S A (ed.), *Equipment for Bakers*, Alamo, TX, Pan-Tech International, 319–361.
 44. Merches S.C; <[http:// www.ideal.es/waste/acustica.htm](http://www.ideal.es/waste/acustica.htm)> [5/2005].
 45. M. Malagié, G. Col., Procesos de la industria alimentaria, 2000.
 46. NC ISO 14040: (2005) Gestión ambiental análisis del ciclo de vida principios y marco de referencia .Oficina Nacional de Normalización Ciudad de la Habana. Cuba.

47. NC ISO 14041: (2000). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de Vida. Definición del objetivo y alcance y análisis del inventario. Oficina nacional de normalización ciudad de la habana. Cuba.
48. NC ISO 14042: (2001). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de la Habana. Cuba.
49. NC ISO 14043: (2001). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de la Habana. Cuba
50. NC ISO 14044: (2006). Gestión Ambiental – Análisis del ciclo de vida – Requisitos y lineamientos. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de la Habana. Cuba.
51. NC ISO 14049: (2001). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Ejemplos de aplicación de la NC-ISO 14041 para la definición del Objetivo y alcance y análisis del Inventario. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de la Habana. Cuba.
52. Norris J R, Abbott M T and Dobie M (2002) High performance air impingement/microwave cooking systems, *Annual meeting of IFT*, Anaheim, CA, 15–19 June.
53. ONN (a): “NC 27/1999: Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado”. Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1999.]
54. ONN (b): “NC: 39/1999 Calidad del aire. Requisitos higiénico-sanitarios. Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1999.
55. ONN (c): NC: 111/ 2004 Calidad del aire. Reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos. Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 2004.
56. ONN(d): NC:133/2001. Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénico sanitarios y ambientales. Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 2001.
57. ONN(e): NC: 26/99 Ruidos en zonas habitables. Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1999.
58. Palacios Machado, Y. (2011) “Aplicación de la metodología que combina análisis de ciclo de vida y análisis de peligros y puntos de control críticos, en la línea de helados de la pasteurizadora Santa Clara”. Tesis para optar por el grado de Master en Ingeniería en Saneamiento Ambiental.
59. Pérez G. (2000) Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a ruidos. *Mapfre Seguridad*. 78:19-25.

60. Pérez, Martín. D. (1998) Inventario Nacional de Gases del Efecto de Invernadero de la Generación Eléctrica. Preprint CIEN-R – 7/98, Habana.1998.
61. Peters, Max S. Timmerhaus, Klaus D. (2003) Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Editorial Mc Graw Hill. 6ta Edicion.1991
62. PNUMA. (1988) Evaluación del impacto ambiental; procedimientos básicos para países en desarrollo.
63. Ramírez, M. (2004) <[http:// www.monografias.com/trabajos16/sonido.shtml](http://www.monografias.com/trabajos16/sonido.shtml)>.
64. Randa Group S.A. “Análisis del Ciclo de Vida. Metodología”. 2002. Disponible en: <http://www.randagroup.es/esp/ma/acv/acv3.->
65. Rieradevall, J. y col. (2000) “Ecodiseño de envases. El Sector de la Comida Rápida”. Ediciones ELISAVA. Primera edición. España. Octubre.
66. Rieradevall, J. y Vinyets, J. (1999) “Ecodiseño y ecoproductos”. Editorial Rubes. España. Primera edición. Diciembre.
67. Rodríguez Andora, A. Curso (2004) “Residuos sólidos urbanos. Tecnologías aplicadas en la Unión Europea”, Universidad del país vasco.
68. Rodríguez García, J.A. (1997) Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Tratamiento de aguas residuales. Curso interactivo y a distancia. Documentos de consulta. <Http://wwwedu-micro.usal.es>. España.
69. Rodríguez, J. “La Ingeniería Ambiental entre el reto y la oportunidad”. Editorial Síntesis, S.A. Villahermosa, Madrid. 2002. Pág. 153-173. Disponible en: <http://www.sintesis.com>.
70. Roosen, H.P. (1999) New energy measurements on ovens in baker’s shops, *Getreide,-Mehl-und-Brot*, **47**(3), 36–38.
71. Sáenz, M. y Zufía, J. (1999) “Análisis de Ciclo de Vida para la reducción de impactos medioambientales generados por el sector agroalimentario Vasco”. Sociedad pública de gestión ambiental del país Vasco (IHOBE) Disponible en: <http://www.nasdap.ejgv.euskadi.net/r50-468/es/contenidos>
72. SAIC (Scientific Applications International Corporation). (2006) “Life Cycle Assessment: principles and practice”. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Disponible en: http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/pdfs/chapter1_frontmatter_lca101.pdf
73. Sánchez, O. J. y col. (2007) “Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: Una aproximación cualitativa”. Revista Universidad EAFIT, Vol. 43, № 146. Abril-Junio. Disponible en: <http://www.redalyc.uaemex.mx>

74. Sanz, J.L. (1999) "Curso sobre regeneración de aguas residuales". <http://www.nam.es/fguam/Fse/cursos99/ciencias/ci15.html>
75. SETAC (1991) (Society for Environmental Toxicology and Chemistry). "A Technical Framework for Life Cycle Assessments". Washington, D.C.
76. Sexto L.F. Análisis de ruido en áreas de una central termoeléctrica [Citado 2006 Junio 19]. Disponible en: <http://www.ispjae.cu/centros/CEIM/index.htm>
77. Spedding, D.J. (1981) "Contaminación Atmosférica". Reverte, Barcelona.
78. Spiegel, J. (2000) Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.
79. Standing C.N. (1974) Individual heat transfer modes in band oven biscuit baking, *Journal of Food Science*, **39**, 267–271.
80. Stear C.A. (1990) Energy sources, types of oven and oven design, in *Handbook of BreadMaking Technology*, London, Elsevier, 596–619.
81. Tchobanoglous, G. Theisen, H. Vigil, S. (1994): Gestión Integral de Residuos Sólidos, McGraw-Hill, Madrid. España.
82. Tecnopast. (2011). Macchine e forni per panifici, pasticcerie, pizzerie e pasta fresca. Catálogo TBM Tecnopast Bakery Machines S.p.A..
83. Torres Jomolca, D. (2011) "Diseño del sistema de gestión ambiental en la panadería repostería El Pinto" Tesis para optar por el grado de Master en Ingeniería en Saneamiento Ambiental.
84. Tragardh C. Solmar A. and Malmstrom T. (1986) Mixers operations in baking process, *Food Process Engineering*, Vol. 1 *Food Processing Systems*, London, Applied Science Publishers, 199–206.
85. Trystram, G. Brunet P. and Marchand B (1989) Bilans thermiques des fours de cuisson de produits céréaliers fonctionnant au gaz naturel, electricité et diesel. *Industries Agro-Alimentaires (IAA)* **106**, 861–869.
86. US-EPA, 1994. Joining forces on solid waste management: regionalization is working in rural and small communities. EPA Report 530-K-93-001 (44) Octubre 94 U
87. Van de Moortele, N. (2007) "Contaminación". Disponible en: <http://www.monografias.com/contam/contam.shtm/>.
88. Vink, E. y col. (2003) "Applications of life cycle assessment to Nature Works TM polylactide (PLA) production, Polymer Degradation and Stability". Publicado por Elsevier Science Ltd. Disponible en: <http://www.elsevier.com/locate/polydegstab>
89. WWF. Climate Change. World Wide Fund for Nature. Switzerland, 1995.p-49.

90. [www.puc.d/sw_educ/contaminacion Atmosferica.htm](http://www.puc.d/sw_educ/contaminacion%20Atmosferica.htm)
91. www.sintesis.com
92. www.tecnopast.com
93. [www.puc.cl /edu/contam.htm](http://www.puc.cl/edu/contam.htm)
94. Zareifard, M.R. Marcotte, M. and Dostie, M. (2006) A method for balancing heat fluxes validated for a newly designed pilot plant oven, *Journal of Food Engineering*, **76**(3), 303–312.

Anexo # 1 Límites Máximos Permisibles Promedio (LMPP) para los parámetros de los residuales líquidos

Parámetro	Unidades	LMPP
Temperatura	°C	< 50
pH	Unidades	6-9
Sólidos Sedimentables	mL/L	<10
Grasas y Aceites	mg/L	<50
Conductividad	S/cm	<4000
DBO5	mg/L	<300
DQO (Dicromato)	mg/L	<700
Fenoles	mg/L	<5
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	<25
Aluminio	mg/L	<10.0
Arsénico	mg/L	<0,5
Cadmio	mg/L	<0,3
Cianuro	mg/L	<0,5
Cobre	mg/L	<5,0
Cromo hexavalente	mg/L	0,5
Cromo total	mg/L	2,0
Mercurio	mg/L	0,01
Plomo	mg/L	1,0
Zinc	mg/L	5,0
Sulfuros	mg/L	5,0

Anexo # 2 Algunos de los principales contaminantes generados, las concentraciones máximas admisibles (mg/m^3) tanto instantánea 20 min. como promedio diario 24 h y la clase de peligrosidad.

Contaminante	concentraciones máximas admisibles (mg/m^3)		clase de peligrosidad
	Instantánea 20 min.	promedio diario 24 h	
Dióxido de azufre	0.5	0.05	3
Monóxido de carbono	5.0	3.0	4
ozono	0.16	0.03	1
Sulfuro de carbono	0.03	0.005	2
Sulfuro de hidrogeno	0.008	0.008	2
Monóxido de nitrógeno	0.6	0.06	3
Hollín	0.15	0.05	3
Dióxido de nitrógeno	0.085	0.04	2
Anhídrido fosfórico	0.15	0.05	2
Anhídrido Ftálico(vapores, aerosoles)	0.15	0.05	2
Anhídrido maléico(vapores, aerosoles)	0.1	0.1	2

Anexo # 3 Equivalencia de subíndices (puntos 100, 300 y 500) de los contaminantes principales, tomando como referencia las concentraciones máximas admisibles (Cma) promedio diarias y para períodos de 20 minutos y las concentraciones medias diarias y horarias reales (mg.m⁻³)

Contaminante Principal	Índice 100 Calidad Aceptable		Índice 300 Límite inferior de Calidad Pésima		Índice 500 Límite inferior de Calidad Crítica	
	Diario	Horario	Diario	Horario	Diario	Horario
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0,05	0,5	0,15	1,5	0,25	2,5
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	0,04	0,085	0,12	0,255	0,2	0,425
Partículas en suspensión totales (PST)	0,1	0,3	0,3	0,9	0,5	1,5
Partículas en suspensión ≤ 10 μm (PM ₁₀); Partículas torácicas	0,05	No se aplica	0,15	No se aplica	0,25	No se aplica
Monóxido de Carbono (CO)	3	5	9	15	15	25
Ozono (O ₃)	No se aplica	0,08*	No se aplica	0,24	No se aplica	0,4

Anexo # 4 Niveles sonoros máximos admisibles y niveles tolerables (Leq y P90 de Lmax (dB)AF) de la hora mas desfavorable del periodo diurno y del nocturno en las zonas urbanizadas aledañas a los edificios de viviendas.

Leq (dB(AF))	NIVELES TOLERABLES				NIVELES MAXIMOS ADMISIBLES	
	Areas urbanizadas estables		Remodelaciones		Nuevas urbanizaciones	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Suburbano	73	73	70	64	59	59
Comercial	75	71	70	58	67	53
Tránsito	68	58	65	55	47	47
Instalaciones mecánicas e industriales	71	66	70	60	50	50
P90 de Lmax (dB (AF))	100		90		80	

Anexo # 5 Datos técnicos del equipamiento actualmente instalado.

Datos técnicos de lo equipos de mezclado.

Mezcladoras	Mezcladora 1	Mezcladora 2
Marca	Logiudice forni S.r.l.	Logiudice forni S.r.l.
País de fabricación	Italia.	Italia.
Modelo	80-A	130 -A
Año de fabricación:	2001.	2001.
Matrícula	0105138.	03001040
Alimentación de corriente	220 v. directa. 60 Hz. alterna.	220 v. directa. 60 Hz. alterna
Capacidad de mezcla(kg).	80	120
Potencia(kW)	4.6	7.0

Datos técnicos de lo equipos de sobado.

Sobadora	
Marca	SK 310
País de fabricación	Checoslovaquia
Año de fabricación:	1984
Alimentación de corriente	220 v. directa.
Potencia(kW)	1.5

Datos técnicos de lo equipos de conformado.

Boleadora semi- automática.	
Marca	Logiudice forni S.r.l.
Modelo:	S-30-SA
País de fabricación	Italia.
Año de fabricación:	2001.
Matrícula	0501807
Alimentación de corriente	220 v. directa. 60 Hz. alterna.
Potencia(kW)	0.9

Datos técnicos de lo equipos de fermentación y dilatación.

Estufa	
Marca	Logiudice forni S.r.l.
País de fabricación	Italia.
Año de fabricación:	2001.
Matrícula	MV 0104061.
Dimensiones(cm)	200x200x210
Potencia(KW)	7.0
Alimentación de corriente	220 v. Directa. 60 Hz. alterna.

Datos técnicos de lo equipos de horneó.

Horno Rotatorio.	
Marca	Logiudice forni S.r.l.
Modelo	LFR NE 80*120.
País de fabricación	Italia.
Año de fabricación:	2001.
Fuente de alimentación.	Diesel
Dimensiones cámara cocción (ancho, largo, alto)(m)	1.90*1.90*2.05
No de bandejas	28
Alimentación de corriente	220 v. Directa. 60 Hz. alterna.
Potencia de consumo motor impulsión y rotación (kW)	6.5
Alimentación de combustible (Kg./h)	15.0

Anexo # 6. Composición de Pan Corteza Suave.(Según Tabla de Composición de los alimentos. Instituto de investigaciones para la industria alimentaria. Ministerio de la Industria Alimentaria. La Habana Cuba. 2006. Pág. 156)

6009		Pan de corteza suave	
Nutriente	Unidad	Contenido en 100 g de porción comestible	
Constituyentes mayoritarios			
Energía	kcal	250	
Humedad	g	33,5	
Proteínas	g	8,2	
Grasa	g	0,2	
Cenizas	g	1,7	
Hidratos de carbono totales	g	56,4	
Fibra dietética total	g	2,7	
Minerales			
Ca	mg		
Mg	mg		
Na	mg		
K	mg		
Fe	mg	1,5	
Cu	mg		
Zn	mg		
P	mg	108	
Vitaminas			
Vit. A	U.I.		
Tiamina	mg	0,04	
Riboflavina	mg	0,12	
Niacina	mg		
A. Ascórbico	mg		

Anexo # 7 Equipamiento de la nueva propuesta tecnológica de la Panadería “El Pinto”

Mezcladoras		
	Mezcladora 1	Mezcladora 2
Marca	Tecnopast bakery machines S.p.A	Tecnopast bakery machines S.p.A
País de fabricación	Italia.	Italia.
Modelo	BS-60STT	BS-80 F
Año de fabricación:	2011.	2011.
Capacidad de harina(Kg.)	35	50
Capacidad de liquido(lt.)	325-30	30-35
Capacidad de la mezcla(Kg.)	60	80
Diámetro interno del recipiente(mm)	600	700
Profundidad del recipiente(mm)	360	380
Capacidad del recipiente(lt.)	90	135
Velocidades de espiral(nº)	2	2
Velocidad del recipiente(nº)	1	1
Dimensiones(cm)	64*113*138	75*121*146
Peso(Kg.)	340	590
Potencia(kW)	3.25	4.0



TBI
BAK
machine 1

Boleadora semi- automática.¹

Marca	Tecnopast bakery machines S.p.A
Modelo:	CAR-30
País de fabricación	Italia.
Año de fabricación:	2011.
Dimensiones(mm)	610*590*2010
Peso(Kg.)	250
Alimentacion de corriente	220 v. directa. 60 Hz. alterna.
Potencia(kW)	0.55



¹ En este tipo de equipamiento se puede seleccionar la cantidad que se desea que divida. El fabricante aporta las siguientes características.

Cantidad de unidades(u)	Rango de peso(g)
22	45-140
30	20-100
36	18-75
15	60-200
30	40-135
36	30-110

Estufa(Cámara de fermentación)	
Marca	Tecnopast Bakery machines S.p.A
Modelo	Cella 8612
País de fabricación	Italia.
Año de fabricación:	2011.
Dimensiones(cm)	100x200x230
Potencia(KW)	6.5
Alimentacion de corriente	220 v. Directa. 60 Hz. alterna.



Horno Rotatorio.	
Marca	Tecnopast bakery machines S.p.A
Modelo	Rotor 86 N
País de fabricación	Italia.
Año de fabricación:	2011.
Area de coccion(m ²)	8.64
No. Bandejas	18
Dimensiones de bandejas(cm)	60*80
Fuente de alimentación.	Diesel
Alimentación de corriente	220 v. Directa. 3-60 Hz
Potencia de consumo motor impulsión y rotación (KW)	3.0
Intensidad (A)	13.0
Potencia térmica (KW)	79.42
Alimentación de combustible (kg/h)	6.72
Peso(Kg.)	1300



Anexo # 8 Análisis de agua después de tratamiento. Recursos hidráulicos septiembre 2012

Parámetros	Muestra 30/09/12	LMMP
pH(U).	5.90	6-9
Conductividad Eléctrica. μ S/cm	1600	<4000
Demanda Química de Oxígeno. (mg/L).	4500	<700
Grasas y Aceites	12	<50
Hidrocarburos	9	-
Sólidos totales (mg/L).	2640	-
Sólidos volátiles (mg/L).	2180	-
Sólidos fijos (mg/L).	460	-
Sólidos sedimentables (ml/L).	15	<10
Sólidos totales disueltos (mg/L).	380	5
Fósforo (mg/L).	15.12	10
Nitrógeno Total (mg/L).	49	15
Nitrógeno Amoniacal. (mg/L).	13.6	-

Anexo # 9 Tabla de muestreo de Residuos Sólidos luego de las alternativas de Reciclaje

Fecha.	25 agosto 2012		3 septiembre 2012		12 septiembre 2012	
Componentes	Peso (kg)	% en Peso	Peso (kg)	% en Peso	Peso (kg)	% en Peso
Caucho (goma)	0	0	0	0	0	0
Cuero	0	0	0	0	0	0
Madera	0	0	0	0	0	0
Materia orgánica	8.5	81.73	7.9	78.61	8.3	81.77
Metales ferrosos	0	0	0	0	0	0
Metales no-ferrosos	0	0	0	0	0	0
Papel	0	0	0	0	0	0
Cartón	0	0	0	0	0	0
Plástico duro	0	0	0	0	0	0
Plástico flexible	1.2	11.54	1.35	13.43	1.25	12.32
Trapo	0	0	0	0	0	0
Vidrio	0	0	0	0	0	0
Otros materiales	0.7	6.73	0.8	7.96	0.6	5.91
Total	10.4	100	10.05	100	10.15	100

**Anexo # 10 Cálculo del Costo total de inversión (costos directos e indirectos).
Costo del equipamiento.**

Direct Costs	M \$	
Purchased equipment, E'		0.061
Delivery, fraction of E'	0.10	0.006
Subtotal: delivered equipment		0.067
Purchased equipment installation	0.45	0.026
Instrumentation&Controls(installed)	0.18	0.000
Piping (installed)	0.16	0.000
Electrical systems (installed)	0.10	0.000
Buildings (including services)	0.25	0.000
Yard improvements	0.15	0.000
Service facilities (installed)	0.40	0.027
Total direct costs	1.69	0.120
Indirect Costs		
Engineering and supervision	0.33	0.022
Construction expenses	0.39	0.026
Legal expenses	0.04	0.003
Contractor's fee	0.17	0.011
Contingency	0.35	0.023
Total indirect costs	1.28	0.086
Fixed capital investment (FCI)		0.206
Working capital (WC)	0.70	0.047
Total capital investment (TCI)		0.253

Costo de cada Equipo	Costo	UM
Horno rotor 80*60 TBM Tecnopast	19173.5	\$
Modulo de 8 carros	4267.65	\$
Cámara de fermentación automática TBM Tecnopast	7174.6	\$
Mezcladoras de espiral	21029	\$
Boleadora para pan	9277.5	\$
Total	60922.25	\$