

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

Título del trabajo: *"Algunas aproximaciones a la base conceptual del almacenamiento de biomasa cañera"*

Autor del trabajo: Dunier Barrios Hernández

Tutor del trabajo: Dr.C. Roberto Cespón Castro

Santa Clara, junio 2018
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Dedicatoria

A mis padres, fuentes de inspiración y modelos a seguir en la vida.

Agradecimientos

A Dios por haber entrado en mi vida e iluminarme el camino hasta aquí.

A mi familia, y en especial a mis padres por su apoyo, esfuerzo y sacrificio durante todos estos años.

A mi tutor por haber confiado en mí para emprender esta ardua tarea y haber sabido guiarme durante el trayecto.

A todos mis amigos: a los de la carrera por haber compartido conmigo todos estos años de estudio, a los de Humanidades, y en especial los de Periodismo, por haberme acogido entre ellos en un momento muy difícil y ayudarme a superarlo y a salir adelante, a los demás de la Universidad, y a los de mi pueblo Remedios.

A todas aquellas personas que han formado parte de mi vida en un momento determinado y que me han ayudado o traído momentos de alegría y felicidad.

A todos, muchas gracias.

Resumen

Resumen

La presente investigación constituye una revisión del estado del arte sobre el proceso de almacenamiento de la biomasa para ser empleada con fines energéticos. Para ello se parte de una revisión bibliográfica de la logística de almacenamiento en general, y en particular en Cuba, incluyendo las principales resoluciones vigentes sobre el tema y trabajos desarrollados para su diagnóstico y mejora. La segunda parte de la investigación está referida a la biomasa con énfasis en la biomasa cañera, en la que se parte de los conceptos generales y de otros tópicos de interés que deben ser considerados en el proceso de almacenamiento. Finalmente, se incluyen las principales experiencias publicadas respecto al almacenamiento de la biomasa cañera, tanto teóricas como prácticas, lográndose un conjunto de recomendaciones a considerar en el diseño y gestión de la logística de su almacenamiento, a partir del contenido de la tecnología de almacenamiento. El presente Trabajo de Diploma forma parte de una investigación que se realiza como parte del Proyecto Nacional CITMA “Evaluación de alternativas para el desarrollo energético sostenible de la Empresa Azucarera de Villa Clara”.

Abstract

Abstract

The present investigation constitutes a review of the state of the art about the biomass storage process to be used for energy purposes. To this end, a bibliographic review of storage logistics in general, and in particular in Cuba, was carried out, including the main current resolutions on the subject and works developed for its diagnosis and improvement. The second part of the research is related to biomass with emphasis on sugarcane biomass, which is based on general concepts and other topics of interest that should be considered in the storage process. Finally, the main published experiences regarding the storage of sugarcane biomass are included, both theoretical and practical, achieving a set of recommendations to consider in the design and management of storage logistics, based on the content of storage technology. The present Diploma Work is part of an investigation that is carried out as part of the National Project CITMA “Evaluation of alternatives for the sustainable energy development of the Sugar Company of Villa Clara”.

Índice

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1: Enfoques y conceptos fundamentales sobre la actividad de almacenamiento	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Almacén. Definición	6
1.2.1 Funciones y clasificación de los almacenes.....	7
1.2.2 Tecnología de almacenamiento	12
1.3 Tendencias actuales de la actividad de almacenamiento	16
1.3.1 El futuro de los almacenes	17
1.4 La actividad de almacenamiento en Cuba	18
1.4.1 Principales normas y resoluciones sobre almacenamiento en Cuba.....	18
1.5 Modelos y procedimientos utilizados para el mejoramiento del almacenamiento	22
1.6 Conclusiones parciales	24
Capítulo 2: Enfoques y conceptos fundamentales sobre la actividad de almacenamiento de biomasa cañera	26
2.1 Introducción.....	26
2.2 Biomasa. Definición.....	26
2.2.1 Tipos de biomasa	27
2.2.2 Biomasa cañera.....	29
2.3 Utilización de la biomasa cañera con fines energéticos.....	31
2.3.1 Utilización a nivel internacional.....	31
2.3.2 Utilización en Cuba	32
2.5 Almacenamiento de la biomasa cañera (bagazo).....	34
2.5.1 Sistemas de almacenamiento a granel	38
2.5.2 Sistemas de almacenamiento compactado	41
2.6 Consideraciones del autor a partir de la literatura consultada para el caso de Cuba	44
2.6.1 Consideraciones respecto a la tecnología de almacenamiento para Cuba	51
2.7 Conclusiones parciales	57
Conclusiones	59
Recomendaciones	61
Bibliografía	
Anexos	

Introducción

Introducción

El desarrollo sostenible, desarrollo sustentable o desarrollo perdurable (en inglés: *sustainable development*) es un concepto que surge y se desarrolla hacia finales del siglo XX como alternativa al concepto común de desarrollo y a raíz de las consecuencias medioambientales negativas del desarrollo económico, la globalización, la industrialización y el crecimiento poblacional. Dicho término se formalizó por primera vez en el *Informe Brundtland* de 1987 fruto de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, y posteriormente fue asumido en el Principio 3º de la Declaración de Río de 1992. Este modelo de desarrollo consiste en: “*Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades*” (“*Meet the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs*”) (Brundtland, 1987).

Sobre la base de este concepto se desarrolla el modelo de socialismo próspero y sostenible que es la principal meta del proceso de perfeccionamiento del socialismo en Cuba como se evidenció en el VII Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC) en 2016, donde se reafirmó la irreversibilidad de dicho proceso (Castro Ruz, 2016) que busca una transición del socialismo clásico alternativo *sui generis* del siglo XX a uno viable para este siglo (Santos Vítores y Hernández García, 2017). Una economía donde los diferentes actores, estatales, cooperativos, asociativos y privados, asumen consciente y voluntariamente la sostenibilidad empresarial como parte integral de su estrategia, contribuye a la salud, seguridad y bienestar de la sociedad, así como a ecosistemas resistentes, al uso racional de los recursos naturales y la biodiversidad (Betancourt Abio, 2016).

Un modelo energético nacional orientado hacia la sostenibilidad busca la reducción de la dependencia energética de los combustibles fósiles. Este último ha sido el proceso de generación de electricidad más importante del siglo XX, a tal punto que, en la actualidad, en el mundo, el 80 % del consumo energético (60% de la electricidad) proviene de estas fuentes de energía. Sin embargo, su uso está siendo cuestionado, fundamentalmente por la producción de CO₂ que se emite a la atmósfera, lo que contribuye a la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) que es uno de los impulsores del cambio climático

(González Santaló, 2008). Las tendencias actuales de demanda y producción de energía son evidentemente no sustentables, ni ambientalmente, ni económicamente, ni socialmente, por lo que se hace necesario un cambio radical de esta situación.

Una de las alternativas a esta problemática es la utilización de las fuentes de energía renovables o verdes (solar, eólica, maremotriz, hidráulica, geotérmica y biomasa) las cuales no contaminan, es decir, su modo de obtención o uso no emite subproductos que puedan incidir negativamente en el medio ambiente. La era de los combustibles fósiles va a llegar a su fin porque las energías renovables van a adelantarse y colocarse como las primeras tecnologías en abastecer de electricidad y energía al mundo de aquí a los próximos 25 años, debido a que será mucho más barata y asequible gracias a la continua rebaja de sus costes y al desarrollo del almacenamiento de la energía (Ojea, 2016). La participación de estas tecnologías energéticas renovables crece a nivel mundial en un 20% anual, si se tienen en cuenta todas sus manifestaciones. La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para poner en explotación las diversas fuentes renovables de energía, por ser limpias y sobre todo sostenibles (Moreno Figueredo, 2013).

Cuba no está de espaldas a esta realidad. Nuestro país es rico en recursos energéticos renovables y pobre en los no renovables. El sol, el viento, la biomasa (fundamentalmente la procedente de la caña de azúcar) y la hidroenergía son las fuentes a las cuales se les puede apostar con mayor certeza para la diversificación de la matriz energética. Lograr 100% de autoabastecimiento energético con fuentes renovables de energía es un reto para esta generación (Moreno Figueredo, 2013).

La búsqueda de un recurso factible para satisfacer las necesidades energéticas de la isla caribeña se torna una prioridad. La biomasa, generada a partir de los residuos de la industria forestal y la agricultura, se convierte en una opción debido a las condiciones que posee el país. La experiencia cubana en cuanto al uso de esta tecnología comenzó con la utilización del bagazo de la caña de azúcar como un segundo combustible en los centrales azucareros (Mederos Corratgé, 2012). Sin embargo, es necesario aprovechar la potencia energética instalada en los mismos, con la introducción de las soluciones tecnológicas que permitan el uso de la biomasa cañera para la generación de electricidad durante todo el año,

y aplicando las transformaciones tecnológicas que posibiliten el incremento de las capacidades de generación instaladas (Moreno Figueredo, 2013).

Para lograr lo anterior, se hace necesario el almacenamiento de la biomasa cañera para su empleo en períodos en los que no se realice la zafra azucarera. Sin embargo, aun cuando existe toda una legislación en el país respecto al almacenamiento, muy poco se conoce sobre las particularidades del almacenamiento de biomasa cañera, la cual posee características particulares por la diversidad de formas en que se puede presentar y los riesgos que puede provocar como es el caso de los incendios. Los almacenes existentes, en su totalidad, se han diseñado durante el período de la zafra azucarera, existiendo gran variedad de formas que van desde almacenes techados hasta el almacenamiento al aire libre, basado en la experiencia de los profesionales que laboran en los centrales azucareros, constituyendo esta la **situación problemática** a la que se enfrenta la presente investigación.

Partiendo de ello, el **problema de investigación** del presente trabajo de diploma está dado por: la necesidad de disponer de un estado del arte actualizado sobre la actividad de almacenamiento en general y en particular del almacenamiento de la biomasa cañera.

Para dar respuesta al problema de investigación, se define como **objetivo general**: elaborar una revisión bibliográfica sobre el almacenamiento de biomasa cañera con fines energéticos.

Para dar cumplimiento al objetivo general se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

1. Definir los conceptos básicos y la base normativa sobre la actividad de almacenamiento.
2. Analizar las particularidades de estos conceptos en el caso de la biomasa cañera, y en particular el bagazo, para ser empleados en la producción de energía.

El documento quedó estructurado en dos capítulos de la siguiente forma:

Capítulo 1. Enfoques y conceptos fundamentales sobre la actividad de almacenamiento.

Capítulo 2. Enfoques y conceptos fundamentales sobre el almacenamiento de biomasa cañera.

Capítulo 1

Capítulo 1: Enfoques y conceptos fundamentales sobre la actividad de almacenamiento

1.1 Introducción

El presente capítulo es confeccionado para dar cumplimiento al primer objetivo específico de la investigación el cual consiste en realizar una amplia y profunda revisión bibliográfica a partir de la consulta de la literatura especializada más actualizada que permita relacionar los principales enfoques, definiciones, normas, resoluciones, y tendencias actuales y futuras relacionados con los almacenes y la actividad de almacenamiento en general, tanto a nivel internacional como en Cuba, que sirva de basamento y punto de partida para la realización de la investigación, abarcando en su totalidad el estado del arte que se muestra en el hilo conductor de la figura 1.1.

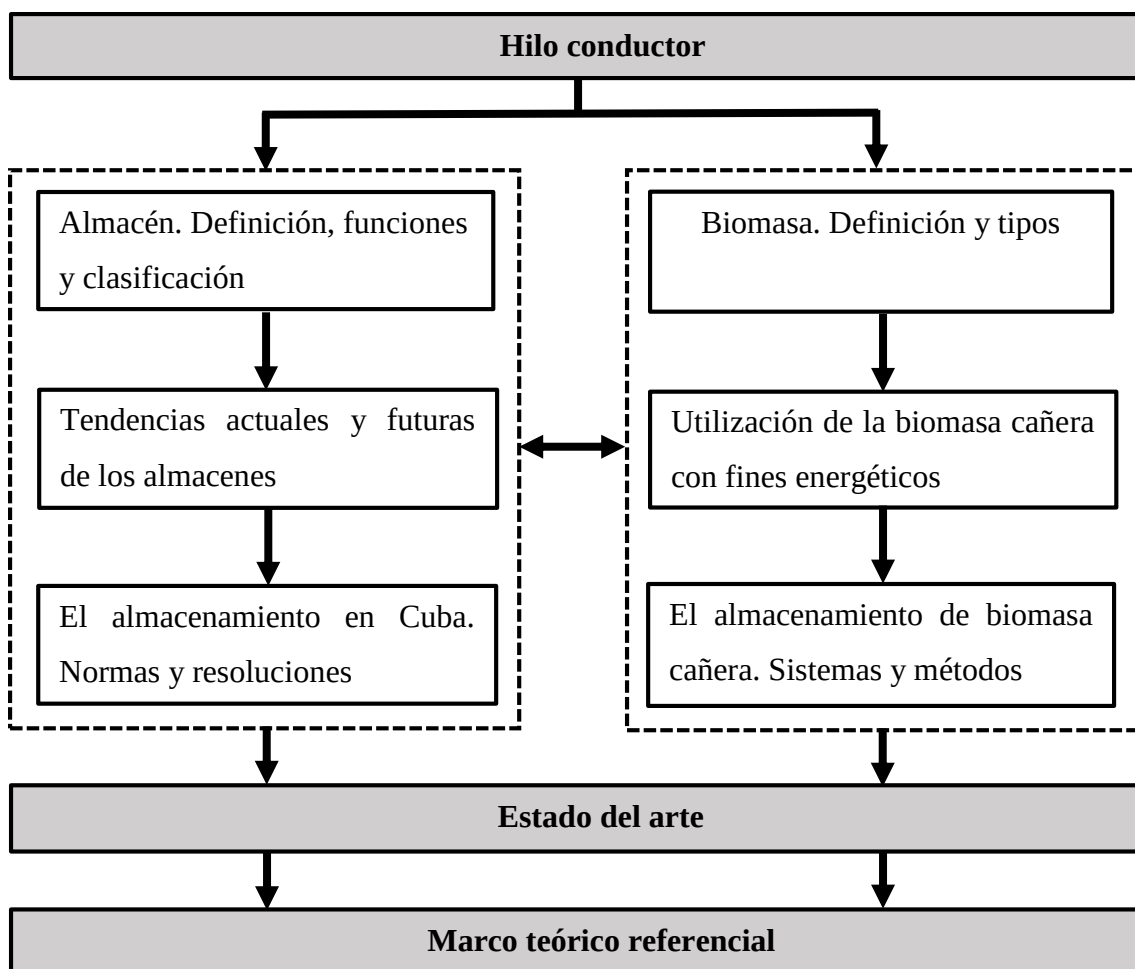


Fig. 1.1. Hilo conductor del marco teórico referencial. (Fuente: Elaboración propia)

1.2 Almacén. Definición

Para una mejor comprensión del tema, es necesario partir de un breve análisis de la etimología del vocablo almacén según el Diccionario de la Lengua Española (DLE), antiguamente conocido como Diccionario de la Real Academia Española (DRAE) hasta la 22ª edición del año 2001. Este plantea que la palabra almacén se deriva del árabe hispánico *al-mahzán*, y este a su vez del árabe clásico *mahzan*, donde *al* significa “el” y *mahzan* significa “depósito”, por lo que su correcta traducción al español sería “el depósito”. La definición oficial que establece el mismo es: *“Edificio o local donde se depositan géneros de cualquier especie, generalmente mercancías”* (DLE, 2014).

Otros reconocidos diccionarios como el Merriam-Webster’s Collegiate Dictionary (Merriam-Webster, 2004), el Cambridge English Dictionary (CED, 2015) y el Oxford English Dictionary (OED, 2009), coinciden a grandes rasgos en sus respectivas definiciones del término almacén (en inglés: *warehouse*). Este último específicamente, considerado el más erudito y completo diccionario de la lengua inglesa y el más prestigioso desde el punto de vista etimológico, lo define como: *“A large building where raw materials or manufactured goods may be stored prior to their distribution for sale”* (OED, 2009).

Un diccionario más especializado como el Diccionario de Logística y Supply Chain Management propone una definición más sintetizada: *“Edificio destinado para el almacenamiento de mercancías”* (Mora García, 2011).

Por otra parte, varias organizaciones y grupos de profesionales especialistas en temas logísticos también han contribuido con sus propios conceptos sobre este término. Uno de los principales es el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), anteriormente Council of Logistics Management (CLM) hasta 2001, el cual lo concibe como: *“Storage place for products. Principal warehouse activities include receipt of product, storage, shipment, and order picking”* (CSCMP, 2013).

La European Logistics Association (ELA), por su parte, plantea que es: *“Edificio especialmente proyectado para recibir, guardar, manipular, reacondicionar y expedir los productos que vendemos”* (Santos Cougil, 2011).

Para el Logistics Bureau una buena definición es: *“A planned space for the efficient storage and handling of goods and materials”* (O’Byrne, 2017). Además, plantea que en ese sentido el término almacén y “centro de distribución” pueden emplearse indistintamente como sinónimos.

Una definición muy completa es la dada por el SPC Consulting Group cuando dice que: *“El almacén es un lugar especialmente estructurado y planificado para custodiar, proteger y controlar los bienes de activo fijo o variable de la empresa, antes de ser requeridos para la administración, la producción o la venta de artículos y mercancías”* (SPCCG, 2014).

En Cuba, la Resolución No. 59/04 “Reglamento para la Logística de Almacenes” establece que un almacén es: *“Instalación o área destinada al almacenamiento de los productos que son controlados física y contablemente”* (59/04, 2004).

Es necesario señalar que varias de las fuentes bibliográficas anteriormente citadas también reconocen como una acepción de la palabra la que hace referencia a: tienda donde se venden artículos generalmente al por mayor. Esta acepción es comúnmente aceptada internacionalmente y su uso se emplea principalmente en los Estados Unidos de América, pero a los efectos de la presente investigación no será considerada.

Una vez recopiladas y analizadas algunas de las principales definiciones de este término, se puede decir a modo de conclusión que un almacén es un edificio, habitación o área destinado específicamente a recepcionar, ubicar, manipular, conservar y despachar productos físicos, generalmente mercancías, de forma eficiente durante un período de tiempo determinado antes de su posterior utilización, distribución o venta.

1.2.1 Funciones y clasificación de los almacenes

Se plantea que existen cuatro razones básicas por las que una organización realiza actividades de almacenamiento. Estas razones son (Hernández Bermúdez, 2011):

1. Reducción de los costos de producción-transporte.
2. Coordinación de la demanda y el suministro.
3. Apoyo al proceso de producción.
4. Apoyar el proceso de comercialización.

La razón de ser de todo almacén estriba en el hecho de que el hombre debe guardar aquello que produce o necesita para consumirlo con cierta dosificación. Esta es precisamente la razón última (o primera) de la existencia de los almacenes: el hombre produce bienes en un lugar determinado del tiempo, pero precisa consumirlos con regularidad todos los días (Gutiérrez Pradere, 2002).

Sin embargo, pese a lo que podría indicar su nombre, la función de un almacén, en general, no es almacenar productos sino hacer que estos circulen. Excepto en el caso de los almacenes de custodia a largo plazo, un almacén debe tratar de conseguir que el producto dé el servicio esperado mientras hace que las mercancías circulen lo más rápidamente posible (DOE, 2005).

Según López Guerrero (2009) los almacenes también cumplen otras funciones tales como:

- Recepción de los productos.
 - Antes de la llegada: se deberá disponer toda la información y documentación necesaria relativa a los productos que se esperan.
 - A la llegada:
 - Traslado a la zona de recepción.
 - Verificación del pedido: normalmente se realiza la comprobación cuantitativa, es decir, se revisa que han llegado los productos solicitados en las cantidades pedidas, de acuerdo con la documentación que se dispone.
 - Después de la llegada.
 - Comprobación cualitativa: esta función debería corresponder a otro departamento (control de calidad). Se trataría de revisar que la calidad del producto y/o correcto funcionamiento se ajustan a las especificaciones proporcionadas al proveedor.
 - Devoluciones de productos que no superen los controles anteriores.
 - Repaletización y almacenaje en el área de reserva.
- Almacenaje y manutención.
 - Almacenaje: es la actividad principal y la que mayores costes supone. Estos costes, a diferencia de los de fabricación, no dan un mayor valor al producto. Los principales son:

- Maquinaria e instalaciones
- Depreciación de valor de los productos almacenados
- Personal empleado
- Costes financieros del capital empleado en los productos almacenados
- Costes informáticos
- Mantenimiento: operaciones realizadas en el almacén por los operarios necesarias para condicionar la mercancía, conservarla y facilitar su expedición.
- Preparación de pedidos (*picking*): es la separación de una unidad de carga de un conjunto de productos para crear otra unidad que se ajuste al pedido de cada cliente. Suele tener unos costes elevados, por el personal y tiempo necesarios.
- Expedición: acondicionamiento de la mercancía para que llegue en perfectas condiciones al cliente. Incluye las siguientes actividades:
 - Embalaje
 - Precintado
 - Etiquetado
 - Emisión de la documentación
- Organización y control de existencias: supone establecer criterios y procedimientos en los siguientes aspectos:
 - Reducir los costes relativos a las operaciones anteriores
 - Reducción de distancias y tiempos de acceso
 - Control de productos especiales (temperatura, peligrosidad, ...)
 - Seguimiento de la trazabilidad de los lotes

Eventualmente pueden ejercer otras funciones como:

- Colaborar en el control administrativo
- Promover el reaprovisionamiento
- Administrar el material recuperado

Pueden existir otras funciones que sin ser específicas del almacén se ejecutan por él. Dependerá de diferentes circunstancias como pueden ser (López Guerrero, 2009):

- Tipo de empresa (Producción industrial, Comercial, etc.)
- Tamaño de la empresa (grande, medio o pequeña)

- Tipos de productos (materias primas, repuestos, productos acabados)

Es por ello que se puede decir que existen diversos tipos de almacenes o formas de almacenamiento, cada uno con sus características propias que los diferencian de los demás. Esto ha conllevado a que varios autores como Rodríguez Gutiérrez y Ortega Segrera (1986), DOE (2005), Torres Gemeil et al. (2007), López Guerrero (2009), Cespón Castro y Knudsen González (2012), Iglesias (2012), SPCCG (2014), Rodríguez Roel (2015) y Oruna Rodríguez (2016) hayan planteado diversos criterios para su clasificación. Aunque no ha sido posible llegar a un consenso de forma general entre todos, hay muchos criterios que son comunes para varios autores. Algunas de las principales clasificaciones más utilizadas en la literatura se relacionan a continuación:

1) Según su relación con el flujo de producción (DOE, 2005):

- Almacenes de materias primas
- Almacenes de productos intermedios
- Almacenes de productos terminados
- Almacenes de materia auxiliar
- Almacenes de preparación de pedidos y distribución

2) Según el tipo de material a almacenar (DOE, 2005):

- Almacén para bultos
- Almacenaje de graneles
- Almacenaje de líquidos
- Almacenaje de gases

3) Según el grado de mecanización (Rodríguez Roel, 2015):

- Almacenes convencionales
- Almacenes de alta densidad
- Almacenes automáticos

4) Según su localización (SPCCG, 2014):

- Almacenes centrales
- Almacenes regionales
- Almacenes de tránsito
- Almacenes en punto de uso

- 5) Según su función logística (López Guerrero, 2009):
 - Centro de consolidación
 - Centro de ruptura
 - Centro de tránsito
 - Almacenes cíclicos o estacionales
 - Almacenes de custodia a largo plazo
- 6) Según su régimen jurídico (López Guerrero, 2009):
 - Almacén propio
 - Almacén en alquiler
 - Almacenes en leasing
- 7) Según las técnicas de manipulación (Iglesias, 2012)
 - Convencionales
 - En bloque
 - Compactos drive-in
 - Dinámicos
 - Móviles
 - Semiautomáticos
 - Automáticos
 - Autoportantes
- 8) Según su especialización (Cespón Castro and Knudsen González, 2012):
 - Almacenes especializados
 - Almacenes universales
- 9) Según su construcción (Cespón Castro and Knudsen González, 2012):
 - Almacenes techados
 - Almacenes techados abiertos
 - Almacenes a cielo abierto o al aire libre
 - Almacenes autoportante
 - Almacenes inflamables
 - Almacenes cerrados y climatizados
- 10) Según su volumen (Cespón Castro and Knudsen González, 2012):
 - Almacenes pequeños

- Almacenes medianos
- Almacenes grandes

11) Según su capacidad dinámica (Cespón Castro and Knudsen González, 2012):

- Almacenes de pequeña capacidad
- Almacenes de mediana capacidad
- Almacenes de gran capacidad

12) Según su puntal (Cespón Castro and Knudsen González, 2012):

- Almacenes de bajo puntal
- Almacenes de mediano puntal
- Almacenes de alto puntal

1.2.2 Tecnología de almacenamiento

La tecnología de almacenamiento es el conjunto de actividades orientadas a garantizar la conservación y manipulación de las mercancías durante el período que media entre su producción y el consumo, minimizando los costos logísticos y maximizando la satisfacción del cliente (Acevedo Suárez y Gómez Acosta, 2010).

La tecnología es el elemento más importante dentro de la gestión de almacenes. Un inadecuado empleo de la misma influye negativamente en las actividades que se desarrollan en un almacén ya que contempla desde las cantidades de equipos de manipulación y medios de almacenamiento hasta los diversos tipos de equipos y medios que serán empleados en dependencia de las características de los productos a almacenar (Ayala Bécquer, 2008).

La tecnología de almacenamiento abarca la forma de conservación de los inventarios, las operaciones de transportación interna e izaje, los sistemas de almacenamiento y desplazamiento de los flujos de carga y la mecanización o automatización de los trabajos de índole operativo y organizativo, así como la organización integral de la actividad (Hernández Muñoz, 2008).

La tecnología seleccionada para cada almacén debe cubrir el conjunto de actividades que se desarrollan en él, las cuales se establecen según las características de las cargas que se almacenan. Varios autores como Conejero González (2006), Ayala Bécquer (2008), Cespón Castro y Knudsen González (2012) y Chavarro Soto (2016) coinciden en que dicha tecnología está formada por siete elementos fundamentales. Sin embargo, aunque no hacen

referencia a la fuerza de trabajo como un elemento de la tecnología de almacenamiento, si debe considerarse ya que siempre está presente a menos que el almacén sea totalmente automatizado. Es por ello que en la presente investigación si se tendrá en cuenta, por tanto, se puede decir que dichos elementos son:

- Los medios de almacenamiento
- Los equipos de manipulación
- Las áreas del almacén
- El flujo de las cargas
- Los procedimientos funcionales
- Las formas de almacenamiento
- El control de ubicación y localización de los productos en el almacén
- La fuerza de trabajo

Según varios autores como Gutiérrez Pradere (2002), Conejero González (2006), Torres Gemeil et al. (2007), Hernández Muñoz (2008) y Cespón Castro y Knudsen González (2012) la tecnología de almacenamiento se puede clasificar en diferentes formas. Una de las principales es el nivel de mecanización (NM), según el cual se clasifica en:

- **Tecnología manual:** Se realizan todas las operaciones de forma manual o con el auxilio de equipos de poca complejidad tales como escaleras y carretillas de 2 y 3 ruedas. Las cargas se colocan, generalmente, en gaveteros, casilleros o en estibas directas sin el uso de medios unitarizadores. Esta tecnología es usual para el almacenamiento de pequeñas cantidades (cargas fraccionadas).
- **Tecnología semimecanizada:** Una parte de las operaciones se realizan de forma manual y otra de forma mecanizada. Estas últimas corresponden, generalmente, a las de carga y descarga, empleándose para ello esteras transportadoras de banda, de rodillo, montacargas frontales, grúas y otros. Como medio de almacenamiento se emplean ocasionalmente las paletas, las tarimas y las cargas se colocan en estiba directa o se fraccionan en estantes de carga fraccionada, casilleros y otros.
- **Tecnología mecanizada:** Las operaciones se realizan, fundamentalmente, de forma mecanizada incluyendo las operaciones de carga, descarga, transporte interno y almacenamiento de las mercancías. Se emplean para ello montacargas de diferentes

tipos, entre ellos: frontales, retractiles, selectores de pedidos y trilaterales. Son empleados también grúas apiladoras, transelevadores y otros equipos auxiliares, así como también se desarrolla el uso de aditamentos para el agarre de las cargas.

- **Tecnología semiautomatizada:** Una parte de las operaciones se realizan con equipos mecánicos y en otras se utilizan equipos de computación.
- **Tecnología automatizada:** Las operaciones se realizan, fundamentalmente, a través de mandos programados. El equipamiento está basado en transelevadores para cargas unitarias o fraccionadas, estanterías y medios unitarizadores. Se desarrollan en la actualidad sistemas robotizados para la realización de las diferentes actividades del almacén.

Por otra parte, un estudio realizado por Grau et al. (2009) permitió identificar distintos grupos de tecnologías de almacenamiento que se presentan habitualmente de forma conjunta, formando lo que puede denominarse como dimensiones tecnológicas puesto que se agrupan con propósitos claramente identificables relacionados con las características de las cargas que deben ser manejadas y la especialización de las tecnologías. Según estos autores dichas dimensiones son:

- **Alto volumen:** Representa la utilización de tecnologías de almacenamiento de un número elevado de cargas iguales de la misma referencia.
- **Cargas unitarias:** Consiste en la aplicación de tecnologías convencionales para la gestión de un número reducido de cargas de la misma referencia.
- **Alta eficiencia:** Indica la utilización de tecnologías especializadas, incluso automatizadas, para la gestión de las cargas.

Una vez identificadas las dimensiones tecnológicas mencionadas anteriormente se evidenció la existencia de seis tipologías de almacenes perfectamente definidas, las cuales son (Grau et al., 2009):

- **Tipología A:** formado por aquellas empresas que realizan un uso muy escaso de tecnologías tanto de almacenamiento como de manipulación y de gestión. Son almacenes con un enfoque tecnológico simple. Representan el 7% de los casos.

- **Tipología B:** presenta casi exclusivamente una fuerte presencia de tecnologías enfocadas al manejo de cargas unitarias. Son almacenes muy enfocados al manejo de cargas unitarias y preparación de pedidos. Representa el 23% de los casos.
- **Tipología C:** utilizan menos tecnologías de cargas unitarias que la tipología anterior pero mayor intensidad en el empleo de tecnologías de alto volumen, por lo que puede considerarse como una evolución de la tipología B. Representa el 11% de los casos.
- **Tipología D:** de forma análoga, puede considerarse como una evolución de la tipología anterior en la que se refuerza la presencia de tecnologías de alto volumen. Representa el 21% de los casos.
- **Tipología E:** presenta una utilización intensiva de tecnologías enfocadas al alto volumen y también al manejo de cargas unitarias, si bien tampoco se utilizan tecnologías de alta eficiencia. Representa el 33% de los casos.
- **Tipología F:** esta tipología supone una importante diferencia cualitativa respecto a las anteriores, puesto que es la única en la que hay presencia de tecnologías centradas en la alta eficiencia, aunque coincide con la tipología E en la utilización de las restantes tecnologías. Representa el 5% de los casos.

Es de gran importancia para el almacenamiento de los recursos materiales tener en cuenta la tecnología adecuada a las características de las cargas en cuanto al almacenamiento y manipulación de las mismas. La selección inadecuada de la tecnología repercutirá en innumerables deficiencias en la explotación de los almacenes, incidiendo directamente en la elevación de los costos. Por el contrario, la selección de la tecnología adecuada proporciona efectos favorables como (Gutiérrez Pradere, 2002):

- ✓ Se logra una correcta utilización del espacio
- ✓ Facilita las operaciones de selección y despachos de productos
- ✓ Racionaliza la cantidad de trabajo vivo
- ✓ Disminuye el tiempo de preparación de los pedidos
- ✓ Los productos conservan sus características integrales favoreciendo la calidad
- ✓ Protección al hombre. La carga y la instalación

1.3 Tendencias actuales de la actividad de almacenamiento

Las tres revoluciones industriales que han cambiado el mundo en los últimos siglos son la máquina de vapor y el ferrocarril a finales del siglo XIX, la producción en masa a principios del siglo XX y la revolución de los ordenadores e internet a finales del siglo XX. Actualmente, gurús y expertos en la materia hablan de los inicios de la cuarta revolución (Industria 4.0), en torno a conceptos tales como internet de las cosas, objetos inteligentes interconectados, análisis masivos de datos (“*big data*”), fabricación flexible (series cortas) y próxima al consumo con influencia directa del consumidor, geolocalización, robots, impresión 3D, drones, etc. (Miebach, 2015).

Estos términos de Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IoT como acrónimo), en EE.UU., e Industria 4.0, principalmente en Europa, comenzaron a oírse en el 2011 en Alemania, durante la Hannover Messe (Escobar Refusta, 2014). En este contexto es adecuado, también, identificar los Almacenes 4.0. La interconexión entre soluciones y software, conjuntamente con la robótica y la gestión de la interacción con las personas, que conecta soluciones automatizadas flexibles e inteligentes con capacidad de ampliación y de adaptación al cambio, son una parte de la versión 4.0 de los almacenes (Panaggio, 2016).

De acuerdo con Cusi Dávila (2016), en comparación con las soluciones convencionales, la automatización ofrece innumerables ventajas, tales como:

- ✓ Alta repetibilidad y precisión en funcionamiento continuo.
- ✓ Listos para su uso las 24 horas, 365 días al año.
- ✓ Velocidad de trabajo mayor que en cualquier actividad manual o realizada con máquinas.
- ✓ Mayor rendimiento por hora con los mismos niveles de calidad.
- ✓ Mayor calidad en comparación con los métodos tradicionales.
- ✓ Adaptación flexible a los cambios en los procesos de producción y a las variaciones de cada temporada.
- ✓ Reprogramación sencilla y manejo fácil.
- ✓ Menos trabajo para los operarios y reducido riesgo de lesiones.
- ✓ Capacidad de realizar tareas complejas gracias a sus sensores y sistemas de medición integrados.

- ✓ Posibilidad de utilizar robots de tamaños estándar para las más diferentes tareas.
- ✓ Amplia gama de productos para adaptarse a diferentes exigencias, cargas y alcances.

Algunos de los principales avances tecnológicos que se han alcanzado y se vienen implementando en los últimos años se resumen en el Anexo 1.

1.3.1 El futuro de los almacenes

En la industria actual hay mucha competitividad y los negocios han de adaptarse a los cambios que ofrece la tecnología para mantenerse en el mercado y adelantarse a la demanda (RMT, 2017). Es por ello que resulta importante conocer las principales tendencias futuras desde el punto de vista tecnológico de los almacenes que se estarán utilizando en los próximos años con el objetivo de mejorar el desempeño de las actividades logísticas, y en especial la actividad de almacenamiento. Estas tendencias son:

- **Robots humanoides:** se estima que más del 50% del personal de los almacenes del mundo podría llegar a ser sustituido por robots en un plazo aproximado de 10 años. Los robots humanoides irán sustituyendo a los humanos en muchas labores de la industria y superarán con creces la efectividad y la productividad de estos (Jamart, 2015).
- **Drones:** estos se pretenden emplear para el transporte de mercancías con el fin de desplazarse con más facilidad y rapidez. Algunos proveedores como Amazon, ya han utilizado drones para transportar cargas pequeñas (hasta 1 kg) en un radio de 20 km (RMT, 2017). Esta propia compañía patenta un prototipo de almacén que se basa en un edificio cilíndrico lleno de apertura donde aterrizan y despegan los drones, lo cual es una alternativa para situarse en ciudades donde no existe demasiado espacio para localizar grandes centros logísticos (Nuria, 2017).
- **Realidad aumentada:** las gafas inteligentes están destinadas a implementar el *picking* mediante visión. A veces, esta tarea puede ser difícil e intensa, para ello las gafas inteligentes guiarán al personal a través del almacén reduciendo tiempo y errores, a la vez, al tener las manos libres se aumentará la productividad (RMT, 2017).
- **Campos magnéticos:** en un futuro los almacenes estarán a cargo de vehículos automáticos controlados por una nube, mientras, algunas compañías ya han desarrollado equipos compuestos por campos magnéticos que detectan a los seres humanos con el fin de que el vehículo no colisione con los peatones y evitar accidentes (RMT, 2017).

Algunas de estas transformaciones tecnológicas ya se han comenzado a implementar en las grandes compañías sin que hayan tenido una amplia divulgación debido a que apenas se están poniendo a prueba, sin embargo, se estima que en un futuro cercano sean la tendencia a nivel mundial.

1.4 La actividad de almacenamiento en Cuba

Varios autores cubanos como Torres Gemeil y Conejero González (2000), Torres Gemeil y Conejero González (2001), Fernández (2006) y Torres Gemeil et al. (2007) han hecho referencia al desarrollo histórico de los procesos logísticos en Cuba desde los últimos años de la Neocolonia hasta nuestros días, considerando, para una mejor comprensión del mismo, su división en cinco etapas como se muestra a continuación.

- Primera etapa: (Antes de 1959)
- Segunda etapa: (1959-1975)
- Tercera etapa: (1976-1989)
- Cuarta etapa: (1990-2004)
- Quinta etapa: (2005-Actualidad)

Estas etapas están definidas por hechos socio-económicos que ocurren ininterrumpidamente en el tiempo y en muchos casos no se puede poner una barrera que separe totalmente dos etapas sucesivas (Torres Gemeil et al., 2007). Es importante señalar que la presente investigación se centrará fundamentalmente en el desarrollo histórico de la actividad de almacenamiento considerando las mismas etapas mencionadas anteriormente, sus principales características y los acontecimientos más importantes que tuvieron lugar en cada una de ellas (ver Anexo 2).

1.4.1 Principales normas y resoluciones sobre almacenamiento en Cuba

En la presente investigación se analizan las principales normas y resoluciones vigentes sobre el almacenamiento en Cuba, haciendo énfasis en la Resolución No. 59/04 “Reglamento para la logística de almacenes” y la Resolución No. 153/07 “Procedimiento para la implementación del Expediente Logístico de Almacenes y la Categorización de los Almacenes”.

Resolución No. 59/04 “Reglamento para la Logística de Almacenes”

El 30 de marzo del 2004 la entonces Ministra del Comercio Interior de Cuba aprobó y puso en vigor la Resolución No. 59/04 “Reglamento para la Logística de Almacenes” a partir de la necesidad de lograr en el país la armonía y racionalidad en la red de establecimientos que constituyen almacenes, haciéndose necesario establecer las indicaciones metodológicas para hacer más eficientes los procesos de manipulación, almacenamiento y conservación de los bienes de consumo y medios de producción, mediante un documento normativo con fuerza legal. Esta resolución tiene como objetivo fundamental elevar la eficiencia en materia de manipulación, almacenamiento, conservación y gestión de inventario, para contribuir al perfeccionamiento de la logística y al sostenido desarrollo económico en Cuba. Otros objetivos que persigue la misma son (59/04, 2004):

- ✓ Contribuir al incremento de la racionalidad y eficiencia del proceso de almacenamiento, incluyendo los equipos y medios.
- ✓ Lograr la interrelación que se requiere entre todas las entidades nacionales que permita el desarrollo coherente de la logística de almacenes a escala nacional.
- ✓ Perfeccionar e integrar los aspectos que forman parte de la logística de almacenes para lograr una mayor eficiencia en las entidades.
- ✓ Elevar el nivel en la logística de almacenes en el país, sustentándose en el método establecido para la categorización de los almacenes en los diferentes niveles tecnológicos, atendiendo a que la introducción de las tecnologías debe ser lo más racional posible según las características del proceso de almacenamiento que se trate.
- ✓ Incentivar y promover la capacitación del personal que labora en la logística de almacenes en los diferentes niveles de las organizaciones incluyendo a los vinculados directamente en el proceso de almacenamiento.

La misma está compuesta por siete capítulos (ver Anexo 3):

Capítulo No. I- Términos y definiciones.

Capítulo No. II- Del diseño y los requerimientos constructivos.

Capítulo No. III- Almacenes.

Capítulo No. IV- Higiene.

Capítulo No. V- Seguridad y protección.

Capítulo No. VI- Defensa.

Capítulo No. VII- Control estatal.

Resolución 153/07 “Procedimiento para la implementación del Expediente Logístico de Almacenes y la Categorización de los Almacenes”

El 28 de agosto de 2007 el Ministro del Comercio Interior aprobó y puso en vigor la Resolución 153/07 “Procedimiento para la implementación del Expediente Logístico de Almacenes y la Categorización de los Almacenes” alegando que en cada almacén de la economía nacional debe organizarse el conjunto de aspectos relacionados con la actividad de logística de almacenes, que incluye las normas y disposiciones normativas en la materia y establecerse como condición indispensable la obtención del Certificado de Categorización de la Logística de Almacenes para obtener el Certificado o Autorización Comercial emitida por el Registro Central Comercial del Ministerio del Comercio Interior, por lo que se hace necesario aprobar los procedimientos para la implementación del expediente logístico de almacenes, denominado EXPELOG, y para la categorización de los almacenes.

Esta resolución tiene como objetivos establecer el Expediente Logístico de Almacenes EXPELOG en todos los almacenes de productos alimenticios y no alimenticios de la economía nacional, como medio de facilitar y proporcionar a las entidades de cada sistema las herramientas de trabajo para crear las condiciones necesarias en función del control de la actividad logística en cada instalación dedicada al almacenamiento y conservación de estos bienes de consumo en la economía nacional y facilitar y proporcionar a las entidades económicas del país las herramientas de trabajo en función del proceso de categorización de los almacenes que posibilite alcanzar en un futuro el máximo nivel tecnológico en la actividad de Logística de Almacenes (153/07, 2007).

El EXPELOG es el conjunto de aspectos relacionados con la logística de almacenes, constitutivos en una carpeta o expediente compuesto por los documentos siguientes:

1. Expediente técnico del almacén
2. Método de control de ubicación de los productos
3. Documentos normativos vigentes
4. Sistema de protección y seguridad del almacén

5. Trazabilidad del producto
6. Programa de control de plagas
7. Rotación de los productos
8. Registro de control de fechas de vencimiento de los productos

Esta resolución está compuesta por dos capítulos (ver Anexo 4):

Capítulo No. I- Procedimiento para la implementación del Expediente Logístico de Almacenes, denominado EXPELOG.

Capítulo No. II- Procedimiento para la categorización de los almacenes.

Otras resoluciones

La Resolución 11/07 creada por el Ministerio de Finanzas y Precio establece la información y los datos de uso obligatorio para diseñar los modelos más utilizados en los almacenes, así como su objetivo, alcance, emisión, distribución y utilización. Estos modelos son (11/07, 2007):

- SC-2-01 Solicitud de Compras.
- SC-2-02 Solicitud de Servicio.
- SC-2-04 Informe de Recepción.
- SC-2-05 Informe de Reclamación.
- SC-2-06 Entrega de Productos Terminados al Almacén.
- SC-2-07 Solicitud de Entrega.
- SC-2-08 Vale de Entrega o Devolución.
- SC-2-09 Transferencia entre Almacenes.
- SC-2-010 Orden de Despacho.
- SC-2-011 Conduce.
- SC-2-012 Factura.
- SC-2-013 Submayor de Inventario.
- SC-2-014 Tarjeta de Estiba.
- SC-2-015 Hoja de Inventario Físico.
- SC-2-016 Ajuste de inventario.
- SC-2-019 Remisión de Salida del Puerto.

Otras resoluciones de interés relacionadas con los almacenes son:

- RIL 107-14-2002 “Directrices generales para la manipulación y almacenamiento de los materiales y productos terminados”. (107-14-2002, 2002)
- Resolución 165/06 “Aprobar la ocupación de Encargado de Almacén”. (165/06, 2006)
- Resolución 190/10 “Indicaciones para la realización de los inventarios de los almacenes”. (190/10, 2010)
- JL-FAR/2010 “Manual de Logística de Almacenes”. (JL-FAR/2010, 2010)

Las principales normas cubanas sobre almacenamiento se relacionan en el Anexo 5.

1.5 Modelos y procedimientos utilizados para el mejoramiento del almacenamiento

Existen diversos modelos y procedimientos para el diagnóstico y mejora de la gestión de almacenes. Aunque la presente investigación no tiene entre sus objetivos aplicar dichos procedimientos, si es necesario considerar algunos de los más importantes, los cuales son:

- Santos Norton et al. (2004) establece un procedimiento que consta de cuatro etapas para la categorización de almacenes el cual es desarrollado en ETECSA resultando categorizadas 33 instalaciones.
- Montañez Barallobre (2005) desarrolla un procedimiento para contribuir al mejoramiento de la gestión logística del almacén y al establecimiento de la métrica de sus procesos, mediante el análisis de indicadores que dan a conocer dónde radican los problemas fundamentales del almacén y después se utilizan nuevamente para conocer si las deficiencias persisten o fueron erradicadas.
- Rodríguez Portales (2006) elabora un procedimiento para el Mejoramiento de la Gestión de Almacenamiento, tomando en consideración las relaciones informacionales o canales de información como medio para llevar a efecto la unidad del sistema.
- Duquesne Pascual (2009) diseña un procedimiento para el diagnóstico y mejora de la gestión de almacenamiento en la empresa GEOCUBA VC-SS, basado en los requisitos fijados en la resolución 153/07 del MINCIN y en las Normas Cubanas.
- Acevedo Suárez y Gómez Acosta (2010) plantean un procedimiento para gestionar almacenes con el objetivo de establecer y desarrollar con un enfoque en sistema los procesos que deben ser considerados al gestionar, diagnosticar o proyectar almacenes.

- Matamoros Hernández (2011) propone un procedimiento para la categorización del almacén Suchel Trans-Villa Clara cuya lógica de funcionamiento es similar al ciclo Deming, lo cual permite conceptualizarlo como una herramienta de mejoramiento continuo.
- Santana Alonso (2011) confecciona un procedimiento para el diagnóstico y el mejoramiento de la gestión de almacenamiento en la Empresa de Almacenes Universales Sucursal Villa Clara a partir de la metodología propuesta por Montañez Barallobre (2005) y Rodríguez Portales (2006), a partir del cual se evidencian los problemas existentes con vistas a trazar luego estrategias de mejoras.
- Cunha Pinheiro (2011) confecciona un procedimiento para la evaluación del Almacén de Producción Nacional basada en los dos primeros pasos del Método General de Solución de Problemas y en los requisitos establecidos en la Resolución 153/07 de la Logística de Almacenes.
- Santiler González (2012) plantea un procedimiento que es una versión modificada del propuesto por Matamoros Hernández (2011), pero adaptado a las características del producto azúcar y de los almacenes existentes en los centrales azucareros.
- Pérez Quintero (2013) desarrolla una metodología para el diagnóstico y mejoramiento de los procesos relevantes del almacén 3-8-2 en la UEB Sucursal Villa Clara de Almacenes Universales S.A estructurado en dos etapas, diagnóstico y mejora, y control.
- Roque Abella (2014) propone una lista de chequeo para realizar una evaluación del estado técnico organizativo de los almacenes y es una versión modificada de los propuestos por Matamoros Hernández (2011) y Santiler González (2012).
- Lao León et al. (2015) establece un procedimiento para el perfeccionamiento de la gestión de almacenamiento en empresas comercializadoras el cual es aplicado en la empresa comercializadora EMSUME de Holguín.

Cada procedimiento está compuesto por un conjunto de etapas diferentes, algunas de las cuales son comunes para varios de ellos, pero todos persiguen el mismo objetivo final que es el diagnóstico y mejora de la gestión de almacenamiento. Al seleccionar uno u otro procedimiento debe tenerse en cuenta el tipo de empresa a la que se va a aplicar, así como sus características propias, para poder llevar a cabo un correcto diagnóstico que esté acorde a la situación real que presenta la misma y obtener los resultados deseados.

1.6 Conclusiones parciales

1. En la literatura consultada se recogen los principales enfoques, conceptos y tendencias relacionados con los almacenes y la actividad de almacenamiento en general, que sirven de base y punto de partida para la realización de la presente investigación.
2. En Cuba, a lo largo de los años se ha desarrollado un marco legislativo y regulatorio muy completo sobre la logística de almacenamiento, donde se destacan fundamentalmente la Resolución No. 59/04 y la Resolución No. 153/07 como bases, además de otras resoluciones ramales y Normas Cubanas donde el MINCIN ejerce la función de órgano rector.
3. El análisis de los diferentes temas relacionados con la actividad de almacenamiento que se recogen en la revisión bibliográfica, contribuye a una mejor comprensión del problema de investigación, sin embargo, no es suficiente para darle solución al mismo debido a las particularidades de la biomasa cañera, y en específico el bagazo, que hacen necesario una mayor profundización, justificándose así la realización de la presente investigación.

Capítulo 2

Capítulo 2: Enfoques y conceptos fundamentales sobre la actividad de almacenamiento de biomasa cañera

2.1 Introducción

El presente capítulo es confeccionado para dar cumplimiento al segundo objetivo específico de la investigación el cual consiste en realizar una amplia y profunda revisión bibliográfica a partir de la consulta de la literatura especializada más actualizada que permita relacionar los principales enfoques, definiciones y tendencias actuales relacionados con el almacenamiento de biomasa, y en particular la biomasa cañera compuesta por el bagazo y los RAC, con el fin de ser empleada en la producción de energía.

2.2 Biomasa. Definición

Según la Real Academia Española, el vocablo biomasa (en inglés *biomass*) está compuesto por el prefijo bio- del griego *bios*, que significa vida, y masa, del latín *massa*, que significa amontonamiento. Su definición oficial tiene dos acepciones, la primera es: “*Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen*”, que se emplea habitualmente en una de las ramas de la Biología: la Ecología, mientras la segunda plantea que es: “*Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía*” (DLE, 2014). Esta última acepción es la que se tendrá en cuenta en el desarrollo de la presente investigación.

Por su parte, el Oxford English Dictionary, que como ya se ha mencionado anteriormente es el más prestigioso diccionario de la lengua inglesa, propone una definición similar en la que establece que es: “*Organic matter used as fuel, especially in a power station for the generation of electricity*” (OED, 2009).

El glosario de términos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define la biomasa como: “*la cantidad de materia viva de origen vegetal o animal presente en un momento dado en un área determinada*”. Sin embargo, la definición que se utiliza en las directivas de la Unión Europea (UE) es diferente ya que se define como: “*la fracción biodegradable de productos, desechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales*”. Mientras que otras definiciones inciden en su valor energético y consideran que la biomasa es: “*la materia*

orgánica que puede ser convertida en combustible y es por lo tanto considerada como una fuente potencial de energía” (García y Martínez, 2014).

Para la United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) la biomasa es: *“Material orgánico no-fosilizado y biodegradable originado por las plantas, animales y microorganismos. Esto también incluye los productos, subproductos, residuos y desechos forestales, agrícolas y relacionados a la industria, así como las fracciones orgánicas no fósiles biodegradables de la industria y el sector urbano” (Almaguer Galván y Rodríguez Alejandro, 2017).*

La Asociación Española de Estandarización y Certificación utiliza la definición técnica europea CEN/TS 14588 que establece que es: *“cualquier material de origen biológico, excluyendo aquellos que se han formado por medio de un proceso de mineralización en formaciones geológicas ocluidas” (Durán et al., 2014).*

Por último, una definición interesante y con una perspectiva diferente es la propuesta por Arauzo et al. (2014) que plantea: *“la biomasa es energía solar almacenada mediante fotosíntesis, y podría incluirse asimismo la posibilidad de usar dicha biomasa también como materia prima para la producción de una amplia variedad de productos”.*

2.2.1 Tipos de biomasa

Existen varias clasificaciones de los tipos de biomasa de acuerdo a diferentes criterios y autores. De forma general, de acuerdo con Cerdá (2012), la biomasa puede clasificarse en cuatro tipos (ver Anexo 6):

- **Biomasa Sólida:** Tiene un aprovechamiento térmico y eléctrico de materia orgánica de origen animal y vegetal, como los cultivos energéticos (aquellos en los que las especies cultivadas tienen como uso específico la producción de energía), residuos generados en labores de poda de viñedos y frutales generalmente, y residuos de cultivos en invierno.
- **Biogás:** Obtenido mediante un proceso de fermentación anaeróbica de la materia orgánica producida por bacterias en ambientes faltos de oxígeno. Dicha desgasificación de los residuos puede ser de manera natural en vertederos o inducida en biodigestores.
- **Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU):** Para este tipo de residuos el proceso de producción de energía se da en cuatro etapas:

1. Prevención o reducción de producción de residuos
2. Recuperación de residuos por medio del reciclaje, la reutilización y la recolección o cualquier otro proceso que permita extraer materias primas secundarias
3. Uso de residuos como fuente de energía
4. Vertido de residuos.

La utilización de residuos sólidos en la producción de energía evita la generación de gases de efecto invernadero, mediante la sustitución de combustibles fósiles y obviando gran parte de emisiones de metano en vertederos.

- **Biocarburantes:** Combustibles líquidos cuyas propiedades les permiten sustituir la gasolina en su totalidad o por lo menos en un porcentaje considerable.

Por otra parte, la tipificación presentada por Flores Martínez (2014) es más amplia y específica como se describe a continuación:

- **Forestal:** explotación de bosques, trabajos de mantenimiento: clareos, limpieza de montes, cortas, jardinería, otros.
- **Cultivos energéticos leñosos:** álamos, etc.
- **Agrícola:** residuos de cultivos agrícolas: paja de cereales, sarmientos, otros.
- **Cultivos energéticos herbáceos:** colza, remolacha, sorgo, etc.
- **Ganadera:** purines; residuos MER (material específico de riesgo).
- **Industrial:** residuos de la industria agroalimentaria: almazaras, harineras, frutos secos, otros. Residuos de la industria de la transformación de la madera: cortezas, serrines, virutas, polvo lijado, otros. Residuos de la industria del papel. Residuos de otras industrias: construcción, textil.
- **Urbana:** fracción orgánica de los RSU (residuos sólidos urbanos). Aceites de origen vegetal usados.

Una clasificación muy completa es la propuesta por Arauzo et al. (2014), la cual se basa en dos criterios fundamentales: atendiendo a su procedencia y atendiendo a su composición, como se muestra a continuación en la figura 2.1 (ver Anexo 7).

Atendiendo a su procedencia

Natural	(Se obtiene de forma natural, sin intervención humana)				
Residual	Seca	Forestal	{	Tratamientos selvícolas	
				Aprovechamientos madereros	
		Agrícola	{	Cultivos herbáceos	
				Podas y arranques de frutales	
	Húmeda	Residuos de industrias agroalimentarias			
		Residuos de industrias de transformación de la madera			
		{	Aguas residuales urbanas		
			Residuos ganaderos		
			Residuos industriales biodegradables		
Cultivos energéticos	{	Destinados a la producción de calor			
		Destinados a la producción de biocarburantes			

Atendiendo a su composición

Lignocelulósica	Predominan las celulosas (hemicelulosa y holocelulosa) y la lignina. Paja, madera, etc...
Amilácea	Los hidratos de carbono se encuentran en forma de polisacáridos de reserva (almidón, inulina). Cereal, patata...
Azucarada	Alto contenido en azúcares, ya sean monosacáridos (glucosa, fructosa) o disacáridos (sacarosa). Caña de azúcar, remolacha...
Oleaginosa	Alto contenido en lípidos (aceites o gomas) Girasol, colza, subproductos de industria olivarera...

Fig. 2.1 Clasificación de la biomasa. Fuente: (Arauzo et al., 2014)

Sin embargo, específicamente como fuente para la producción de energía renovable, Durán et al. (2014) plantea que la biomasa puede clasificarse en:

- **Biomasa natural:** que se produce de forma espontánea en la naturaleza, sin intervención humana (podas naturales del bosque).
- **Biomasa residual seca:** procedente de subproductos y residuos de las actividades agrícolas y forestales, industrial agroalimentaria y de la transformación de la madera.
- **Biomasa residual húmeda:** procedente de vertidos biodegradables (aguas residuales urbanas e industriales y también residuos ganaderos).
- **Cultivos energéticos:** dedicados expresamente a la producción de biomasa con fines no alimentarios.

2.2.2 Biomasa cañera

La caña de azúcar es uno de los cultivos con mayor capacidad para aprovechar la energía solar en producir biomasa (Menes Alomá et al., 2013) debido a su alta eficiencia en el proceso de fotosíntesis (Triana-Hernández et al., 2014). Su potencial energético en forma de biomasa en la agroindustria azucarera es equivalente al 89 % en peso de la materia prima

que entra a la industria. De este, la biomasa sólida compuesta por el bagazo y los residuos agrícolas cañeros (RAC) representa más del 50 %, donde el bagazo por si solo equivale al 28 % del total de biomasa producida como se puede apreciar en la figura 2.2 (Aguilar-Pardo y Aguilar-Estrada, 2017).

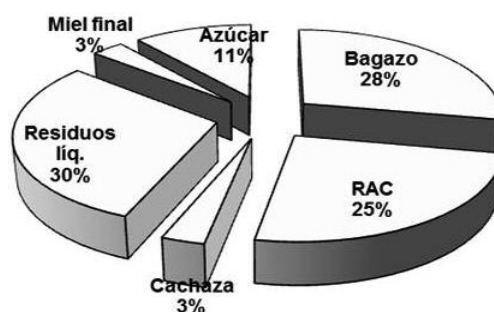


Fig. 2.2. Composición de la biomasa agroindustrial azucarera. Fuente: (Aguilar-Pardo y Aguilar-Estrada, 2017)

El bagazo es el residuo lignocelulósico fibroso remanente de los tallos de caña, obtenido a la salida del último molino del tandem azucarero, constituyendo un conjunto heterogéneo de partículas de diferentes tamaños que oscilan entre 1 y 25 mm, presentando una fracción promedio de aproximadamente 20 mm. Desde el punto de vista físico, el bagazo integral se compone de 45% de fibra, 2-3% de sólidos solubles y 50% de humedad, mientras que, desde el punto de vista químico, se compone de 46,6% de celulosa, 25,2% de hemicelulosas y 20,7% de lignina (Camaraza-Medina et al., 2017). Esta fracción está influenciada por las condiciones de procesamiento agrícola de la caña, tipo de corte y recolección, manejo del bagazo y almacenamiento (Aguilar-Rivera, 2011).

Su valor calórico es de 7,64 MJ/kg, semejante al de la madera (7,9 MJ/kg) (Reyes Montiel, 2003), y debido a su contenido de cenizas inferior al 1,9 % ofrece numerosas ventajas en comparación con otros residuos de la agricultura, como la paja de arroz (16 %) y la paja de trigo (9,2 %) (Cardona et al., 2010). Además, cuando se quema y se compara con otros combustibles, desde el punto de vista de generación de vapor (Lois Correa, 1988):

1,0 ton. métrica		196 kg. de fuel-oil		231 m ³ de gas natural
de bagazo (50%	=	con un valor calórico	=	con un valor calórico
humedad)		de 9800 kcal/kg		de 8300 kcal/kg

2.3 Utilización de la biomasa cañera con fines energéticos

Los usos de los diferentes tipos de biomasa se pueden clasificar principalmente en dos: térmicos y eléctricos. Las aplicaciones térmicas más comunes son en instalaciones industriales que producen biomasa y/o donde se requiere energía térmica en sus procesos. Mientras que la obtención de energía eléctrica a través de la quema de biomasa sólida se realiza generalmente a gran escala (plantas mayores de 2 MW) debido principalmente a que las instalaciones necesarias requieren una gran inversión económica donde el coste de la instalación por unidad de energía producida disminuye significativamente con el tamaño de la misma. En otras palabras, los rendimientos globales obtenidos son mayores cuanto mayor sea la potencia generada (AGENBUR, 2018). El exceso de energía producida se vende y exporta a la red de electricidad, en un proceso llamado cogeneración (De Armas, 1994) donde se obtiene a la vez energía térmica útil y energía eléctrica.

2.3.1 Utilización a nivel internacional

Con un potencial de capacidad instalada en todo el mundo de 14 000 MW, la biomasa es la mayor fuente disponible para la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables, después de la hidroeléctrica (Orbea Samaniego, 2017). Esta representa entre el 12 y el 15 % de la energía que se consume actualmente a nivel mundial y el 35 % del consumo en los países del tercer mundo (Rodríguez-Machín et al., 2014), y según diversos escenarios, podrá contribuir a satisfacer alrededor del 20% de la demanda mundial de energía para el año 2020 (Orbea Samaniego, 2017).

Actualmente en Finlandia se obtiene un 14 % de la energía a partir de desechos forestales y agrícolas, mientras en Suecia se obtiene un 10 %. Los países avanzados para reducir su dependencia de los combustibles fósiles organizan proyectos de biomasa dirigidos a satisfacer una parte de las necesidades energéticas, como Reino Unido, Brasil, India, Australia, China, España, Finlandia y Estados Unidos, entre otros (Aguilar-Pardo y Aguilar-Estrada, 2017).

Existen plantas de biomasa que son verdaderos gigantes tecnológicos y permiten cogenerar a gran ritmo y estabilidad con capacidades increíbles, como la planta bioeléctrica “Ironbridge”, la mayor en el mundo, con 740 MW, desarrollada en el Reino Unido y puesta en funcionamiento en el año 2013 a base de pellets de madera, le sigue la “Alholmens

Kraft” de 265 MW en Finlandia, puesta en marcha en el año 2002. Finlandia posee seis plantas más con capacidad entre 125 y 240 MW puestas en funcionamiento en el período 2004-2013. Entre las plantas mayores del mundo cuentan también la “Polaniec” con 205 MW, puesta en funcionamiento en el año 2012 en Polonia y un caso interesante, es la planta “NHPP” de 140 MW en los Estados Unidos, que al operar con bagazo y otros residuos, suministra la energía necesaria para todo el procesamiento de la caña de azúcar, así como para cubrir las necesidades de electricidad de alrededor de 60 000 hogares en Florida (Aguilar-Pardo y Aguilar-Estrada, 2017).

En este sentido, la agroindustria azucarera constituye la mayor reserva estratégica de biomasa por su carácter renovable y su considerable volumen anual. La caña de azúcar se produce en más de cien países y constituye un cultivo de gran importancia en su gestión económica (Triana-Hernández et al., 2014). Los estudios demuestran que es capaz de entregar entre 8 y 10 veces la energía que consume en todo el proceso agroindustrial, lo que pone de relieve su autosuficiencia energética (González-Corzo, 2015). Una alta eficiencia de cogeneración en la industria azucarera pudiera producir hasta el 25% de la demanda de energía a nivel mundial (Moreno Figueredo, 2013). Actualmente existen 186 bioeléctricas en todo el mundo que utilizan la biomasa cañera, 160 de ellas en Brasil, y las restantes en las islas Reunión, Mauricio y Guadalupe, India, Australia, Belice, Guatemala, China, Costa Rica y Estados Unidos (Salomón, 2016).

2.3.2 Utilización en Cuba

En Cuba, la principal fuente de energía renovable, además de la energía solar, es la biomasa, ya que no existen grandes ríos, ni zonas con altas velocidades del viento (Jiménez Borges et al., 2017a). Las principales fuentes de biomasa para la producción de energía se encuentran concentradas en el bagazo de caña (incluyendo la paja de caña) y la leña, representando estas alrededor de 1 249 700 toneladas equivalentes de petróleo (TEP). Su utilización sostenible para la generación eléctrica puede contribuir a desarrollar un sistema energético distribuido, con participación significativa de las fuentes renovables e impactos positivos en el entorno y la economía local (Rodríguez-Machín et al., 2014).

La industria azucarera en Cuba se encuentra atravesando un proceso de reordenamiento y redimensionamiento con el objetivo de alcanzar mayores beneficios tecnológicos,

económicos y ecológicos, impuestos por las condiciones económicas y medioambientales en que se desarrolla actualmente. De aquí que el Comité Central del Partido Comunista de Cuba en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (PCC, 2011), específicamente en el 246, apuesta por fomentar la cogeneración donde sea posible y elevar la generación con biomasa en la agroindustria azucarera (Jiménez Borges et al., 2017b). Además, el Decreto Ley No. 345 “Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía” (345/17, 2017) establece que la biomasa cañera es la principal prioridad del país en cuanto a las fuentes renovables de energía y prioriza la instalación de bioeléctricas.

En el país existe actualmente una capacidad instalada de 470 MW en 57 centrales azucareros. Como proyección para el año 2030 se estima el empleo de 25 bioeléctricas con una capacidad de 950 MW (ver Anexo 8) (Jiménez Borges et al., 2017b). De ellas, hay cinco proyectos ya definidos, mientras que hay otros 20 pendientes de contratos y actualmente en oferta para la inversión extranjera (PL, 2016).

Desde el punto de vista técnico, este tipo de instalación se construyen anexa a la fábrica de azúcar y durante la zafra se abastecen de todo el bagazo producido, residuos agrícolas y del condensado de vapor puro procedente de pre-evaporadores (PL, 2016). Los centrales que tributen deben asegurar la mayor cantidad de biomasa cañera para las bioeléctricas cercanas, sin afectar sus propias necesidades energéticas. Con ello se asegura que una vez culminada la zafra de 150 días, y fuera de zafra 90 días más con biomasa cañera propia acumulada, la campaña se pueda extender como promedio hasta 270 días/año. Esto trae un incremento de la generación en las bioeléctricas con un mínimo presupuesto en la inversión en esos centrales tributarios y, por lo tanto, un aumento del aprovechamiento de las capacidades (Jiménez Borges et al., 2017b).

No obstante, existen insuficiencias que aún prevalecen en los sistemas de gestión energética en el sector azucarero como el no aprovechamiento del bagazo sobrante. La inestabilidad en el aprovechamiento de la capacidad instalada, que depende en zafra de la norma potencial de molida, y en período inactivo de la operación de la planta eléctrica y la obsolescencia tecnológica de la base energética de la industria, entre otros factores, conllevan al no aprovechamiento de las potencialidades para la generación y entrega de electricidad al

Sistema Electro-energético Nacional (SEN) (Jiménez Borges et al., 2017b). La disponibilidad de la fuente apropiada, aspectos económicos relacionados con la cosecha, almacenamiento, transportación y las opciones tecnológicas para convertir el combustible, son elementos fundamentales para el éxito de un proyecto de biomasa (Rodríguez-Machín et al., 2014). Esta última afirmación, destaca la importancia de la cadena de suministro de biomasa cañera para lograr una eficiente producción de energía, por su incidencia en la entrega a tiempo y en los costos logísticos de dicha cadena. Dentro de sus eslabones un elemento esencial es el correspondiente al correcto almacenamiento de la biomasa.

2.5 Almacenamiento de la biomasa cañera (bagazo)

En los cañaverales, el bagazo y la paja almacenados equivalen a una tonelada de petróleo por cada tonelada de azúcar que pueda producirse (Menes Alomá et al., 2013). Como promedio, cada tonelada métrica de caña de azúcar procesada rinde 0,11 toneladas métricas de azúcar, mientras genera también 0,27 toneladas métricas de bagazo y 0,25 toneladas métricas de residuos agrícolas (Rodríguez-Machín et al., 2014). En cifras generales, en una zafra de 8 millones de toneladas de azúcar se deben moler más de 70 millones de toneladas de caña, lo que produciría más de 20 millones de toneladas de bagazo, de estos, unos 18 millones se emplean, por la propia industria azucarera, para la producción del vapor y la electricidad que requiere su funcionamiento (Triana-Hernández et al., 2014).

Aprovechamiento de la biomasa cañera

El aprovechamiento del potencial de energía en la biomasa cañera depende en primer lugar del sistema empleado en la cosecha de la caña y de la eficiencia en el proceso de conversión energética de la biomasa. Un estudio llevado a cabo (Aguilar-Pardo y Aguilar-Estrada, 2017) hace un análisis del aprovechamiento energético de este recurso a partir de tres sistemas de cosecha (SC) mecanizados los cuales se describen a continuación (ver Anexo 9):

- I. Es convencional, la limpieza de la caña se realiza en una sola etapa, con el uso de máquinas combinadas con alta eficiencia (79 %). La mayor parte de los RAC quedan distribuidos en el campo, el resto acompaña a la caña hasta la industria, formando parte de la corriente de bagazo, a la salida del tándem.

- II. La limpieza de la caña se realiza en dos etapas consecutivas, mediante el uso de máquinas combinadas con 50 % de eficiencia y el empleo de instalaciones de limpieza en seco de la caña, situadas entre el campo y la industria, dotadas con equipos trituradores de RAC denominadas instalaciones multipropósito (IM), donde se incrementa el valor agregado de los productos de la cosecha (caña y RAC), según los requerimientos técnicos. Los RAC obtenidos en la IM se envían al silo de biomasa junto con el bagazo procedente de la industria.
- III. Se realizan algunas modificaciones tendentes a optimizar la distribución de los RAC durante la cosecha de la caña, al variar los parámetros de eficiencia de limpieza en equipos e instalaciones y manteniendo los parámetros de eficiencia en la cosecha. Se emplean máquinas combinadas con 20 % de eficiencia (cosecha integral), la caña es transportada con alto contenido de RAC hasta la IM ubicada en la industria, donde se incrementa el valor agregado de ambos componentes (caña y RAC), según los requerimientos técnicos respectivamente.

También se analiza el tipo de máquina cosechadora más adecuada a este fin, las cuales atendiendo a las operaciones que se realizan en el proceso tecnológico de la cosecha mecanizada de caña, se dividen en cuatro tipos los cuales se describen a continuación (ver Anexo 10):

- A. Las que cortan la caña en la parte inferior, la recogen y descargan toda la masa vegetal cosechada (caña, cogollo, hojas verdes y secas) al campo o a un medio de transporte.
- B. Las que cortan y dejan el cogollo en el campo, cortan la caña en la parte inferior, trozan la masa vegetal cosechada (cañas, hojas verdes y secas) y la depositan sobre un medio de transporte.
- C. Las que cortan y dejan el cogollo en el campo, cortan la caña en la parte inferior, separan materias extrañas (hojas verdes y secas) y descargan la caña cosechada al campo o al medio de transporte.
- D. Las que cortan y dejan el cogollo en el campo, cortan la caña en la parte inferior, trozan la masa vegetal, eliminan las materias extrañas y descargan los trozos de caña cosechada a un medio de transporte.

Los resultados de dicho estudio evidencian que, para el uso energético en las bioeléctricas, el SC III ofrece mejores resultados en la recuperación de los RAC ya que recupera el 90 % de la biomasa en las plantaciones cañeras, lo que permite generar electricidad durante 277 días/año, incluyendo 97 días después de terminada la zafra de 180 días. Además, el tipo de máquina B es el más recomendable para la cosecha de la caña mecanizada con alto contenido de RAC o integral (Aguilar-Pardo y Aguilar-Estrada, 2017).

Almacenamiento del bagazo

Una cuestión importante en relación con la logística de biomasa es su almacenamiento, especialmente cuando se caracteriza por la disponibilidad en temporadas (Rodríguez-Machín et al., 2013). En la mayor parte de las zonas azucareras del mundo el procesamiento y corte de la caña de azúcar es una actividad temporal (Aguilar-Rivera, 2011). Cuba pertenece al grupo de países que procesan la caña de azúcar en un período denominado zafra, de 150-180 días, desde diciembre hasta mayo en que se interrumpe con el inicio de las lluvias. Esto obliga a que las industrias consumidoras de bagazo tengan que almacenar grandes cantidades de este durante el período inactivo (Lois Correa, 1988).

Desde el punto de vista conceptual, el almacenamiento consiste en guardar el bagazo durante un espacio de tiempo para ser empleado en un momento determinado, sin sufrir transformaciones en cuanto a calidad que impidan su uso posterior, y con el menor costo posible entre los períodos de molienda de la caña de azúcar (Aguilar-Rivera, 2011). Algunas consideraciones importantes que deben tenerse en cuenta para el diseño de los sistemas de almacenamiento de bagazo son (Almazán del Olmo et al., 2016):

- **La selección del método de desmedulado:** El desmedulado es la operación de separación del meollo o médula del bagazo, que dadas sus características morfológicas se considera indeseable para algunas producciones. El diseño de los sistemas de almacenamiento siempre debe analizarse de forma conjunta con la selección del método de desmedulado.
- **Si se ha secado o no antes de ser enviado al almacén:** El objetivo de secar el bagazo antes de su almacenamiento, es inhibir, o al menos disminuir considerablemente, el desarrollo de los procesos fermentativos, responsables principales de la afectación de la materia prima.

- **La densidad en bulto del bagazo:** Al hablar de la densidad en bulto del bagazo, es necesario considerar la altura de pila o contenedor del material, a causa de la capacidad de comprimirse por la acción de su propio peso.

El primer aspecto a considerar en cualquier sistema de almacenamiento de bagazo, es el de su adecuada conservación. Al salir de los molinos azucareros, el bagazo tiene un contenido de humedad de alrededor de 50 % y de 2-3 % de azúcares disueltos, por lo que constituye un medio apropiado para el desarrollo de microorganismos, capaces de provocar considerables afectaciones de las propiedades físicas y químicas del material (Almazán del Olmo et al., 2016) como son los procesos de degradación de fibras, altas pérdidas y otros daños y perjuicios (Schmidt y Walter (1978), Lois Correa (1982), Suárez et al. (1982)). Además, los obreros padecen a menudo de “bagazosis”, una reacción alérgica que puede ocurrir en individuos susceptibles a esporas bacterianas que pueden desarrollarse en el bagazo almacenado y que afecta los pulmones pudiendo causar irritación crónica en el sistema respiratorio con severas consecuencias (Lacey (1974), Schmidt y Walter (1978)).

Es por ello que varios métodos de almacenamiento han sido desarrollados. Autores como Suárez et al. (1982), Lois Correa (1988), Gastón Peña et al. (2000) y Almazán del Olmo et al. (2016) coinciden en que, de forma general, los métodos de almacenamiento pueden clasificarse en dos grandes grupos: compactado y a granel, como se aprecia en la figura 2.3.

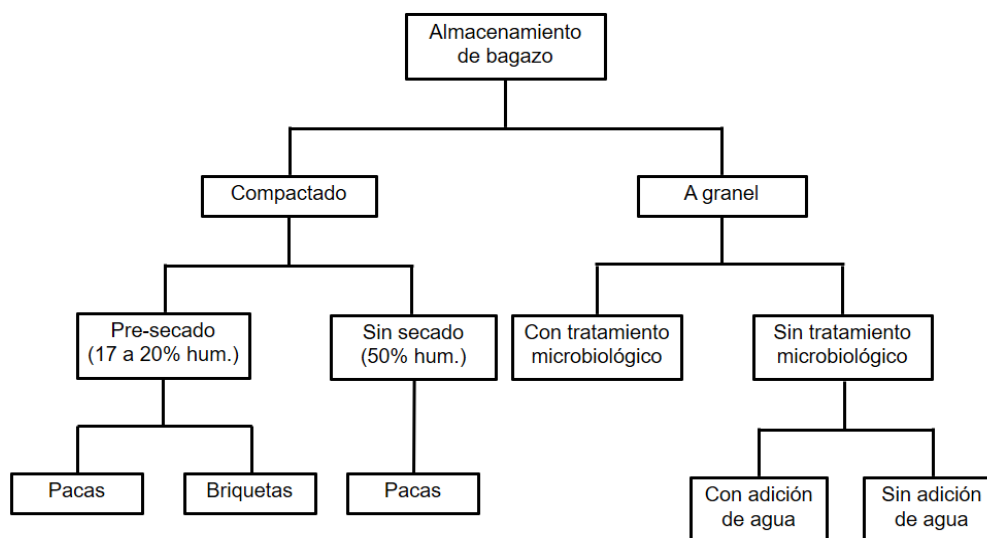


Fig. 2.3. Clasificación de los métodos de almacenamiento de bagazo. Fuente: (Lois Correa, 1988)

En esta clasificación no se tienen en cuenta los sistemas utilizados para almacenar menores cantidades de bagazo en los propios centrales azucareros, como son las llamadas casas de bagazo o los silos (Suárez et al., 1982).

2.5.1 Sistemas de almacenamiento a granel

En la actualidad los sistemas de almacenamiento a granel son la tendencia en la industria de pulpa y papel, y tableros de fibras (Suárez et al. (1982), Lois Correa (1988)). En estos sistemas el bagazo se almacena al aire libre, suelto en un patio preparado al efecto, en forma de pilas que pueden estar cubiertas o descubiertas (ver Anexo 11). Según Gastón Peña et al. (2000) estas pilas pueden llegar a contener 25 000 t de bagazo con alturas entre 20 y 25 m, aunque Suárez et al. (1982) hace referencia a alturas del orden de los 15 a 20 m y cantidades de 48 000 a 50 000 t de bagazo (base seca), con un área de la base de alrededor de 20 000 m² de superficie. El bagazo no se compacta en equipos mecánicos, sino que se deposita suelto sobre plataformas especialmente construidas para ese fin, donde la compactación se logra por el propio peso del bagazo, con la ayuda de la adición de líquidos (agua, licor microbiológico u otras soluciones acuosas), y también por la acción de equipos pesados que en ocasiones se emplean para la formación de la pila (Suárez et al., 1982).

Prácticamente en todos estos sistemas se utiliza algún agente líquido en la pila tales como: agua, licor biológico o soluciones ácidas o alcalinas (Gastón Peña et al., 2000). La adición del medio líquido al bagazo puede realizarse de distintas formas. En algunos casos, en la formación de las pilas al mezclarse con el bagazo en cantidad suficiente para formar una suspensión que luego se arroja sobre la plataforma, drenando el exceso de licor para su recirculación y servir como vía de transporte, y en otros casos se agrega en forma de riego antes y/o después de formada la pila (Suárez et al. (1982), Gastón Peña et al. (2000)). En todas estas variantes la humedad promedio está entorno del 75 % (Suárez et al., 1982).

En este sentido, los sistemas de almacenamiento a granel pueden ser clasificados según dos criterios (Gastón Peña et al., 2000):

De acuerdo con el medio acuoso utilizado:

- Sistemas que utilizan licor biológico (Ritter, Ledesma y Cuba-9)
- Sistemas que utilizan agua (Kimberley-Clark y Técnica Cubana)

- Sistemas que utilizan soluciones ácidas o alcalinas (usadas experimentalmente a escala industrial)

De acuerdo con la ingeniería de almacenamiento o de formación de las pilas:

- En húmedo (Técnica Cubana, que incluye la empleada en Jatibonico)
- En suspensión (Kimberly-Clark, Ledesma y Cuba-9)

Sin embargo, independientemente del sistema que se utilice para la formación de la pila, ya sea mediante suspensión o en húmedo, estos pueden clasificarse de forma general en dos grandes grupos: con tratamiento microbiológico o con adición de agua (Suárez et al., 1982).

Sistemas con tratamiento microbiológico

El sistema con tratamiento microbiológico más representativo es el sistema Ritter (ver Anexo 12). En este sistema el licor se añade al bagazo para su almacenamiento, se dice haber sido obtenido a partir de la propia microflora del bagazo y está formado principalmente por bacterias lácticas y algunas levaduras. Este cultivo se añade al agua recirculada durante el propio proceso de formación de la pila para producir el licor microbiológico que se emplea para preparar una suspensión de bagazo de 2 a 3 % de concentración (base seca). La suspensión se deja caer sobre la plataforma de almacenamiento, que está provista de canales apropiados para el drenaje del licor, las cuales tienen una inclinación suficiente de 2 a 4 %. A medida que el licor va drenando se van formando las capas de bagazo que actúan como medio filtrante (Suárez et al., 1982).

En Cuba se puso en operación en una planta semicomercial conocida como Proyecto “Cuba-9” un sistema de almacenamiento a granel con licor microbiológico (ver Anexo 12). En este sistema el bagazo procedente del central se somete a un desmedulado donde se separa alrededor de 25 % del bagazo alimentado, lográndose un incremento en el contenido de fibra de 56 % a 73 %. El bagazo desmedulado se conduce directamente al área de almacenamiento donde se descarga en un tanque provisto de agitación y se mezcla con licor recirculado de la pila en formación. La suspensión de bagazo es bombeada desde el tanque hasta una canal elevada que corre a lo largo del centro de la plataforma de almacenamiento a una altura de 20 m, la canal está provista de compuertas inferiores de descarga a través de las cuales se deja caer la suspensión. El bagazo se va acumulando sobre el anteriormente

almacenado y el licor drena hacia un sistema de canales transversales con 2 % de inclinación. Las canales están cubiertas con tablillas de madera provistas de ranuras adecuadas y protegidas con material anticorrosivo, todas ellas descargan en una canal colectora que lleva el licor drenado a un tanque desde donde una bomba lo recircula a la formación de la suspensión. En el tanque de recirculación se repone el agua que queda retenida en la pila de bagazo y se añade licor microbiológico fresco procedente de la estación de fermentación (Suárez et al., 1982).

Sistemas con adición de agua

Existen varias instalaciones en el mundo que han prescindido de la utilización de los licores microbiológicos, y añaden simplemente agua con el fin de mejorar la conservación del material. Las diferencias esenciales entre las distintas instalaciones donde se emplea agua como método de tratamiento están en el sistema de formación de la pila y en la adición o no de agua después de terminada la formación de la misma (Suárez et al., 1982).

En húmedo

En Cuba hasta 1975 solo la fábrica papelera “Técnica Cubana” había empleado un sistema de almacenamiento a granel con adición de agua en húmedo (ver Anexo 13) (Lois Correa, 1988). En esta instalación el bagazo procedente del central recibe un leve desmedulado en zarandas vibratorias y se humedece con agua hasta 60 a 65 % de humedad antes de ser transportado al área de almacenamiento. El bagazo se descarga sobre el área de almacenamiento junto a la pila en formación donde es tomado por cargadores frontales que lo llevan hasta la parte superior de la misma. De esta forma se obtienen pilas en forma de pirámides irregulares. El riego de agua, durante y después de la formación, se realiza empleando mangueras que se instalan a una línea principal provista de varias tomas. La posición de descarga de la manguera se cambia periódicamente (Suárez et al., 1982).

Posteriormente, en la fábrica “Uruguay” de la provincia Sancti Spíritus se puso en marcha un sistema de almacenamiento muy semejante al anterior (ver Anexo 13), pero con un mayor nivel de mecanización y facilidades para un rociado eficiente del bagazo. En este caso, la formación se realiza desde conductores elevados a 22 m de altura, desde donde se descarga el bagazo por medio de un descargador móvil (*tripper*). La adición de agua puede hacerse sobre el propio conductor antes de la descarga y también rociando posteriormente

desde la propia estructura del conductor. Tanto en uno como en otro sistema, el riego de agua comienza, generalmente, después de terminada la pila, aunque en ocasiones se comienza antes para ayudar en la compactación y se prolonga por un período de 2 a 3 meses después de formada la pila (Suárez et al., 1982).

En suspensión

Desde el punto de vista del método de formación de las pilas estos sistemas pueden considerarse equivalentes al de tratamiento microbiológico anteriormente descrito, la única diferencia es que el licor microbiológico se sustituye por agua. Quizás el sistema más representativo aquí sea el empleado por la fábrica mexicana Kimberly-Clark (ver Anexo 14). En este sistema el bagazo se desmedula en máquinas de rotor vertical en los distintos centrales suministradores y se transporta al área de almacenamiento. Allí se descarga y con ayuda de empujadores frontales se lleva a tanques provistos de agitación donde se prepara una suspensión de 2 a 3 % de consistencia (base seca). La suspensión de bagazo se bombea a través de una tubería distribuidora de acero inoxidable instalada a lo largo y en un lateral de la plataforma de almacenamiento. Esta línea está provista de conexiones cada cierta distancia donde se instalan tramos de tuberías de aluminio para formar varios ramales. La suspensión que fluye por el ramal, al drenar, va depositando las capas de bagazo que forman la pila. En la medida que la pila va creciendo, se van añadiendo tramos adicionales de tuberías (Suárez et al., 1982).

Otros sistemas de almacenamiento a granel

La utilización de soluciones ácidas o alcalinas en el almacenamiento de bagazo a granel se ha investigado en diferentes instituciones donde se desarrollan los cultivos Ritter. Se han realizado pruebas a escala piloto y semicomercial, y hasta se ha ensayado la variante de añadir agua de río una sola vez, devolviendo el agua drenada al mismo. La práctica usual es la de recircular el agua utilizada en la formación y así ahorrar gran cantidad de la misma, como en el caso de Kimberly-Clark (Suárez et al., 1982).

2.5.2 Sistemas de almacenamiento compactado

Independientemente de si el bagazo ha sido pre-secado o no previamente, los métodos de almacenamiento compactados pueden ser de dos tipos: en briquetas o pellets, o en pacas.

Briquetas

En este sistema (ver Anexo 15) el bagazo procedente del ingenio, generalmente desmedulado, se conduce por un transportador, alimentándose al secador a través de una válvula rotatoria. Una vez que se ha secado hasta una humedad de 15 a 20 % se transporta a la prensa briqueteadora, donde es compactado en forma de briquetas. La compactación se realiza sin ningún tipo de aglutinante o atado, eliminándose así algunas de las desventajas del sistema de compactación en pacas. Las briquetas se transportan a un almacén bajo techo para protegerlas de la lluvia y son distribuidas desde un transportador móvil ubicado en lo alto del almacén donde se almacenan a granel (Suárez et al., 1982).

Las características de las briquetas son diferentes y dependen del fabricante. Según Suárez et al. (1982) sus dimensiones son de alrededor de 110 a 130 mm de longitud, diámetro de 30 mm de espesor y densidad en bulto de 700 a 710 kg/m³, aunque Gastón Peña et al., (2000) hace referencia a dimensiones de aproximadamente 120 a 150 mm de longitud, diámetro de 50 y 80 mm de espesor y densidad de hasta 1200 kg/m³.

Pacas

La baja densidad del bagazo dio origen a la idea de su compactación en pacas como forma de facilitar su manipulación y reducir el área requerida para su almacenamiento. El sistema se basa en compactar el bagazo en prensas que son una versión modificada y reforzada de las tradicionales empacadoras de heno (Suárez et al., 1982). Este método (ver Anexo 16) es el más corrientemente utilizado para aquellas industrias que requieren de una materia prima seca puesta en fábrica (Lois Correa (1988), Gastón Peña et al. (2000), Suárez et al. (1982)). Este puede realizarse de dos formas: en pacas húmedas o en pacas pre-secadas.

Pacas húmedas

Hasta el año 1975 Cuba tenía fundamentalmente sistemas de almacenamiento de bagazo integral empacado en húmedo para prácticamente todas las industrias derivadas del mismo. Desde la década de los años 50, para estos sistemas se contaba con instalaciones relativamente anticuadas de baja productividad y eficiencia (Lois Correa, 1988).

Este método consiste en empacar el bagazo húmedo, ya sea antes o después de un desmedulado parcial (Gastón Peña et al., 2000). En este sistema (ver Anexo 17) el bagazo, tal y como sale del ingenio, se conduce por un transportador a las prensas empacadoras,

incluyéndose, generalmente, un almacenamiento *buffer* (temporal), que en ocasiones puede ser la propia casa de bagazo del ingenio, u otro transportador retroalimentador que recircula el posible exceso de bagazo no procesado por las empacadoras. Una vez formadas las pacas son transportadas al área de almacenamiento. En esta, las pacas son manipuladas en grupos de 6 y hasta de 12 y entongadas en pilas de forma piramidal. En general, se construyen rectangularmente los 4 primeros pisos o niveles de la pila, manteniéndose un canal de ventilación de 50 cm cada 6 o 12 pacas a lo largo de la misma. A partir de ese nivel, la pila va adquiriendo la geometría piramidal hasta alcanzar alturas que oscilan entre 7 y 10 m (Suárez et al., 1982), o hasta 9 y 15 m, con dimensiones de 40 por 20 m que pueden tener alrededor de 600 a 900 t de bagazo seco (Gastón Peña et al., 2000). Una vez erigida la pila, al igual que en los métodos a granel, se procede a cubrirla para protegerla de la lluvia e impedir la pudrición y alto deterioro del material almacenado (Suárez et al. (1982), Gastón Peña et al. (2000)). En Cuba, después de terminada la pila, se mantiene descubierta por un tiempo que oscila entre 15 y 20 días, procediéndose posteriormente a recubrirla (techarla) con tejas corrugadas impregnadas de material asfáltico (Suárez et al., 1982).

Las dimensiones de las pacas varían en dependencia de la sección transversal de prensado del equipo compactador, con volúmenes que oscilan desde 0,1 hasta 0,8 m³/paca. En Cuba, las dimensiones más usuales en este sistema son de 80 x 60 x 50 cm, con un peso que oscila entre 90 y 115 kg, y una densidad de 400 a 450 kg/m³. Otras medidas reportadas son 40 x 50 x 76 cm, 30 x 30 x 60 cm, 45 x 45 x 90 cm y 90 x 36 x 32 cm (Suárez et al., 1982).

Pacas pre-secadas

Ya a principios de la década de los 80 fue introducido en Cuba el sistema de almacenamiento de bagazo pre-secado en pacas de tamaño relativamente grandes, disponiéndose de modernos equipos de secado y empaque para estos propósitos (Lois Correa, 1988). El objetivo fundamental de pre-secar el bagazo es evitar o reducir al mínimo los procesos microbiológicos causantes del elevado deterioro y las pérdidas por almacenamiento (Suárez et al., 1982).

En este sistema (ver Anexo 18) el bagazo proveniente del ingenio, generalmente desmedulado, se conduce por un transportador al secador, alimentándose a este último a través de una válvula dosificadora donde la humedad es reducida hasta 20 a 25 %. A

continuación, pasa a la sección de empaque donde por medio de empacadoras hidráulicas se compacta en pacas de gran tamaño. Una vez formadas las pacas se transportan al área de almacenamiento donde son manipuladas individualmente o por grupos con dispositivos de izaje diseñados para ese fin. Las pacas son estibadas en tongas en forma piramidal, pero a diferencia del sistema húmedo, en casi todos los casos conocidos no ha sido necesario cubrir las mismas. A causa del incremento del tamaño de las pacas, se afectan parcialmente aquellas que se encuentran en los exteriores de las pilas, a profundidades de entre 50 y 75 mm, lo que equivale a menos del 2 % del total del bagazo almacenado. La capacidad de una pila con las mismas dimensiones que las usualmente empleadas en la variante húmeda puede aumentarse en 1,5 a 1,7 veces (Suárez et al., 1982).

Al no existir problemas fermentativos en el bagazo pre-secado es posible producir pacas de hasta cuatro veces el tamaño convencional empleado en el sistema húmedo (ver Anexo 19) (Suárez et al. (1982), Gastón Peña et al. (2000)). Las dimensiones de las pacas varían en dependencia de la sección transversal de la empacadora. En Cuba se producen pacas de 150 x 80 x 80 cm, con un peso superior a 320 kg base seca/paca, en máquinas con atado automático (Suárez et al., 1982).

2.6 Consideraciones del autor a partir de la literatura consultada para el caso de Cuba

Una vez realizada la revisión bibliográfica se pueden resumir los principales aspectos relacionados con el almacenamiento de bagazo, así como proponer algunas sugerencias para la realización de dicha actividad.

En primer lugar, se puede decir que existen varios métodos de almacenamiento de bagazo y su selección depende en gran medida de la cantidad de biomasa disponible, la tecnología empleada, la necesidad de evitar enfermedades infecto-contagiosas en los operarios, la industria a la que se dirige y de muchos otros factores técnico-económicos como el peligro de incendios (Bambanaste (1986), Lois Correa (1988), Gastón Peña et al. (2000), (Triana-Hernández et al. (2014)). De forma general, estos pueden clasificarse en dos grandes grupos: compactado y a granel, existiendo diferentes variantes para cada uno de ellos (Suárez et al. (1982), Lois Correa (1988), Gastón Peña et al. (2000), Triana-Hernández et al. (2014), Almazán del Olmo et al. (2016)).

Antes de entrar de lleno en los métodos de almacenamiento, es necesario destacar con respecto al desmedulado que algunos trabajos experimentales realizados en el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) refieren que con bagazo previamente desmedulado se reduce la actividad microbiológica, pero las diferencias no son extraordinarias en cuanto a su comportamiento en el almacén (Almazán del Olmo et al., 2016). Algunas de las principales ventajas del desmedulado son (Suárez et al., 1982):

- ✓ Menores cantidades de material a manipular.
- ✓ Menor área de almacenamiento.
- ✓ Disponer de la médula para fines energéticos en el propio central o para alimentación animal del ganado.
- ✓ Posible disminución de pérdidas (aún por cuantificarse debidamente).

Ahora bien, los sistemas de almacenamiento a granel pueden clasificarse en: con tratamiento microbiológico o sin tratamiento microbiológico, y estos últimos pueden ser con adición de agua o sin adición de agua (Lois Correa, 1988). En cualquiera de los casos, en estos sistemas el bagazo se almacena generalmente al aire libre en un patio preparado al efecto, en forma de pilas (Gastón Peña et al., 2000) que pueden estar cubiertas o descubiertas. En este sentido, varios estudios experimentales como el desarrollado por Huang (1974) han demostrado que durante los períodos de almacenamiento se incrementa la actividad biológica en el bagazo cuando el volumen de humedad es alto. Esto ocurre principalmente durante el primer mes de almacenamiento y se acentúa aún más durante la estación lluviosa provocando la deterioración del bagazo, especialmente cuando es almacenado al descubierto.

Cubrir el bagazo reduce el ingreso de agua en el mismo, actúa como barrera a la penetración de oxígeno y a la ignición de fuentes externas, además de reducir su impacto ambiental como resultado de las molestas emisiones de polvo, olor y agua drenada (Trayner, 2008). Por estas razones se recomienda cubrir el bagazo cuando se almacene al aire libre, fundamentalmente en zonas lluviosas o durante la temporada de lluvia, que generalmente coincide con la terminación de la zafra (Suárez et al. (1982), Gastón Peña et al. (2000), Trayner (2008)). Para este fin se utilizan fundamentalmente lonas que pueden

ser de polietileno (Huang (1974), Trayner (2008)), aunque también se emplean otros medios como chapas de metal, cubiertas plásticas, madera, etc. (Suárez et al., 1982).

Prácticamente todos los sistemas de almacenamiento a granel utilizan algún agente líquido en la pila tales como: agua, licor biológico o soluciones ácidas o alcalinas (Gastón Peña et al., 2000). La adición del medio líquido al bagazo almacenado a granel puede realizarse de distintas formas: en la formación de las pilas al mezclarse con el bagazo, o en forma de riego antes y/o después de formada la pila (Suárez et al. (1982), Gastón Peña et al. (2000)). En este sentido, los sistemas de almacenamiento a granel pueden clasificarse en dos grandes grupos: con tratamiento microbiológico o con adición de agua (Suárez et al., 1982).

Con respecto a estos tratamientos microbiológico existe controversia en cuanto a la necesidad o no de su empleo (Lois Correa, 1988). Varios estudios experimentales como el desarrollado por Walter (1980) han demostrado la eficacia de algunos preservantes químicos en la reducción de las actividades microbianas en el bagazo y plantean que dichos tratamientos parecen ser económicos. Sin embargo, a pesar de esto, y de que su uso aparece frecuentemente citado en la literatura, hasta el momento no se conoce de una amplia utilización de los mismos (Lois Correa, 1988).

De forma general, el almacenamiento a granel resuelve muchas de las desventajas de los métodos compactados (Gastón Peña et al., 2000). Algunas de las principales ventajas y desventajas de este método de almacenamiento son (Suárez et al., 1982):

Ventajas:

- ✓ Mejor conservación de las características del bagazo.
- ✓ Menores costos de operación al eliminar el empaque, desempaque y disminuir apreciablemente la mano de obra.
- ✓ Eliminación de los peligros de incendio.
- ✓ Disminución de los problemas sociales por las condiciones de trabajo y peligros de enfermedades (bagazosis).
- ✓ Menores requerimientos de área.
- ✓ Menores pérdidas en el almacenamiento con respecto al sistema de pacas húmedas.

Desventajas:

- ✓ Costos elevados de inversión.
- ✓ Mayores consumos de agua.
- ✓ Altas humedades, que para las industrias que requieren la materia prima seca, implicaría altos consumos de energía.

Por otra parte, los métodos de almacenamiento compactados pueden ser de dos tipos: en briquetas o pellets, o en pacas (Suárez et al. (1982), Lois Correa (1988), Gastón Peña et al. (2000), Almazán del Olmo et al. (2016)).

A pesar de que algunas ventajas del uso de briquetas, como la facilidad de manipulación y almacenamiento, hacen que este proceso sea atractivo para algunas industrias de utilización del bagazo y con fines energéticos (Suárez et al., 1982), esta ha tenido un empleo muy limitado (Lois Correa, 1988). Su utilización por lo general es una solución prácticamente desacostumbrada debido a los altos costos y consumo energético de las máquinas. A ello se suman problemas en la longevidad de las matrices de extrusado, muy bajos requerimientos de humedad a la entrada de las máquinas (8-10 %) y alta destrucción de fibras durante el prensado. Todo ello parece indicar que no tiene perspectivas de uso futuro (Gastón Peña et al., 2000), aunque en países como Brasil se mantiene su empleo.

Por su parte, el método de fardos o pacas es el más corrientemente utilizado, y se acepta este criterio para aquellas industrias que requieren de una materia prima seca puesta en fábrica (Suárez et al. (1982), Lois Correa (1988), Gastón Peña et al. (2000)). Este puede realizarse de dos formas: en pacas húmedas o en pacas pre-secadas.

Con respecto a la forma de las pacas, un estudio experimental desarrollado por Sahoo y Mani (2017) compara pacas de un tipo de biomasa diferente compuesta por rastrojo y pasto de maíz, pero que pudieran aplicarse al caso del bagazo, de formas cilíndricas y rectangulares en tres métodos de almacenamiento diferentes: al aire libre descubiertas, al aire libre cubiertas y bajo techo (ver Anexo 20). Los resultados demostraron que, entre los métodos de almacenamiento y tipos de pacas, las pacas rectangulares almacenadas al aire libre descubiertas es el método más caro debido a las altas pérdidas de calidad y materia seca, mientras que estas mismas, almacenadas al aire libre cubiertas, es el método más económico a largo plazo de todas las opciones, y aunque el costo para el almacenamiento

bajo techo es similar al del almacenamiento al aire libre cubierto, no es recomendable cuando este se realiza a gran escala como en la producción de energía en las bioeléctricas. Por lo tanto, la mejor forma para las pacas en el almacenamiento de biomasa es la rectangular, lo cual coincide con la forma mencionada en la literatura para el almacenamiento de bagazo, además el almacenamiento al aire libre de las pacas debe realizarse cubierto.

El método de pacas húmedas consiste en empacar el bagazo húmedo, ya sea antes o después de un desmedulado parcial. Es importante considerar en el mismo que durante el entongue de las pilas se tienen que prever canales de ventilación, pues tienen que permitir la libre circulación del aire para disipar el calor y los gases originados por la fermentación, de otra manera pueden existir riesgos de combustión espontánea (Gastón Peña et al., 2000). Para ello, debe estar dotado de un sistema de prevención y extinción de incendios ante los peligros de autocombustión y descargas eléctricas. A ese fin, se debe disponer de una red de hidrantes interconectados entre sí distribuidos por toda el área, con su correspondiente reserva de agua para estos fines, así como un eficiente sistema de pararrayos. Se recomienda, además, como medida de protección, que el plano o piso de la pila se encuentre a un nivel superior del área de almacenamiento y que el espacio entre dos almacenes sea el equivalente al ancho de uno de ellos. Como el bagazo al ser compactado tiende inmediatamente a recuperar su estado original se hace necesario atar las pacas. Además, el sistema “Celotex” recomienda el tratamiento de los exteriores de las pilas con ácido bórico u otro tipo de preservante. Por último, al igual que en los métodos a granel, una vez erigida la pila, se recomienda cubrirla para protegerla de la lluvia e impedir la pudrición y alto deterioro del material almacenado. Algunas de las principales ventajas y desventajas de este método de almacenamiento son (Suárez et al., 1982):

Ventajas:

- ✓ No requiere gastos de agua, ni genera efluentes, como en el almacenamiento a granel en suspensión.
- ✓ Es un método adecuado para el transporte de largas distancias, y comparado con la forma a granel tiene en volumen de carga una proporción de 3:1.

- ✓ Es un método de secado natural, que no requiere de instalaciones ni gastos de combustible, lo que favorece su utilización en aquellas tecnologías donde se necesita una materia prima relativamente seca puesta en fábrica.

Desventajas:

- ✓ Peligros de autocombustión durante el período crítico de elevación de temperatura por procesos microbiológicos.
- ✓ Riesgos de incendio.
- ✓ Riesgos y perjuicio de la salud de los trabajadores (afecciones pulmonares y bagazosis).
- ✓ Afectación notable del alambre del atado como resultado de la fermentación, lo que dificulta su eliminación e incide negativamente sobre la calidad de la fibra en contacto con el mismo.
- ✓ Elevados costos de operación, principalmente por el empaque, entongue, cubrimiento de pilas y desempaque.
- ✓ Limitaciones tecnológicas en el tamaño de las pacas.
- ✓ Sustanciales pérdidas por almacenamiento a causa del deterioro de la fibra por procesos microbiológicos.

Por su parte, en el método de pacas pre-secadas, el objetivo fundamental de pre-secar el bagazo es evitar o reducir al mínimo los procesos microbiológicos causantes del elevado deterioro y las pérdidas por almacenamiento. Por esta razón, en casi todos los casos conocidos no ha sido necesario cubrir las tongas. Algunas de las principales ventajas y desventajas de este método de almacenamiento son (Suárez et al., 1982):

Ventajas:

- ✓ Menores índices de pérdidas y mayor conservación del material almacenado.
- ✓ Posibilidad de pacas de mayor tamaño con menores limitaciones tecnológicas en el tamaño, estiba y cubrimiento de la tonga.
- ✓ Menores riesgos para la salud de los trabajadores.
- ✓ Mayores niveles de mecanización.
- ✓ Menores requerimientos de área.

Desventajas:

- ✓ Mayores costos de inversión.
- ✓ Mayor consumo de combustible.

Sin desconocer las posibilidades del sistema de almacenamiento en pellets o briquetas, en la actualidad las dos variantes principales que se discuten entre los sistemas compactados son el de pacas húmedas y el de pacas pre-secadas (Suárez et al., 1982).

Aunque se conoce de referencias relacionadas con pérdidas de calidad y bajos rendimientos de fibra provocados por el excesivo efecto de compresibilidad y desintegración posterior del bagazo compactado en esa forma, estas afectaciones no han sido debidamente cuantificadas (Lois Correa, 1988). Los criterios sometidos a mayor controversia para estos sistemas son los altos índices de afectación de materia prima en el caso de las pacas húmedas y los supuestos consumos adicionales de energía para el secado (Suárez et al. (1982), Lois Correa (1988)). Un estudio experimental desarrollado por Lois-Correa et al. (2010) compara tres alternativas de almacenamiento de bagazo en pacas (ver Anexo 21) dos de las cuales utilizan empacado en húmedo (B y C) y la otra empacado pre-secado (A). Los resultados obtenidos (ver Anexos 22, 23, 24, 25, 26 y 27) demostraron un mayor incremento de la humedad y la temperatura en los métodos de empacado húmedo lo que provoca mayor actividad microbiológica y pérdidas de fibras.

Si dichas pérdidas en el sistema de pacas pre-secadas son de 7 % o menos y las de pacas húmedas de 20 % o más, el petróleo utilizado para secar el bagazo representa un ahorro neto de combustible ya que el equivalente en petróleo del bagazo que se pierde en el sistema de pacas húmedas es mayor que el petróleo que se consume para secar y conservar el bagazo en el método pre-secado. Comparadas con el bagazo pre-secado, las alternativas de pacas húmedas tienen menores gastos de bagazo y combustible pero requieren mayores inversiones, siendo la alternativa más económica en general la de secar el bagazo, aun sin considerar el costo del terreno que para las alternativas de pacas húmedas presenta sustanciales mayores requerimientos de área (Suárez et al., 1982).

Resumiendo, el bagazo pre-secado en comparación con los rendimientos de almacenamiento húmedo presenta las siguientes ventajas (Lois Correa, 1988):

- ✓ Menores pérdidas y una mejor conservación de las características.
- ✓ Disminución del área de almacenamiento.
- ✓ Eliminación del peligro de autocombustión.
- ✓ Disminución de los riesgos de afectaciones a la salud de los obreros.
- ✓ Posibilidad de producir pacas más grandes.
- ✓ Mayores capacidades de estiba de tongas típicas y sin tener que recubrirlas.
- ✓ Reducción en los costos de manipulación.
- ✓ Más económico.

Por lo tanto, a partir de los valores de pérdidas de almacenamiento reportadas y en las condiciones de Cuba, las ventajas económicas se inclinan hacia la variante de secar el bagazo (Suárez et al. (1982), Lois Correa (1988)).

También resulta importante destacar algunos aspectos en comparación entre los dos sistemas de almacenamiento de bagazo: a granel y compactado. A pesar de que el método a granel húmedo es el más barato (Walter (1980), Suárez et al. (1982)) y que varios trabajos experimentales han puesto de manifiesto que en determinadas condiciones la conservación del bagazo almacenado a granel mejora notablemente (Lois Correa, 1988), otros demuestran que la calidad del mismo es inadecuada para la mayoría de los usos y las pérdidas por fermentación son altas, mientras que en el almacenamiento en paca seco se produce la mejor calidad en el bagazo almacenado. Este controla la fermentación disminuyendo así la deterioración y las pérdidas del bagazo (Walter, 1980).

Para el caso específico de la producción de energía en las bioeléctricas el método más utilizado internacionalmente es el método a granel por ser el más factible a la hora de almacenar altos volúmenes de bagazo sin la necesidad de contar con una alta calidad del mismo.

2.6.1 Consideraciones respecto a la tecnología de almacenamiento para Cuba

A continuación, el autor llega a un conjunto de aproximaciones para el caso de la biomasa cañera, respecto a los diferentes elementos que conforman la tecnología de almacenamiento. En el mismo se enfatiza en el caso del bagazo con fines energéticos y para las condiciones que predominan en Cuba, para volúmenes derivados de la caña de azúcar cosechada que no son comparables con los de otros países.

Formas de almacenamiento

Las formas de almacenamiento tradicionales planteadas en el primer capítulo son el almacenamiento masivo y el selectivo. Es opinión del autor que, en el caso del bagazo, solo es aplicable el almacenamiento masivo que puede ser a granel o compactado. La forma selectiva en este caso carece de sentido práctico, incluso en el almacenamiento compactado, al no ser necesario seleccionar determinadas pacas o briquetas. La forma en que se sitúan las cargas generalmente es piramidal (para la forma compactada, tanto al aire libre como techada) y en forma de conos alargados al aire libre (para la forma a granel). Cuando la industria requiere del empleo de pacas húmedas el almacenamiento debe ser cubierto. Para ello en Cuba se emplean tejas corrugadas con material asfáltico.

Medios de almacenamiento

La forma de almacenamiento masivo del bagazo a granel no requiere de ningún medio de almacenamiento, pues siempre se realiza sobre el suelo, aunque en algunos países ya ha sido mencionado el empleo de plataformas de almacenamiento, en general no son muy utilizadas por su alto costo. Sin embargo, se recomienda la utilización de lonas para proteger el bagazo de la lluvia cuando el almacenamiento ocurre al aire libre. En el caso de los pellets si se requieren medios de almacenamiento como los sacos, pero en Cuba no son muy empleados pues generalmente las cantidades de bagazo que se generan no justifican el empleo de estas tecnologías a diferencia de otros países como Brasil que incluso lo exportan.

Equipos de manipulación

Los equipos de manipulación que se utilizan para el almacenamiento de bagazo pueden ser múltiples y dependen fundamentalmente del método de almacenamiento que se emplee. A continuación, se recomiendan algunos de los equipos de manipulación y almacenamiento más utilizados.

Para el almacenamiento a granel (ver Anexo 28) (Trayner (2008), Suárez et al. (1982)):

- Transportador (o conductor) de banda: se utiliza para transportar el bagazo una vez desmedulado hasta el área de almacenamiento.
- Descargador móvil: se utiliza para la formación de las pilas de bagazo.
- Topadora o buldócer: se utiliza para la formación de las pilas de bagazo.

- Cargador frontal: se utiliza para la formación de las pilas de bagazo.
- Excavadora: se utiliza para cargar el bagazo desde las pilas hasta los camiones de volteo.
- Camión de volteo: se utiliza para transportar el bagazo hacia y desde el área de almacenamiento, así como descargar el mismo.
- Manguera u otros medios para el regado del bagazo con agua o agentes líquidos.
- Medios de protección contra incendios.

Para el almacenamiento compactado (Suárez et al., 1982):

- Transportador de banda: se utiliza para transportar el bagazo, ya sea desmedulado o no, hasta las máquinas empacadoras.
- Tráiler (tirados con tractor): se utiliza para transportar el bagazo hacia y desde el área de almacenamiento.
- Camión de carga: se utiliza para transportar el bagazo hacia y desde el área de almacenamiento.
- Plancha de ferrocarril: se utiliza para transportar el bagazo hacia y desde el área de almacenamiento.
- Grúas y equipos de izaje: se utilizan para la manipulación de las pacas y el entongue de las mismas en las pilas.
- Medios de protección contra incendios.

Áreas del almacén

Las áreas de almacenamiento que se utilizan en casi todos los métodos son por lo general patios al aire libre dedicados a este fin, a excepción del método de briquetas o pellets que se realiza bajo techo. Estas deben estar lo suficientemente alejada de las edificaciones para evitar propagaciones de eventuales incendios (Suárez et al., 1982). No se necesitan áreas de recepción, despacho, carga y descarga como ocurre con otros productos, pero resulta imprescindible alguna para la protección contra incendios. En el caso de las pacas al aire libre deben tener cierto espacio para la circulación del aire. En este aspecto poseen mayor aplicación los siguientes artículos de la Resolución No. 59/04 “Reglamento para la logística de almacenes”:

- Artículo 8: Los almacenes deben estar ubicados en lugares altos que no sufran inundaciones y que el terreno tenga un buen drenaje, además alejados de instalaciones o fábricas de sustancias tóxicas.
- Artículo 9: El piso de los almacenes debe garantizar la resistencia para soportar las cargas de los productos almacenados y de los medios y equipos de manipulación del almacén.
- Artículo 19: Se almacenan directamente sobre el piso aquellos productos que no sufran alteraciones de sus características físicas.
- Artículo 38: Los productos almacenados a granel según sus características requieren una ventilación y aireación que garantice su conservación.
- Artículo 42: Los pisos de los almacenes deben estar libres de desechos sólidos, grasas, combustibles y alimentos.
- Artículo 46: Cada instalación debe disponer de puntos de extinción contra incendios equipados con los medios necesarios para hacer frente a cualquier contingencia, así como cumplimentar las Normas Cubanas de protección contra incendios vigentes.
- Artículo 55: Todos los almacenes deben estar protegidos con aterramiento contra cargas electrostáticas.
- Artículo 58: Todos los almacenes en su derredor deben contar con una franja de incombustibilidad o zona de seguridad, que será de 5 m de ancho en zonas urbanas y de 10 m en las rurales.

Control de ubicación y localización de los productos

En lo referente a la localización y control de los productos no se requiere de mucha precisión, pues se limita a tener presente el orden en que se va apilando la carga para facilitar que su extracción responda al principio *“First in First out”* (FIFO) (Trayner, 2008), con el objetivo de minimizar el tiempo de almacenamiento del bagazo y así reducir el progresivo deterioro del mismo que se acentúa mientras mayor es este. Aunque no son cargas susceptibles de ser hurtadas por extraños, aun así, deben ser custodiadas. En esta parte se aplica el artículo siguiente de la citada resolución:

- Artículo 24: Se debe velar por la correcta rotación de los productos, de forma tal que ningún producto permanezca almacenado por más tiempo del establecido en sus normas de conservación.

Flujo de las cargas

Dentro de los tres tipos de flujo de las cargas (longitudinal, transversal y en “U”) debe destacarse que generalmente responden al flujo longitudinal. Luego la extracción de las cargas para su empleo con fines energéticos se realiza respetando el tiempo de estancia en el almacén, de manera que responda al principio de rotación antes mencionado. En tal sentido es aplicable también el artículo 24 anteriormente mencionado.

Procedimientos funcionales

Los principales procedimientos funcionales en estos almacenes son los referidos al control de entrada y salida de las cargas con un estimado en metros cúbicos, la trazabilidad de los riegos, ya sea con agua o con agentes químicos, el plan de control de plagas, el plan de mantenimiento de los equipos utilizados, el plan de emergencia y el plan de protección y de prevención de incendio. En este caso se aplican los siguientes artículos de la citada resolución:

- Artículo 43: Las áreas del almacén deben permanecer libres de insectos, roedores, aves y animales domésticos.
- Artículo 45: Los almacenes deben contar con un programa de control de plagas, efectuando las fumigaciones cuando sean requeridas.
- Artículo 47: La administración de cada instalación debe garantizar que los sistemas contra incendios que por dichas normas se requieren, se mantengan en funcionamiento ininterrumpidamente y en buen estado técnico, además de poseer un certificado actualizado de ello, emitido por las entidades competentes.
- Artículo 49: Los almacenes deben contar con un Plan de Emergencia debidamente actualizado, que será de conocimiento por los jefes y obreros del lugar.

Fuerza de trabajo

En el caso de estos almacenes en Cuba, generalmente la fuerza de trabajo requerida es la siguiente: operarios del almacén, cuya función es mantener las cargas en buen estado,

realizar los riegos necesarios y tener actualizados los procedimientos funcionales antes señalados, los operarios de los equipos de manipulación, el personal de mantenimiento de estos medios, pueden ser los mismos que realizan esta función en la bioeléctrica o central azucarero, y el personal de custodia que puede ser el mismo de otras áreas de la bioeléctrica o central azucarero en el que se encuentra el almacén. Los artículos de la resolución No. 59/04 que en este caso se aplican son:

- Artículo 25: Se prohíbe fumar en el interior de las áreas dedicadas al almacenamiento.
- Artículo 50: El personal que labora en los almacenes, debe estar debidamente capacitado en materia de protección contra incendios, garantizándose que el jefe de brigada esté certificado en este sentido.
- Artículo 56: Para la protección de los objetivos económicos en los almacenes se posee un cuerpo de seguridad que garantice la integridad de la instalación y los recursos que se almacenan.

Aunque las sugerencias anteriores han sido el resultado de la aplicación de toda la información encontrada en la bibliografía consultada referente al caso de los elementos de la tecnología de almacenamiento del bagazo, también pudo haberse hecho tomando como referencia las principales resoluciones vigentes en Cuba como la Resolución No. 59/04 “Reglamento para la logística de almacenes” y la Resolución 153/07 “Procedimiento para la implementación del Expediente Logístico de Almacenes (EXPELOG) y la Categorización de los Almacenes”.

2.7 Conclusiones parciales

1. A partir de la literatura consultada se recogen los principales enfoques, conceptos y tendencias relacionados con la biomasa, específicamente la biomasa cañera compuesta por el bagazo y los RAC, y su almacenamiento, que sirven de base teórica y conceptual para la realización de dicha actividad.
2. Existen varios métodos de almacenamiento de la biomasa cañera que de forma general pueden clasificarse en dos grandes grupos: compactado y a granel, A su vez, para cada uno existen diferentes variantes, cuya selección depende en gran medida de varios factores entre los que se destacan: la cantidad de biomasa disponible, la tecnología empleada, la necesidad de evitar enfermedades infecto-contagiosas en los operarios, la industria a la que se dirige y de muchos otros factores técnico-económicos como el peligro de incendios.
3. Los almacenes de bagazo a gran escala son generalmente al aire libre por lo que se hace necesario cubrir el bagazo, fundamentalmente en zonas lluviosas o durante la temporada de lluvia, que generalmente coincide con la terminación de la zafra. Además, estos deben estar lo suficientemente alejados de las edificaciones para evitar propagaciones de eventuales incendios.
4. El método de almacenamiento a granel húmedo es el más barato de todos, pero la calidad del bagazo almacenado en el mismo es inadecuada para la mayoría de los usos y las pérdidas por fermentación son altas, mientras que, entre los métodos compactados, el mejor es el almacenamiento en pacas pre-secadas ya que produce la mejor calidad en el bagazo almacenado, reduce las pérdidas del mismo, y es el más económico para las condiciones de Cuba.
5. La aplicación de los elementos de la tecnología de almacenamiento al caso de la biomasa cañera, y en particular al bagazo, permite contar con un conjunto de recomendaciones para la operación de estos almacenes.

Conclusiones

Conclusiones

1. La realización de la revisión bibliográfica a partir de la literatura especializada permitió recopilar los principales, enfoques, conceptos y tendencias relacionados con los almacenes y la actividad de almacenamiento en general. En ello se incluyó todo el marco legislativo que respecto a esta actividad existe en el país y algunos procedimientos para el diagnóstico y mejora de la logística de almacenes. Ambos aspectos sirvieron de basamento para la realización del presente trabajo de diploma. Sin embargo, las particularidades de la biomasa cañera, y en específico el bagazo, hicieron necesario una mayor profundización para darle solución al problema de investigación.
2. La realización de la revisión bibliográfica a partir de la literatura especializada relacionada específicamente con la biomasa cañera compuesta por el bagazo y los RAC para ser empleados con fines energéticos y las particularidades de su almacenamiento, permitieron complementar la base teórica conceptual para solucionar el problema científico planteado.
3. El estado del arte logrado sobre la logística de almacenes en general y en particular la de biomasa cañera con énfasis en el bagazo para su empleo con fines energéticos, su síntesis, tomando como base los elementos de la tecnología de almacenamiento, así como todas las sugerencias realizadas por el autor sobre la base de lo encontrado en la literatura, permiten afirmar que el problema de investigación fue resuelto y cumplidos los objetivos trazados en el trabajo.

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Profundizar en otros aspectos relacionados con el almacenamiento de la biomasa cañera con énfasis en los RAC, considerando que su empleo con fines energéticos se realiza de manera conjunta con el bagazo.
2. Continuar con la revisión bibliográfica realizada para mantener actualizado el estado del arte logrado en el presente Trabajo de Diploma, de manera que su enriquecimiento sea continuo, para facilitar la posterior integración de todos los conceptos y sugerencias sobre el almacenamiento de la biomasa cañera con fines energéticos a la cadena de suministro a la cual estos almacenes pertenecen.
3. Realizar visitas a los almacenes de biomasa cañera existentes en la provincia y de ser posible en el país, para determinar las buenas prácticas existentes en los mismos y así enriquecer la base teórica sobre el diseño y operación de estos almacenes.
4. Divulgar los resultados de la presente investigación entre los actores de AZCUBA encargados de poner en marcha las bioeléctricas, para la consideración de las sugerencias realizadas y su mejoramiento.

Bibliografía

Bibliografía

1. 01-04-1:79, N. 1979. Ordenamiento y regulaciones generales. Marcas gráficas de las cargas. Marcas de manipulación.
2. 11/07, R. 2007. Datos de uso obligatorio que se tendrán en cuenta al momento de diseñar modelos. *In*: PRECIO, E. M. D. F. Y. (ed.).
3. 19-01-11:81, N. 1981. Iluminación. Requisitos generales higiénico-sanitarios.
4. 19-03-03:88, N. 1988. Requisitos de carga y descarga. Requisitos generales de seguridad (Obligatoria).
5. 19-03-05:82, N. 1982. Sistema de normas de protección e higiene del trabajo. Envase y embalaje. Requisitos generales de seguridad. (Obligatoria).
6. 19-04-11:79, N. 1979. Colores y señales de seguridad.
7. 53-37:88, N. 1988. Proyecto de construcción. Almacenes techados cerrados.
8. 59/04, R. 2004. Reglamento para la Logística de Almacenes. *In*: MINCIN (ed.).
9. 85:2013, N. 2013. Azúcar crudo de caña. Especificaciones.
10. 91-01:83, N. 1983. Carga unitaria. Paletas. Términos y definiciones.
11. 91-04:83, N. 1983. Carga unitaria. Paletas planas, de doble piso de uso general. Especificaciones generales de proyecto.
12. 91-32:84, N. 1984. Equipos de manipulación de las cargas. Términos y definiciones.
13. 91-33:84, N. 1984. Carga unitaria. Contenedores de la serie 1. Manipulación y aseguramiento.
14. 91-39:85, N. 1985. Equipos de manipulación de las cargas. Transpaletas. Términos y definiciones.
15. 91-45:86, N. 1986. Manipulación y almacenamiento de bienes de consumo. Términos y definiciones.
16. 91-46:87, N. 1987. Almacenamiento y carga unitaria. Paletas cajas metálicas. Especificaciones generales de calidad.
17. 91-48:87, N. 1987. Almacenamiento y carga unitaria. Manipulación y estiba en contenedores de la serie I. Requisitos generales y básicos.
18. 96-02-02:87, N. 1987. Protección contra incendios. Construcción de edificios industriales y almacenes. Requisitos generales. (Obligatoria).

19. 96-02-09:87, N. 1987. Sistema de normas de protección contra incendio. Protección contra las descargas eléctricas atmosféricas.
20. 96-02-16:87, N. 1987. Edificios para almacenar líquidos inflamables y combustibles.
21. 96-02-19:87, N. 1987. Construcción de edificios para almacenamiento de sólidos combustibles. Requisitos generales.
22. 107-14-2002, R. 2002. Directrices generales para la manipulación y almacenamiento de los materiales y productos terminados *In: MINIL (ed.)*.
23. 153/07, R. 2007. Procedimiento para la implementación del Expediente Logístico de Almacenes y la Categorización de los Almacenes. *In: MINCIN (ed.)*.
24. 165/06, R. 2006. Aprobar la ocupación de Encargado de Almacén. *In: MTSS (ed.)*.
25. 190/10, R. 2010. Indicaciones para la realización de los inventarios de los almacenes.
26. 345/17, D. L. 2017. Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía. *In: ESTADO, C. D. (ed.)*.
27. 492:2014, N. 2014. Almacenamiento de alimentos. Requisitos sanitarios generales.
28. 780:2006, N. I. 2006. Ordenamiento y regulaciones generales. Marcación de las cargas. Marcas de manipulación.
29. 3864:2003, N. I. 2003. Sistema de normas de protección e higiene del trabajo. Colores y señales de seguridad (Obligatoria).
30. ACEVEDO SUÁREZ, J. A. & GÓMEZ ACOSTA, M. 2010. La logística moderna en la empresa. *La Habana: Félix Varela*.
31. AGENBUR. 2018. *Usos de la biomasa* [Online]. Agencia Provincial de la Energía de Burgos. Available: <http://www.agenbur.com/es/contenido/index.asp?iddoc=410> [Accessed marzo, 2018].
32. AGUILAR-PARDO, A. & AGUILAR-ESTRADA, D. 2017. Nuevos paradigmas en la cosecha de la caña para el uso sustentable de la biomasa en la bioeléctrica. Parte II. *ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 51, 8-15.
33. AGUILAR-RIVERA, N. 2011. Effect of Storing of Sugar Cane Bagasse on Physical Properties from Cellulose for Paper. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 12, 189-197.

34. ALMAGUER GALVÁN, G. & RODRÍGUEZ ALEJANDRO , D. A. 2017. Diseño experimental para degradación térmica solar de biomasa (pirólisis y gasificación). *Jóvenes en la ciencia*, 3, 2246-2250.
35. ALMAZÁN DEL OLMO, O., HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ, A., BRIZUELA HERRADA, M. A., CARVAJAL CABO, O., ARIAS POLO, G. N. & FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, N. 2016. El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial.
36. ARAUZO, J., SERRANO, F. B., ÁBREGO, J., SÁNCHEZ, J. & GONZALO, A. 2014. An introduction to biomass valorisation technologies. *Boletín del Grupo Español del Carbón*, 2-6.
37. ARRIZABALAGA URIARTE, B. 2017. 7 Innovadoras tecnologías para la gestión de almacenes para adoptar. Available: <http://arrizabalagauriarte.com/7-innovadoras-tecnologias-gestion-almacenes-adoptar/> [Accessed febrero, 2018].
38. AYALA BÉCQUER, P. Introducción al Control Logístico. Conferencia desarrollada para la Dirección Logística de ETECSA, 2008.
39. BAMBANASTE, R. 1986. Almacenamiento de bagazo. Cap. IV. La industria de los derivados de la caña de azúcar. *Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba.*, pp. 121-130.
40. BETANCOURT ABIO, R. 2016. La Responsabilidad Social Empresarial en Cuba. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 4, 34-43.
41. BRUNDTLAND, G. H. 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development: "Our common future"*, United Nations.
42. CAMARAZA-MEDINA, Y., CRUZ-FONTICIELLA, O. M. & GARCÍA-MORALES, O. F. 2017. Element for the Estimation of Thermodynamic Properties of Cane and Forest Biomass. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26, 76-82.
43. CARDONA, C., QUINTERO, J. & PAZ, I. 2010. Production of bioethanol from sugarcane bagasse: status and perspectives. *Bioresource technology*, 101, 4754-4766.
44. CASTRO RUZ, R. 2016. Informe Central al VII Congreso del Partido Comunista de Cuba, La Habana, 16 de Abril de 2016, “Año 58 de la Revolución”.
45. CED 2015. Cambridge Dictionaries online. *Cambridge English Dictionary*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

46. CERDÁ, E. 2012. Energía obtenida a partir de biomasa. *Cuadernos económicos del ICE. Universidad Complutense de Madrid*, 117-124.
47. CESPÓN CASTRO, R. & KNUDSEN GONZÁLEZ, J. 2012. Manual Logística de la Empresa.
48. CONEJERO GONZÁLEZ, H. C. 2006. El servicio al cliente, fuente de ventajas competitivas. *Discusión realizada en la maestría de dirección de empresas, impartida por la Facultad de Contabilidad y Finanzas de la Habana*.
49. CSCMP 2013. The Official Supply Chain Dictionary. Council of Supply Chain Management Professionals
50. CUNHA PINHEIRO, E. 2011. Caracterización y diagnóstico de la actividad de almacenamiento del OBET Unión de Reyes.
51. CUSI DÁVILA, R. B. 2016. Tendencias tecnológicas al servicio de la gestión de almacenes.
52. CHAVARRO SOTO, A. 2016. Importancia de la tecnología de manipulación y almacenamiento en los procesos logísticos Available: <http://revista.gentelider.com/importancia-de-la-tecnologia-de-manipulacion-y-almacenamiento-en-los-procesos-logisticos/> [Accessed febrero, 2018].
53. DE ARMAS, C. 1994. Comments about co-generation in the sugar industry. Proceedings of International Seminar on Commercial Energy Generation in the Cane Agroindustry. GEPLACEA, ASAZGUA and GTZ.
54. DLE 2014. Diccionario de la Lengua Española. Edición del tricentenario. Real Academia Española.
55. DOE 2005. Diseño de sistemas logísticos y productivos. Departamento de Organización de Empresas.
56. DUQUESNE PASCUAL, J. 2009. *Diseño de un procedimiento para el diagnostico y mejora de la gestión de almacenamiento en la empresa GEOCUBA VC-SS*. UCLV.
57. DURÁN, V., RODRÍGUEZ, C., FRANCIA, J., SAYADI, S., JIMÉNEZ, J. & PEREA, F. 2014. Biomasa de cultivos leñosos de rotación corta para la producción sostenible de energía: oportunidades y retos. *Spanish Journal of Rural Development*, 5.

58. ESCOBAR REFUSTA, J. 2014. *ALMACÉN 4.0: el almacenaje de la Industria 4.0*. [Online]. INDUING. Available: <http://www.induing.com/actualidad/almacen-4-0-el-almacenaje-de-la-industria-4-0/2599/> [Accessed febrero, 2018].
59. FERNÁNDEZ, O. 2006. Economía cubana 2005: Punto de inflexión para el bolsillo del cubano trabajador.
60. FLORES MARTÍNEZ, G. F. 2014. *Cuantificación y logística de la biomasa disponible en el cultivo de tomate de árbol (Cyphomandra betacea) var. Grande Mora*. Trabajo de investigación estructurado de manera independiente como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Ambato.
61. GARCÍA, J. L. & MARTÍNEZ, M. J. 2014. Biomasa y Biotecnología. *Semáforo. Dpto. Biología Medioambiental. Centro de Investigaciones Biológicas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid*, No. 58.
62. GASTÓN PEÑA, C., BAMBANASTE MITRANI, R., LOIS CORREA, J., ALFONSO CADENAS, G. & HERRYMAN MUNILLA, M. 2000. *Manual de los derivados de la caña de azúcar*, Imprenta MINAZ CDU: 664.11
63. GONZÁLEZ-CORZO, M. 2015. *La agroindustria cañera cubana: transformaciones recientes*, The Graduate Center, The City University of New York, Bildner Center for Western Hemisphere Studies.
64. GONZÁLEZ SANTALÓ, J. M. 2008. La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles. *Outlook*, 1.
65. GRAU, G., CARDÓS, M., BABILONI, E., PALMER, M. E. & ALBARRACÍN, J. M. Estudio sobre las tecnologías utilizadas en los almacenes de la Comunidad Valenciana. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XIII Congreso de Ingeniería de Organización, 2009. 952-961.
66. GUTIÉRREZ PRADERE, A. M. 2002. Gestión de almacenes. *Folleto, LOGESPRO, ISJAE, Ciudad de La Habana, Cuba*.
67. HERNÁNDEZ BERMÚDEZ, Y. 2011. *Implementación del expediente logístico de almacenes (EXPELOG) en la UCLV*. Trabajo de Diploma, UCLV.
68. HERNÁNDEZ MUÑOZ, R. F. 2008. Libro de logística de almacenes. Mediateca Rimed.

69. HUANG, H. A Study of Changes in Bagasse During Storage and the Effect on the Quality of Bagasse Particle Boards. Proceedings of the 15th congress of the International Society of Sugar Cane Technology, 1974. 1840-1850.
70. IGLESIAS, A. 2012. Manual de gestión de almacén. *Balanced Life SL*.
71. JAMART, S. 2015. Robots humanoides, el futuro de los almacenes logísticos. Available: <http://blogistica.es/robots-humanoides-el-futuro-de-los-almacenes-logisticos/> [Accessed febrero, 2018].
72. JIMÉNEZ BORGES, R., LÓPEZ BASTIDA, E. J., GONZÁLEZ PÉREZ, F. & GARCÍA CURBELO, J. A. 2017a. Methodology For The Estimation Of Biomass Potential In Cienfuegos For Energy Purposes. *Revista de Investigación*, 10, 63-75.
73. JIMÉNEZ BORGES, R., MONTEAGUDO YANES, J. P. & LLANES, J. L. 2017b. Potentialities of Energetic Improvements in the Technological Process of the Sugar Mills. *Ingeniería Energética. Centro de Investigación y Pruebas Electroenergéticas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de La Habana, José Antonio Echeverría, Cujae* 38, 88-96.
74. JL-FAR/2010 2010. Manual de Logística de Almacenes. In: MINFAR (ed.).
75. LACEY, J. 1974. Molding of sugar cane bagasse and its prevention. *Ann. appl. Biol.* 76:63-76.
76. LAO LEÓN, Y. O., PÉREZ PRAVIA, M. C. & MORENO PERDOMO, L. Y. Perfeccionamiento de la gestión de almacenamiento en empresas comercializadoras. Caso: EMSUME Holguín. Tercer taller de gestión empresarial e intercambio de experiencias, 2015 Universidad de Holguín.
77. LOIS-CORREA, J., FLORES-VELA, A., ORTEGA-GRIMALDO, D. & BERMAN-DELGADO, J. 2010. Experimental evaluation of sugar cane bagasse storage in bales system. *Journal of applied research and technology*, 8, 365-375.
78. LOIS CORREA, J. 1982. *Storage of Bagasse for its Industrial Utilization in Cuba*. Ph.D. Thesis, University of Zvolen.
79. LOIS CORREA, J. 1988. Preparación, almacenamiento y conservación del bagazo para la Industria de Derivados.
80. LÓPEZ GUERRERO, J. M. 2009. Almacenaje de productos. *Universidad Laboral*.

81. LLANEZ GIL LÓPEZ, D. I. 2012. *Desarrollo técnico-económicamente viable de harinas forrajeras predigeridas y enriquecidas proteicamente a partir del bagazo de la caña de azúcar*. Maestro en Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional.
82. MATAMOROS HERNÁNDEZ, I. B. 2011. *Desarrollo de un procedimiento para la categorización del almacén de Suchel Trans-Villa Clara*. Tesis presentada en opción al título académico Máster en Administración de Negocios, UCLV.
83. MEDEROS CORRATGÉ, A. 2012. *Biomasa: ¿posible solución energética para Cuba?* [Online]. Available: <http://www.cubahora.cu/ciencia-y-tecnologia/biomasa-posible-solucion-energetica-para-cuba> [Accessed febrero, 2018].
84. MENES ALOMÁ, S., GONZÁLEZ MORALES, V., LEIVA MAS, J., VILCHES FERREIRO, L. J. & HERNÁNDEZ SARDIÑAS, A. H. 2013. Alternative to increase the electric power delivery in “Antonio Sánchez” sugar factory. *Centro Azúcar*, 40, 66-72.
85. MERRIAM-WEBSTER 2004. Merriam-Webster's collegiate dictionary. Merriam-Webster.
86. MIEBACH, J. 2015. Industria 4.0 y su impacto en la cadena de suministro: Impresión 3D, robots, drones, ¿ciencia ficción o realidad cercana? *Manutención y almacenaje: logística, distribución, transporte*, 28-32.
87. MONTAÑEZ BARALLOBRE, O. 2005. *Procedimiento de control de la logística de almacenes*. Tesis para optar por el título de Master en Ingeniería Industrial, UCLV.
88. MORA GARCÍA, L. A. 2011. *Diccionario de Logística y SMC*.
89. MORENO FIGUEREDO, C. 2013. *Cuba hacia 100% con energías renovables* [Online]. Available: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia62/HTML/articulo02.htm> [Accessed febrero, 2018].
90. NURIA. 2017. *Cómo podría ser el almacén logístico del futuro, según Amazon* [Online]. Muy Canal. Available: <https://www.muycanal.com/2017/06/27/almacen-logistico-futuro> [Accessed febrero, 2018].
91. O'BYRNE, R. 2017. *About Warehousing* [Online]. Logistics Bureau. Available: <https://www.logisticsbureau.com/about-warehousing/> [Accessed febrero, 2018].
92. OED 2009. Oxford English Dictionary. Oxford: Oxford University Press.

93. OJEA, L. 2016. *La era de los combustibles fósiles en generación eléctrica llegará a su fin en menos de una década* [Online]. Available: <https://elperiodicodelaenergia.com/la-era-de-los-combustibles-fosiles-en-generacion-electrica-llegara-a-su-fin-en-menos-de-una-decada/> febrero, 2018].
94. ORBEA SAMANIEGO, E. G. 2017. *Presentación biomasa*. Maestría en Gestión de Energía Fuentes Renovables (Biomasa) Modulo IV, Universidad de Cotopaxi
95. ORUNA RODRÍGUEZ, M. Á. 2016. *Procesos Logísticos*. Diplomado de Gestión Administrativa, Universidad de San Martín de Porres.
96. PANAGGIO, M. 2016. *Almacenes 4.0: La automatización* [Online]. OBS. Available: <https://www.obs-edu.com/int/blog-investigacion/logistica/almacenes-40-la-automatizacion> [Accessed febrero, 2018].
97. PCC 2011. *Lineamientos de la Política Económica y Social de la Revolución. VI Congreso del Partido Comunista de Cuba*.
98. PÉREZ, C. 2017. *Tecnologías para optimizar operaciones de almacenamiento en bodegas*. Available: <https://revistadelogistica.com/actualidad/tecnologias-para-optimizar-operaciones-de-almacenamiento-en-bodegas/> [Accessed febrero, 2018].
99. PÉREZ QUINTERO, D. 2013. *Procedimiento de diagnóstico y mejora a los procesos relevantes del almacén (3-8-2) en la UEB Sucursal Villa Clara de Almacenes Universales S.A. Santa Clara*.
100. PL. 2016. *Utilizan caña biomasa para producir electricidad* [Online]. Prensa Latina. Available: <http://www.opciones.cu/cuba/2016-10-05/utilizan-cana-biomasa-para-producir-electricidad/> [Accessed marzo, 2018].
101. QUINTERO GONZÁLEZ, J. R. & QUINTERO GONZÁLEZ, L. E. 2015. *Biomass: production methods, energy potential and environment. I3+ Facultad de Ciencias e Ingeniería*, 2, 28-44.
102. REYES MONTIEL, J. L. 2003. *La biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación ambiental. Centro Azúcar*, 30, 14-21.
103. RMT. 2017. *El futuro de las tendencias logísticas* [Online]. RMT Logistics. Available: <http://www.rmtrade.es/el-futuro-de-las-tendencias-logisticas/> [Accessed febrero, 2018].

104. RODRÍGUEZ-MACHÍN, L., PÉREZ-BERMÚDEZ, R. A., BRETÓN-GLEAN, D. H., ARTEAGA-PÉREZ, L. E. & MEDINA-ÁLVAREZ, B. F. 2014. Empleo de la relación residuo producto para la estimación de biomasa cañera potencial. Caso de estudio. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48, 32-40.
105. RODRÍGUEZ-MACHÍN, L., TROJAHN, S., PÉREZ, L. E. A. & SAMUEL, V. 2013. Movations For Use, Politic-Making And Development Of Biofuels. *Centro Azúcar*, 40.
106. RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ, M. & ORTEGA SEGRERA, T. 1986. Manipulación de materiales. *Edición Avenida del Bosque, Vedado, La Habana*.
107. RODRÍGUEZ PORTALES, E. 2006. *Procedimiento para el mejoramiento de la Gestión de Almacenamiento*. UCLV.
108. RODRÍGUEZ ROEL, R. 2015. Guía de Seguridad en procesos de Almacenamiento y Manejo de Cargas. *FREMAP Mutua Colaboradora con la Seguridad Social Número 61. Madrid, España*.
109. ROQUE ABELLA, R. 2014. *Procedimiento para el mejoramiento de la Gestión Logística de almacenes en la empresa ENCOMIL perteneciente al Grupo Empresarial de la Industria ligera*. Tesis de Pregrado, UCLV.
110. SAHOO, K. & MANI, S. 2017. Techno-economic assessment of biomass bales storage systems for a large-scale biorefinery. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11, 417-429.
111. SALOMÓN, R. 2016. *Cuba, mayor uso de potencial eléctrico de la biomasa cañera* [Online]. Prensa Latina. Available: <http://www.tiempo21.cu/2016/06/07/cuba-mayor-uso-de-potencial-electrico-de-la-biomasa-canera/> [Accessed marzo, 2018].
112. SANTANA ALONSO, A. 2011. *Diagnóstico de la gestión de almacenamiento en la empresa de AUSA Sucursal Villa Clara*. UCLV.
113. SANTILER GONZÁLEZ, M. D. L. C. 2012. *Aplicación de un procedimiento para el mejoramiento del almacén de azúcar refino de la Refinería Chiquitico Fabregat*. Tesis de Pregrado, UCLV.
114. SANTOS COUGIL, J. C. 2011. Definición, función y clases de almacén Available: <http://eldiariodeunlogistico.blogspot.com/2011/09/definicion-funcion-y-clases-de-almacen.html> [Accessed febrero, 2018].

115. SANTOS NORTON, M. L., SOCAS ÁLVAREZ, O., RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Y., SERRANO MANSARROLL, A. & CONDE HERNÁNDEZ, L. 2004. Categorización de almacenes un proceso de mejora continua.
116. SANTOS VÍCTORES, I. P. & HERNÁNDEZ GARCÍA, M. Á. 2017. Cuba y el Socialismo del siglo XXI. *JURIS-Revista da Faculdade de Direito*, 27, 11-24.
117. SCHMIDT, O. & WALTER, K. 1978. Succession and activity of microorganisms in stored bagasse. *European journal of applied microbiology and biotechnology*, 5, 69-77.
118. SPCCG. 2014. ¿Qué es un Almacén? Available: <https://spcgroup.com.mx/que-es-un-almacen/> [Accessed febrero, 2018].
119. SUÁREZ, R., BANBANASTE, R., LOIS, J. & CARVAJAL, O. 1982. *El almacenamiento de bagazo para la industria de derivados*.
120. TORRES GEMEIL, M. & CONEJERO GONZÁLEZ, H. 2000. Desarrollo de la logística en Cuba. *Ponencia en LOGMARK*.
121. TORRES GEMEIL, M. & CONEJERO GONZÁLEZ, H. La logística en Cuba. Ponencia en la II Conferencia Internacional de Ciencias Económicas de la Universidad de Camagüey, Camagüey, 2001.
122. TORRES GEMEIL, M., DADUNA, J. R. & MEDEROS CABRERA, B. 2007. Fundamentos Generales de la Logística. Ciudad de La Habana y Berlín.
123. TRAYNER, P. Bagasse transport and storage for the Pioneer cogeneration project. Proceedings of the 2008 Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists held at Townsville, Queensland, Australia, 29 April-2 May 2008, 2008. Australian Society of Sugar Cane Technologists, 437-448.
124. TRIANA-HERNÁNDEZ, O., LEÓN-MARTÍNEZ, T. S., CÉSPEDES-VÁZQUEZ, M. I. & CÁMARA-PÉREZ, A. 2014. Caracterización de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar almacenados a granel. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48.
125. WALTER, K. Deterioration of bulk-stored bagasse and its preservation by chemical treatment. Proc. ISSCT Conf, 1980. 2473-2481.

Anexos

Anexos

Anexo 1. Avances tecnológicos alcanzados en la actividad de almacenamiento

Avance	Función	Autor
Sistemas de almacenaje robotizado	Compuestos por sistemas de robótica y software avanzado que mejoran la operación en los almacenes, aumentan la rapidez y la fiabilidad de la gestión de mercancías, reducen costos en la gestión de su centro, etc.	(Pérez, 2017)
Sistemas WMS (Warehouse Management System)	Permite llevar un control exacto y en tiempo real de la operación, incrementar la velocidad de las transacciones y tener una amplia visibilidad de los movimientos en la bodega. Identifica las mercancías y muestra su ubicación, administra los recursos cuando van a ser trasladados, regula la mano de obra, elimina los movimientos vacíos y ahorra segundos a la compañía gracias a la precisión de cada desplazamiento dentro de la bodega.	(Pérez, 2017)
Sistemas SGA (Software de gestión de almacenes)	Permite tener el inventario continuamente actualizado y conocer en tiempo real la cantidad y ubicación exacta de cada uno de los productos dentro de la bodega. Significa total trazabilidad, cero pérdidas de material y menores tiempos de búsqueda.	(Pérez, 2017)
Identificación por radiofrecuencia (RFID)	Facilita la lectura simultánea de varios productos evitando pasarlos uno a uno por un dispositivo lector; de esta manera, el almacenista puede conocer el tiempo que el producto estuvo almacenado, en qué sitios, etc. Permite conocer la localización de cualquier mercancía dentro de la cadena de suministro.	(Pérez, 2017)
Voice Picking	Mejora los tiempos de preparación de pedidos en las bodegas, porque permite al operario recibir instrucciones en forma oral, por medio de un auricular y un micrófono, y así quedar con las manos libres para dedicarse a otras tareas.	(Pérez, 2017)
Transelevadores	Recogen y colocan las mercancías en las estanterías, mientras que un software controla las posiciones de los productos almacenados, optimiza los espacios, economiza los movimientos y garantiza la condición	(Panaggio, 2016)

	FIFO (<i>first in – first out</i>).	
Sistemas de transporte de rodillos inteligentes	Llevar el concepto de cintas transportadoras a un nuevo nivel e integran sensores y desviadores automatizados que facilitan la preparación de pedidos y la carga para el despacho.	(Panaggio, 2016)
AGV (Automatic Guided Vehicle)	Vehículos autónomos con una mayor transparencia de procesos, incremento de la productividad y reducción de costes por optimización de los recursos operativos, además de la adaptabilidad a los diversos entornos y su seguridad operativa. Se pueden utilizar desde las aplicaciones simples de transporte hasta en las soluciones de <i>picking</i> complejas, transportando tanto cargas pequeñas como contenedores y/o pallets.	(Panaggio, 2016)
Tecnología máquina a máquina (M2M)	Facilitan el control de todo el equipo dentro del almacén que es vital para el proceso de cumplimiento de pedidos. Ayuda a recopilar y comercializar información que proporciona a los administradores de almacenes información procesable que puede verificar los procedimientos operativos y agilizar las decisiones.	(Arrizabalaga Uriarte, 2017)
Tecnología de optimización de pedidos	Ayudan a automatizar los procesos de almacén y ofrecen una solución más eficiente de menor costo sobre los métodos de <i>picking</i> manual. <u>Pick-to-Light</u>: Dirigen a los operarios de almacén a las ubicaciones del producto. Facilitan a los operarios saber qué productos elegir y cuántos. Tienen la capacidad de planificar, controlar y planificar los volúmenes de pedidos seleccionados. Aumentan la productividad de la cosecha, mejor rendición de cuenta, clasificación de productos o pedidos en tiempo real y menos errores. <u>Put-to-Light</u>: Ayuda a los operadores directos cómo y dónde asignar los productos en un almacén para los pedidos. Tienen la capacidad de ordenar pedidos de alta velocidad, la operación es de menor costo y requieren menos espacio.	(Arrizabalaga Uriarte, 2017)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Desarrollo histórico de la actividad de almacenamiento en Cuba

Etapa	Principales características y acontecimientos
Antes de 1959	• El tiempo en que se medían las reservas del país era por lo general en días o semanas, ya que los ciclos de reaprovisionamiento eran cortos. • La tecnología de almacenamiento estaba poco desarrollada por la posibilidad de contar con una mano de obra barata, lo que no estimulaba su introducción. • Ausencia total en la preparación de personal calificado para los diferentes procesos y funciones de la logística (incluyendo el almacenamiento) excepto en las áreas de diseño y construcción de las obras civiles. • Infraestructura logística basada en instalaciones portuarias que estaban diseñadas para servir al comercio y los servicios de transporte de carga, al igual que los subsistemas de almacenamiento de las empresas de la producción.
(1959-1975)	• El ciclo de reaprovisionamiento de los productos se incrementó, hasta llegar a niveles de cuatro a seis meses. • La infraestructura de almacenes, los medios de manipulación de las cargas y el transporte, no respondían a las nuevas necesidades impuestas por el desplazamiento de los nuevos orígenes de suministro. • No se aplicaba la unitarización de las cargas. En 1972, con la creación de la Comisión de la Carga Unitaria para la República de Cuba, se comienzan a producir paletas planas normalizadas y a divulgarse masivamente las ventajas de la unitarización de las cargas. • Cada ministerio y organismo poseía una organización de abastecimiento independiente de acuerdo a las necesidades y condiciones de cada uno, no existiendo una organización centralizada para el abastecimiento técnico material ni ningún sistema organizado para la determinación de las demandas. • La falta de preparación de especialistas en esta esfera se venía acumulando de la etapa anterior. • Era imprescindible incrementar las capacidades existentes en los almacenes para dar una respuesta acorde a lo que se exigía. • Cada ministerio y organismo construyó sus almacenes o bases de almacenes donde las necesitaba, según su estructura de dirección, la división política administrativa vigente, y las posibilidades constructivas en cada región. Todo esto trajo como resultado que en algunos casos eran sólo almacenes a cielo abierto sin condiciones para una correcta conservación de los productos. • Durante los años 70 se produce un incremento en la cantidad de productos y surtidos obtenidos por la industria debido al desarrollo alcanzado. • En el caso específico de los almacenes, se presentaron serias contradicciones o diferencias que no permitían que estos jugaran el papel que les correspondía. Estas contradicciones son: ✓ El nivel tecnológico de los procesos productivos y los métodos de trabajo en los almacenes. ✓ El nivel de organización en las empresas productoras y la baja organización tecnológica alcanzada en los almacenes. ✓ La calificación de los obreros y técnicos ocupados en los procesos productivos y la baja calificación de los obreros en los almacenes. ✓ Los escasos recursos científicos y técnicos destinados a los almacenes en contraposición a los asignados a la industria. • El almacenamiento presentaba un atraso sustancial en todos sus aspectos, respecto a la mayoría de las ramas económicas del país. Cerca del 65% de las instalaciones destinadas al almacenamiento no eran adecuadas

	por: su poca altura, iluminación deficiente y mal estado de los pisos y techos. El 35% restante, aunque eran instalaciones aceptables, no eran tampoco utilizadas adecuadamente. • El equipamiento de los almacenes estaba, en su mayor parte, constituido por montacargas de más de cuatro metros de pasillo y 3,3 metros de altura de elevación, lo que disminuía considerablemente la utilización del volumen de los almacenes. • La escasez de medios unitarizadores y estanterías limitaba la mecanización de las cargas, la altura de almacenamiento y la adecuada organización y selectividad de los productos en los almacenes.
(1976-1989)	• Creación del <i>Comité Estatal de Abastecimiento Técnico Material</i> (CEATM) que recibió la función rectora de Economía de Almacenes para los medios de producción y el <i>Ministerio del Comercio Interior</i> (MINCIN) para los bienes de consumo, y fue encargado también de las actividades asociadas a los procesos de manipulación y almacenamiento de dichos medios nacionalmente. • Creación de un sistema empresarial de Abastecimiento Técnico Material regido por el CEATM, para medios de producción. • Concentración de los inventarios de productos universales y de equipos y piezas, con criterios uniformes de almacenamiento y distribución. • Se incrementa el acceso a información extranjera actualizada sobre Economía de Almacenes, a través de un Centro de Información creado con este fin. • Se crea el <i>Centro de Investigación y Desarrollo del Abastecimiento Técnico Material</i> (CID-ATM) del CEATM, para contribuir a impulsar esta disciplina con análisis y enfoques más científicos. • El CEATM heredó alrededor de 150 almacenes y bases de almacenes de diferentes ministerios y organismos, ubicados en cerca de 100 lugares diferentes. La mayoría no tenía condiciones tecnológicas, ni constructivas para utilizarlos adecuadamente, a lo que se suma el poco desarrollo alcanzado en la Economía de Almacenes. Sólo en el CEATM, que era la mayor red nacional comercializadora del país con cerca del 25% del total, casi se cuadruplicó el volumen útil de almacenamiento. • Se creó un nuevo espíritu entre los trabajadores de los almacenes y se le dio un carácter más técnico al trabajo en los mismos. • Se definió una política consecuente en lo que respecta a la construcción de almacenes, fundamentalmente dirigida a las características constructivas y la ubicación geográfica. • Fueron diseñados, probados, contruidos y aplicados más de 60 tipos de medios de manipulación y almacenamiento y se produjeron más de 300 000 medios para estos fines. • Los almacenes fueron dotados de una tecnología básica que permitió aumentar el aprovechamiento de las capacidades y la organización de los mismos. • Se incrementó el personal de Educación Superior destinado a la disciplina de manipulación y almacenamiento. • Fue mejorada la estructura del equipamiento en los almacenes, adecuándolos a las necesidades reales (montacargas frontales con elevación hasta seis metros, seleccionadores de pedidos, trilaterales y laterales). • La formación de personal para esta esfera de trabajo, a los diferentes niveles de enseñanza (desde la educación técnico profesional hasta la postgraduada) tuvo un gran auge. • Se llevaron a cabo 37 Eventos Nacionales de Economía de Almacenes, algunos de carácter internacional, y las decenas de encuentros territoriales, provinciales, municipales y empresariales de Economía de Almacenes

	efectuados. • La integración de las funciones logísticas estaba lejos de ser una realidad en esta etapa, sin embargo, se dan saltos cuantitativos y cualitativos, siendo notables los avances en la economía de almacenes y la infraestructura para la transportación y almacenamiento de las cargas. En la misma medida que se desarrolla la base técnico-material de la manipulación y el almacenamiento, también tuvo lugar una evolución en el campo de los conceptos y enfoques. • Se inicia un proceso de cambio en la evolución del pensamiento y actuar de la logística en el país, comenzando el tránsito de la Economía de Almacenes a los procesos de <i>manipulación, almacenamiento y transporte</i> (MAT), almacenamiento y transporte interno, respectivamente.
(1990-2004)	• La escasez de recursos, la paralización de industrias y la falta de transporte, obligan al país a enfrentarse a las nuevas realidades. Este cambio en las relaciones comerciales influyó directamente en la política de abastecimiento, en los canales de distribución internos y en los conceptos existentes hasta esa fecha en lo referido a la Logística. • Descentralización de las importaciones y transformación y creación de canales logísticos. No existe una organización nacional encargada de centralizar la importación y posterior distribución de equipos, piezas, productos y materiales, tal y como lo hacía antes el CEATM, el cual se extinguió en 1994. • Se incrementan las líneas o grupos de productos a distribuir. • Creación de entidades e instrumentos organizativos legales. Con el fin de brindar mayores facilidades al movimiento de las cargas se crearon varias Zonas Francas y entidades "dentro de fronteras" (in bond) en el país.
(2005-Actualidad)	• Centralización de las decisiones económicas relevantes y de los recursos financieros. • Concentración de las importaciones en un grupo reducido de empresas. • Incrementos de la oferta de productos en Moneda Nacional, con una disminución del subsidio a los mismos. • Intensificación del control sobre los recursos materiales. • Reordenamiento de las Zonas Francas. • Reorganización de la logística del transporte en contenedores del país. • Reactivación de las capacidades de almacenamiento existente del <i>Ministerio de Comercio Exterior</i> (MINCEX) y el MINCIN, e inversiones en redes de almacenamiento de alimentos especializadas con silos y sistemas de envasado. • Optimización de la red de almacenes de la Corporación CIMEX S.A. • Reestructuración de los canales de distribución de CUBALSE. • Tanto las acciones de reordenamiento y control como las acciones constructivas, productivas y otras, dan un giro a las actividades logística del país, significándose los volúmenes de mercancías a manipular, transportar y almacenar, lo que impone la reorganización de las redes logísticas que den respuesta al incremento de la actividad, y la misma que dé respuesta al cambio en las características de los productos a circular, dada la reorientación de la economía • El escenario logístico exterior se ve influenciado por los convenios emanados del ALBA, ya que hay un desplazamiento parcial del comercio hacia las Américas, lo que posibilita una estrategia logística con las características de un mercado relativamente cercano en relación a etapas anteriores. • El crédito chino posibilita un aseguramiento de recursos, aunque distantes, que demandan estrategias logísticas diferentes.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Torres Gemeil et al., 2007)

Anexo 3. Principales artículos de la Resolución No. 59/04

Capítulo	Artículos
Capítulo III Del diseño y los requerimientos constructivos	Artículo 6.- Los almacenes son diseñados y construidos teniendo en cuenta los productos a almacenar, el correspondiente flujo tecnológico, la seguridad y protección de las mercancías, los medios, equipos y la instalación. Artículo 7.- Los almacenes techados en su diseño generalmente son de forma rectangular, orientándose el eje longitudinal del almacén perpendicular a la dirección predominante de las brisas. Artículo 8.- Los almacenes deben estar ubicados en lugares altos que no sufran inundaciones y que el terreno tenga un buen drenaje, además alejados de instalaciones o fábricas de sustancias tóxicas. Artículo 11.- En los almacenes grandes techados deben existir como mínimo 2 puertas de acceso a los mismos, cada una tendrá 2.0 m de ancho y 2.1 m de alto como dimensiones mínimas. Artículo 12.- El almacén techado debe disponer de un sistema de iluminación que garantice los niveles de iluminación establecidos para cada área del mismo en correspondencia con la tecnología utilizada. No se permiten ubicar las luminarias encima de estibas o estanterías. Artículo 13.- El almacén techado cuenta con un sistema de ventilación natural o artificial adecuado a sus características, que garantice las condiciones óptimas para los productos a almacenar y el personal del almacén.
Capítulo IV De los almacenes	Sección Primera REGULACIONES GENERALES Artículo 15.- Los productos alimenticios son almacenados en instalaciones techadas y cerradas y los productos no alimenticios en techadas y no techadas, cerradas, abiertas y semiabiertas de acuerdo a las características de los mismos. Artículo 16.- Los productos en el almacén deben ser colocados de forma tal que garanticen la menor cantidad y frecuencia de recorridos internos. Artículo 17.- Los almacenes para su buen funcionamiento deben estar limpios y ordenados, así como los productos colocados en los mismos. Artículo 18.- Para la correcta explotación de las áreas de la instalación se utilizan diferentes medios para el almacenamiento de las cargas, como son: estanterías, paletas, plataformas, autosoportantes, cajas paletas, entre otros Artículo 21.- Los esquemas de carga para cada producto se conforman de forma tal que no se violen los parámetros de uso de los medios unitarizadores en cuanto a peso y superficie utilizada. Artículo 23.- El almacén debe disponer de un sistema de señalización, donde se muestren de forma visible los pasillos, las estibas, columnas y alojamientos destinados al almacenamiento de productos. Artículo 28.- Se deben respetar las marcas gráficas de los envases y embalajes de los productos ubicados en las áreas de almacenamiento. Sección Segunda DE LOS ALMACENES GRANDES Artículo 31.- Los almacenes tienen bien definidas las superficies con destino a las diferentes funciones principales del almacenamiento, que deberán señalizarse con líneas pintadas sobre el piso. Estas superficies son: • Recepción • Despacho • Estiba directa Artículo 33.- Cuando el almacén tiene instalado Sistemas Automáticos de Extinción de Incendios la distancia mínima entre la parte más baja del rociador y la parte superior de la estiba, estantería u otros medios es de 0.45 m. Artículo 37.- El almacén debe contar con un área determinada para averías, mermas, productos afectados, decomisados, entre otros.

	Sección Tercera DE LOS ALMACENES PEQUEÑOS Artículo 39.- Los productos perecederos ubicados en kioscos, contenedores y otros locales similares que constituyen depósitos o stocks de almacenamiento de las unidades son almacenados con un régimen adecuado de conservación atendiendo a las especificaciones de calidad de los productos. Artículo 41.- En las cámaras refrigeradas de productos alimenticios se colocan los alimentos crudos en los niveles más bajos de los estantes y los productos listos para el consumo en los niveles superiores de los mismos.
Capítulo V De la higiene	Artículo 42.- Los pisos de los almacenes deben estar libres de desechos sólidos, grasas, combustibles y alimentos. Artículo 44.- Los equipos y medios de almacenamiento y de medición en los almacenes de alimentos no deben representar riesgos de contaminación. Artículo 45.- Los almacenes deben contar con un programa de control de plagas, efectuando las fumigaciones cuando sean requeridas.
Capítulo VI De la seguridad y protección	Artículo 46.- Cada instalación debe disponer de puntos de extinción contra incendios equipados con los medios necesarios para hacer frente a cualquier contingencia, así como cumplimentar las Normas Cubanas de protección contra incendios vigentes, tanto en los requerimientos constructivos como en los de explotación. Artículo 48.- En cada instalación se debe aplicar las fichas de seguridad de los productos peligrosos sobre su manipulación y almacenamiento. Artículo 49.- Los almacenes deben contar con un Plan de Emergencia debidamente actualizado, que será de conocimiento por los jefes y obreros del lugar. Artículo 51.- En los almacenes se debe tener delimitado el nivel de acceso a su interior. Artículo 55.- Todos los almacenes deben estar protegidos con aterramiento contra cargas electrostáticas. Artículo 56.- Para la protección de los objetivos económicos en los almacenes se posee un cuerpo de seguridad que garantice la integridad de la instalación y los recursos que se almacenan. Artículo 57.- Los almacenes para su buen funcionamiento tienen que tener en buen estado técnico las instalaciones eléctricas y sus dispositivos de seguridad.
Capítulo VII De la defensa	Artículo 59.- Los almacenes deben cumplir con todas las indicaciones y directrices del órgano superior para esta actividad, con el fin de preservar sus objetivos, dentro de los lineamientos nacionales referidos a la defensa del país. Artículo 60.- Las entidades deben programar y desarrollar la preparación del personal para las distintas tareas y misiones que se deriven de situaciones especiales.
Capítulo VIII Del control estatal	Artículo 61.- El Ministerio de Comercio Interior como rector de la Logística de Almacenes, dirige, coordina y controla integralmente el cumplimiento de este reglamento, en coordinación con los Organismos que integran el Grupo de Trabajo para la Rectoría de la Logística de Almacenes del país, así como con el resto de los Organismos de la Administración Central del Estado y de los Consejos de la Administración Provinciales. Artículo 62.- El control sobre el cumplimiento del reglamento se realiza a través de: • Los Controles y Recontroles Gubernamentales. • El Sistema de Inspección Estatal de los Organismos que integran el Grupo de Trabajo Nacional para el ejercicio de la rectoría de la logística de almacenes. • Los Especialistas de logística de almacenes del Ministerio del Comercio Interior y del resto de los Organismos para sus propios sistemas.

Fuente: Elaboración propia a partir de (59/04, 2004)

Anexo 4. Principales artículos de la Resolución No. 153/07

Capítulo	Artículos
Capítulo I Procedimiento para la implementación del expediente logístico de almacenes, denominado EXPELOG	Artículo 3.- El Expediente Técnico del Almacén se compone de los elementos técnicos más importantes del mismo, los que se mantienen estáticos en un período de tiempo largo como son: - Distribución en Planta con el esquema tecnológico de almacenamiento potencial, en un plano no menor de 8' x 11', que deberá estar visible en un mural habilitado a tales efectos, con las especificaciones del almacén: medidas en m - largo, ancho y alto, puntal libre y altura promedio de estiba potencial; en m2 - área total y útil; en m3 volumen total y volumen útil; delimitación de las áreas del almacén: área de recepción, de estiba directa, y despacho. Se reflejará además la ubicación geográfica del almacén, así como la identificación de este con el nombre y entidad a la que pertenece visible al público y el horario de apertura y cierre de la instalación (Modelo I y II). En el anexo I se ejemplifica con un almacén de productos alimenticios. - Control de inventarios de equipos de manipulación e izaje, con el inventario actualizado de la existencia, así como el estado técnico de estos equipos, tales como: montacargas, esteras transportadoras, transpaletas y carretillas. (Modelo III). - Control de inventarios de medios de almacenamiento, existencia y estado técnico de: paletas de intercambio, portuarias y otras, cajas paletas y estanterías. (Modelo III). - Control de inventarios de medios de medición, existencia y estado técnico, todos con su certificación de apto para el uso y vencimiento de esta condición de: básculas de plataformas para camiones, básculas mecánicas y semiautomáticas y pesas para picos. (Modelo III). - Sistema de ventilación utilizado: forzada o natural. Existencia y necesidad de extractores y monitores, así como el estado técnico de los mismos. (Modelo IV). - Sistema de iluminación utilizado: natural o artificial. Cantidad de luminarias en existencia y necesidad, así como el estado técnico de las mismas. (Modelo IV). - Estado constructivo del almacén. Se describirá la evaluación de este estado en: bueno, regular y malo de los siguientes elementos: piso, paredes, techos, puertas y ventanas. (Modelo IV). Artículo 4.- Cada almacén debe contar con un método de control y ubicación de los productos que se almacenan, mediante procedimiento escrito que facilite la localización de los productos, el cual pueda ser verificado para comprobar su uso y utilidad. Artículo 5.- El almacén debe contar con los Documentos Normativos fundamentales relacionados con la actividad logística que realice, atendiendo a la tecnología empleada y al producto almacenado. Artículo 6.- En cada almacén se debe establecer el Sistema de Seguridad y Protección que corresponda, donde se especifica el Plan de Emergencia contra Incendios e Intrusos, velándose porque la instalación tenga los puntos contra incendios activados y en buen estado de funcionamiento y que la edificación ofrezca seguridad contra escalamientos, penetración por techos, monitores, entre otros. Artículo 7.- En el expediente logístico se recogen los elementos primarios de la Trazabilidad en la recepción de cada producto, que es el rastreo desde el origen del producto, para conocer el tratamiento aplicado al mismo, tales como acciones fitosanitarias u otras para poder trazar las nuevas acciones de conservación. Los elementos a tener en cuenta entre otros serán: fecha de producción o cosecha, número del lote, fecha de vencimiento del producto, cantidad y fecha(s) de

	fumigación, tratamiento químico y tipo de producto utilizado; estos elementos de la trazabilidad se reflejarán en una tarjeta habilitada en cada estiba del producto. Artículo 8.- El proceso de almacenamiento y conservación de los productos incluye al “Programa de Control de Plagas”, que es el procedimiento general que necesitan todos los productos y en particular aquellos que requieran de tratamiento específico. Artículo 9.- Se debe reflejar en el EXPELOG el procedimiento mediante el cual se controle la Rotación de los Productos, que garantice que salga del almacén en el caso de los perecederos el que primero venza y en los no perecederos el que primero entró. Artículo 10.- En el expediente logístico de Almacenes se refleja el Registro de Control de las fechas de vencimiento de cada producto que corresponda. Artículo 11.- Las entidades que poseen almacenes o que son propietarias de la mercancía almacenada en instalaciones arrendadas, tienen la responsabilidad de reproducir los documentos constitutivos del Expediente Logístico de cada almacén y adoptarán las medidas organizativas necesarias para que el mismo se mantenga actualizado y en buen estado de conservación.
Capítulo II Procedimiento para la categorización de los almacenes	SECCION SEGUNDA Sobre la planificación, propuesta y solicitud de categorización Artículo 14.- A partir de la presente, la Dirección de Logística Integral del Ministerio del Comercio Interior de conjunto con los Organismos de la Administración Central del Estado, Consejos de la Administración Provinciales y del municipio Especial Isla de la Juventud, Corporaciones y Entidades Nacionales, planificarán anualmente las entidades cuyos almacenes serán objeto de categorización. Artículo 15.- La propuesta de categorización será enviada por los Organismos, Consejos de la Administración Provinciales, Corporaciones y Entidades a las Delegaciones o Áreas de Trabajo de las Funciones Rectoras y Estatales de cada provincia, las cuales determinarán si la misma cuenta con los requisitos mínimos indispensables para la categorización. Artículo 16.- Las solicitudes de almacenes a categorizar, propuestos por los Organismos, Consejos de la Administración Provinciales, Corporaciones y Entidades deben acompañarse de un breve informe de la situación que presenta el almacén a categorizar, respecto a los temas de la guía evaluadora. Artículo 17.- Una vez recibido el plan de almacenes a categorizar por cada Organismo de la Administración Central del Estado, Consejo de la Administración Provincial, Corporación y Entidad será propuesto por la Dirección de Logística Integral al Viceministro que atiende la logística de almacenes del Ministerio del Comercio Interior para su aprobación y control, durante el año. SECCION TERCERA Sobre los niveles Artículo 18.- Los niveles de categorización a obtener por un almacén de acuerdo a los requisitos establecidos son los siguientes: a) Primer nivel: Cuando los Productos se almacenan en condiciones que garanticen los requerimientos imprescindibles para un adecuado control y conservación de los mismos. b) Segundo Nivel: Cuando se realiza el almacenamiento con una adecuada correspondencia entre los productos y la tecnología y se comienza a trabajar en el enfoque hacia el cliente. c) Tercer nivel: Considera el almacenamiento de los productos con enfoque al cliente y se adecua su rigurosidad y funcionamiento a la necesidad del mismo (incluye entre otros, agilidad, eficiencia, horario e imagen). d) Sin Categorización: Cuando se tenga algún requisito invalidante en el proceso de evaluación para la categorización del Primer Nivel. Artículo 19.- Para que el almacén obtenga la condición de Segundo y Tercer

	Niveles Tecnológicos es condición indispensable que reúnan los requisitos de los niveles que lo preceden. (Anexo II) SECCIÓN CUARTA Comisión evaluadora Artículo 20.- Las Delegaciones o Áreas de Trabajo de las Funciones Rectoras y Estatales de cada provincia ejecutan la categorización de los almacenes a su instancia atendiendo a los lineamientos de trabajo emanados por la instancia nacional y serán responsables de crear la Comisión Evaluadora conformada por especialistas del territorio con experiencia sobre logística de almacenes. Artículo 21.- La Comisión confirmará la realización del trabajo de categorización a la entidad planificada, con 15 días de antelación a la fecha acordada. Artículo 22.- Concluida la tarea de categorización del almacén de la entidad en cuestión, la comisión confecciona el dictamen de categorización integrado por el acta con el resultado final de la evaluación realizada, la propuesta de categorización alcanzada y las deficiencias encontradas. Este dictamen se entregará al director de la entidad del almacén evaluado, ante de las 24 horas después de finalizado el trabajo. Artículo 23.- El director de la empresa de los almacenes categorizados, es responsable con el cumplimiento del Plan de Medidas a resolver dejado por la Comisión Evaluadora. SECCIÓN QUINTA Sobre los certificados de categorización Artículo 24.- La Dirección de Logística Integral del Ministerio del Comercio Interior emitirá los Certificados de Categorización, una vez recibidos los dictámenes aprobando la categorización correspondiente. Artículo 25.- El Certificado de Categorización entregado tendrá una vigencia de 3 años para los almacenes que en su evaluación final obtengan Categoría I, II y III, y para los almacenes que obtengan Sin Categoría tendrán que solucionar las deficiencias señaladas en el Plan de Medidas, para solicitar una nueva categorización. SECCIÓN SEXTA Sobre la certificación de las entidades Artículo 26.- La Certificación de la Logística de Almacenes para los Organismos de la Administración Central del Estado, Corporaciones y Entidades Nacionales se otorga cuando todas las entidades subordinadas a los mismos obtengan tal condición en las diferentes instancias y se realiza por el Viceministro del Ministerio del Comercio Interior correspondiente. Artículo 27.- Las Delegaciones o Áreas de Trabajo Provinciales de las Funciones Rectoras y Estatales son responsables de evaluar y otorgar la condición de “Logística de Almacenes Certificada” a las empresas y entidades provinciales que tengan todos sus almacenes categorizados y una vez obtenida la misma, pueden perder esta condición si alguno de sus almacenes no es merecedor de la certificación. Por ello es facultad de la Delegación o Área Provincial retirar el certificado al almacén o entidad correspondiente en el momento preciso.
--	---

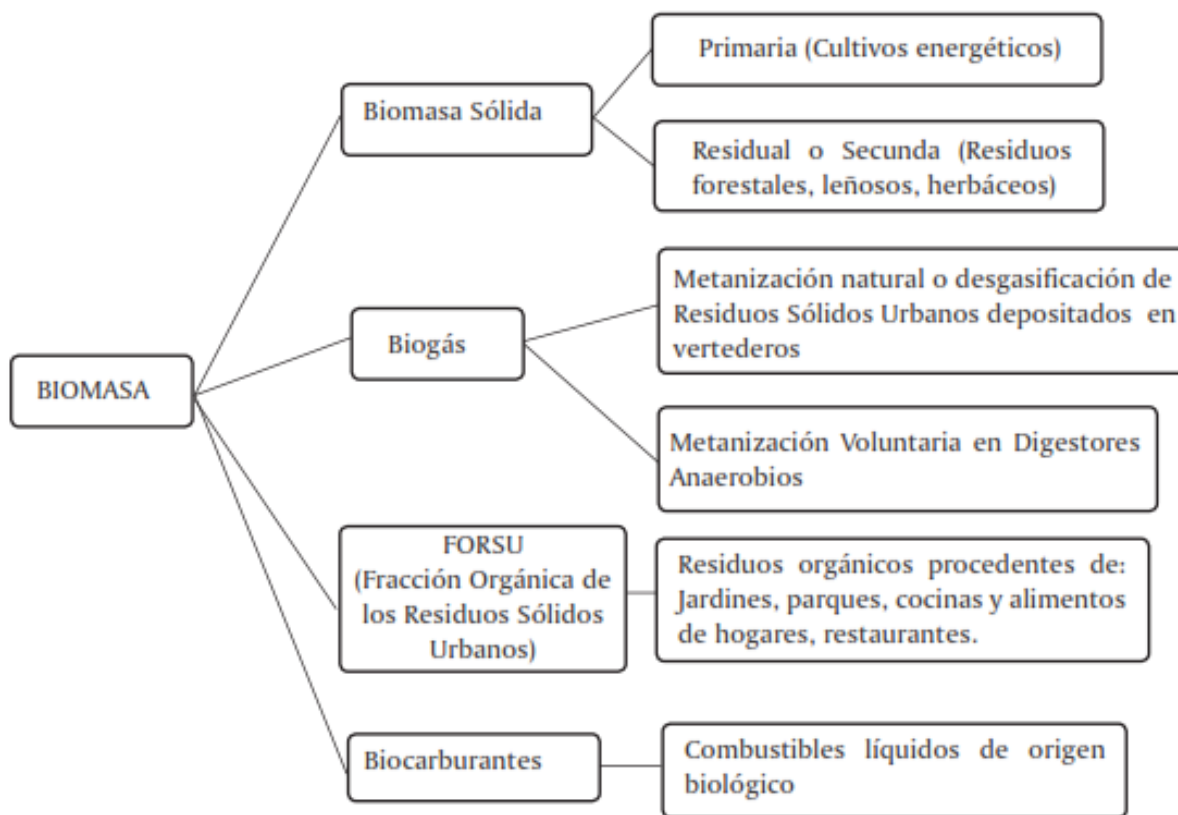
Fuente: Elaboración propia a partir de (153/07, 2007)

Anexo 5. Principales normas cubanas sobre almacenamiento

Norma	Nombre
NC 01-04-1:79, 1979	Ordenamiento y regulaciones generales. Marcas gráficas de las cargas. Marcas de manipulación.
NC 19-04-11:79, 1979	Colores y señales de seguridad.
NC 19-01-11:81, 1981	Iluminación. Requisitos generales higiénico-sanitarios
NC 19-03-05:82, 1982	Sistema de normas de protección e higiene del trabajo. Envase y embalaje. Requisitos generales de seguridad. (Obligatoria)
NC 91-01:83, 1983	Carga unitaria. Paletas. Términos y definiciones.
NC 91-04:83, 1983	Carga unitaria. Paletas planas, de doble piso de uso general. Especificaciones generales de proyecto.
NC 91-32:84, 1984	Equipos de manipulación de las cargas. Términos y definiciones.
NC 91-33:84, 1984	Carga unitaria. Contenedores de la serie 1. Manipulación y aseguramiento.
NC 91-39:85, 1985	Equipos de manipulación de las cargas. Transpaletas. Términos y definiciones.
NC 91-45:86, 1986	Manipulación y almacenamiento de bienes de consumo. Términos y definiciones.
NC 91-46:87, 1987	Almacenamiento y carga unitaria. Paletas cajas metálicas. Especificaciones generales de calidad.
NC 91-48:87, 1987	Almacenamiento y carga unitaria. Manipulación y estiba en contenedores de la serie I. Requisitos generales y básicos.
NC 96-02-02:87, 1987	Protección contra incendios. Construcción de edificios industriales y almacenes. Requisitos generales. (Obligatoria)
NC 96-02-09:87, 1987	Sistema de normas de protección contra incendio. Protección contra las descargas eléctricas atmosféricas.
NC 96-02-16:87, 1987	Edificios para almacenar líquidos inflamables y combustibles.
NC 96-02-19:87, 1987	Construcción de edificios para almacenamiento de sólidos combustibles. Requisitos generales.
NC 19-03-03:88, 1988	Requisitos de carga y descarga. Requisitos generales de seguridad (Obligatoria)
NC 53-37:88, 1988	Proyecto de construcción. Almacenes techados cerrados.
NC ISO 3864:2003, 2003	Sistema de normas de protección e higiene del trabajo. Colores y señales de seguridad (Obligatoria)
NC ISO 780:2006, 2006	Ordenamiento y regulaciones generales. Marcación de las cargas. Marcas de manipulación.
NC 85:2013, 2013	Azúcar crudo de caña. Especificaciones.
NC 492:2014, 2014	Almacenamiento de alimentos. Requisitos sanitarios generales.

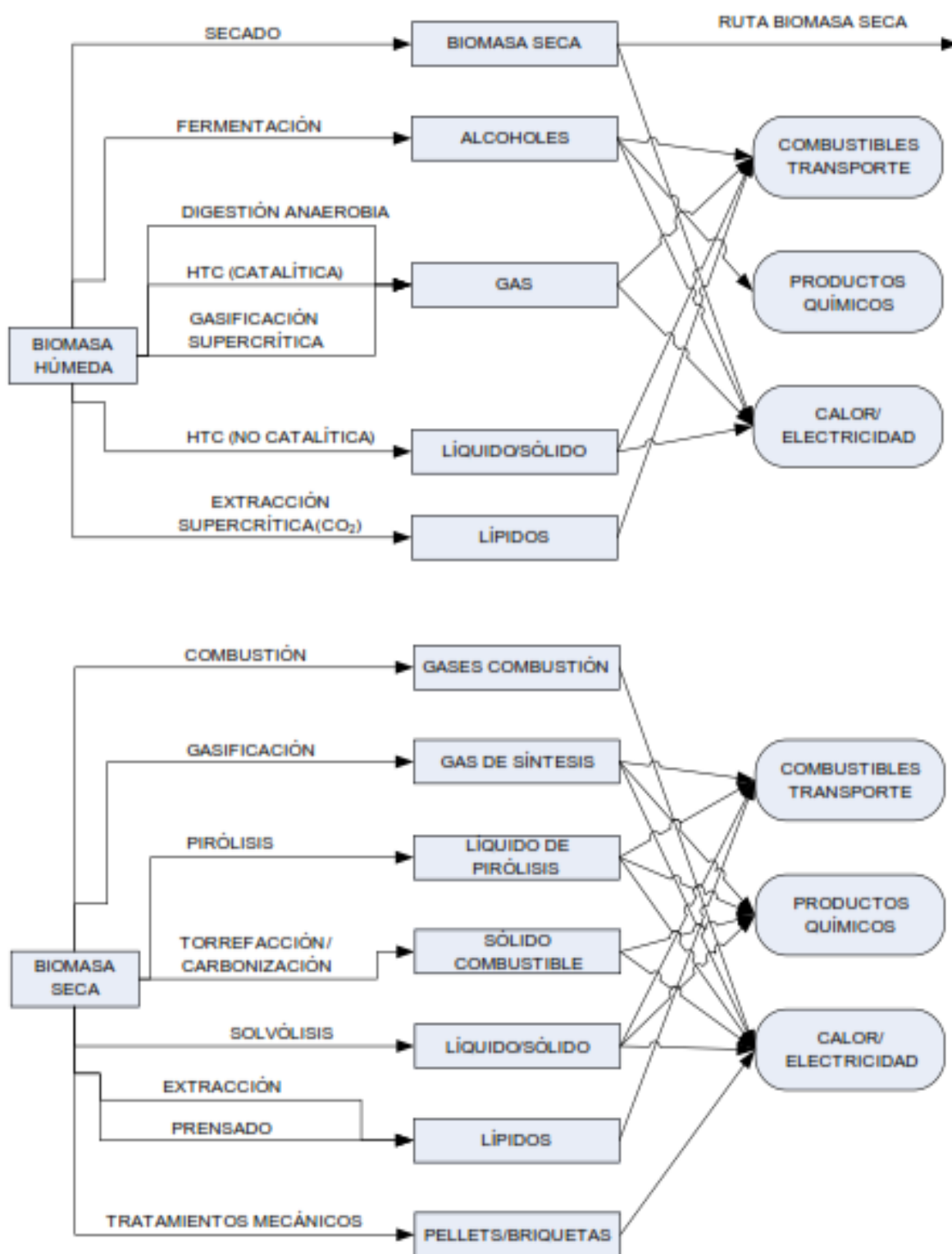
Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Tipos de biomasa y su modo de producción



Fuente: (Quintero González y Quintero González, 2015)

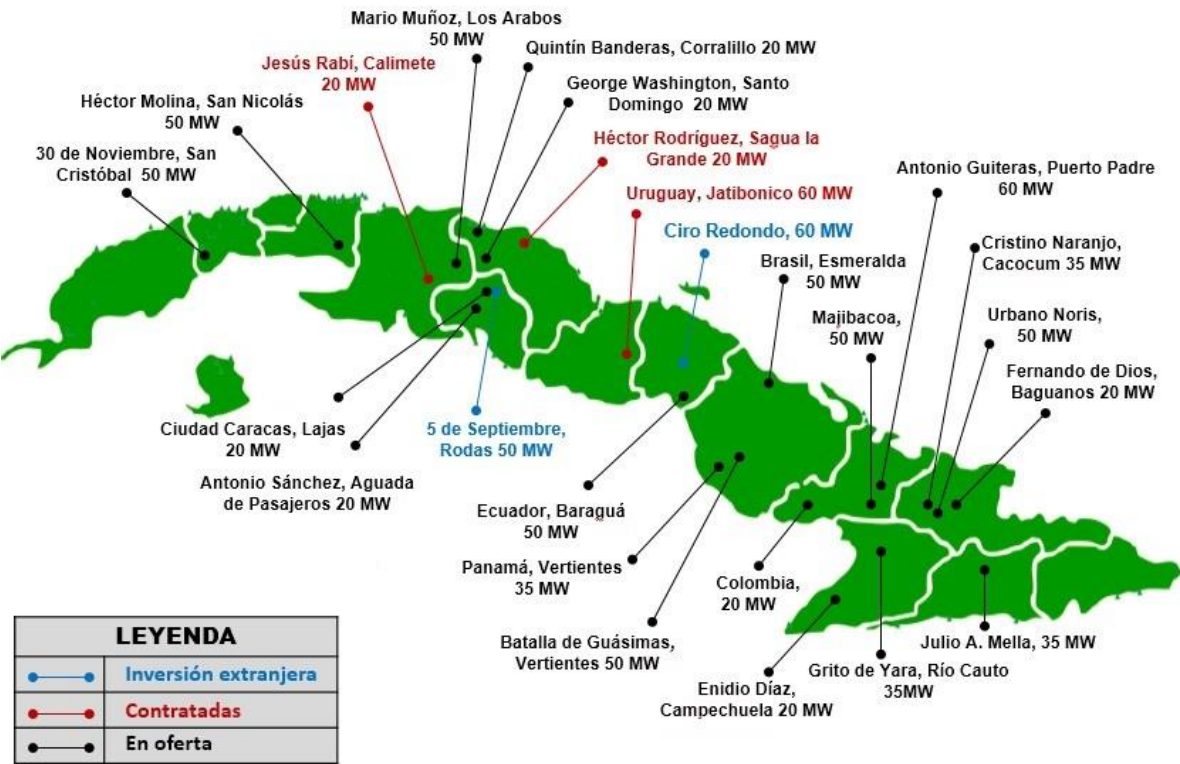
Anexo 7. Tecnologías de conversión de la biomasa



Fuente: (Arauzo et al., 2014)

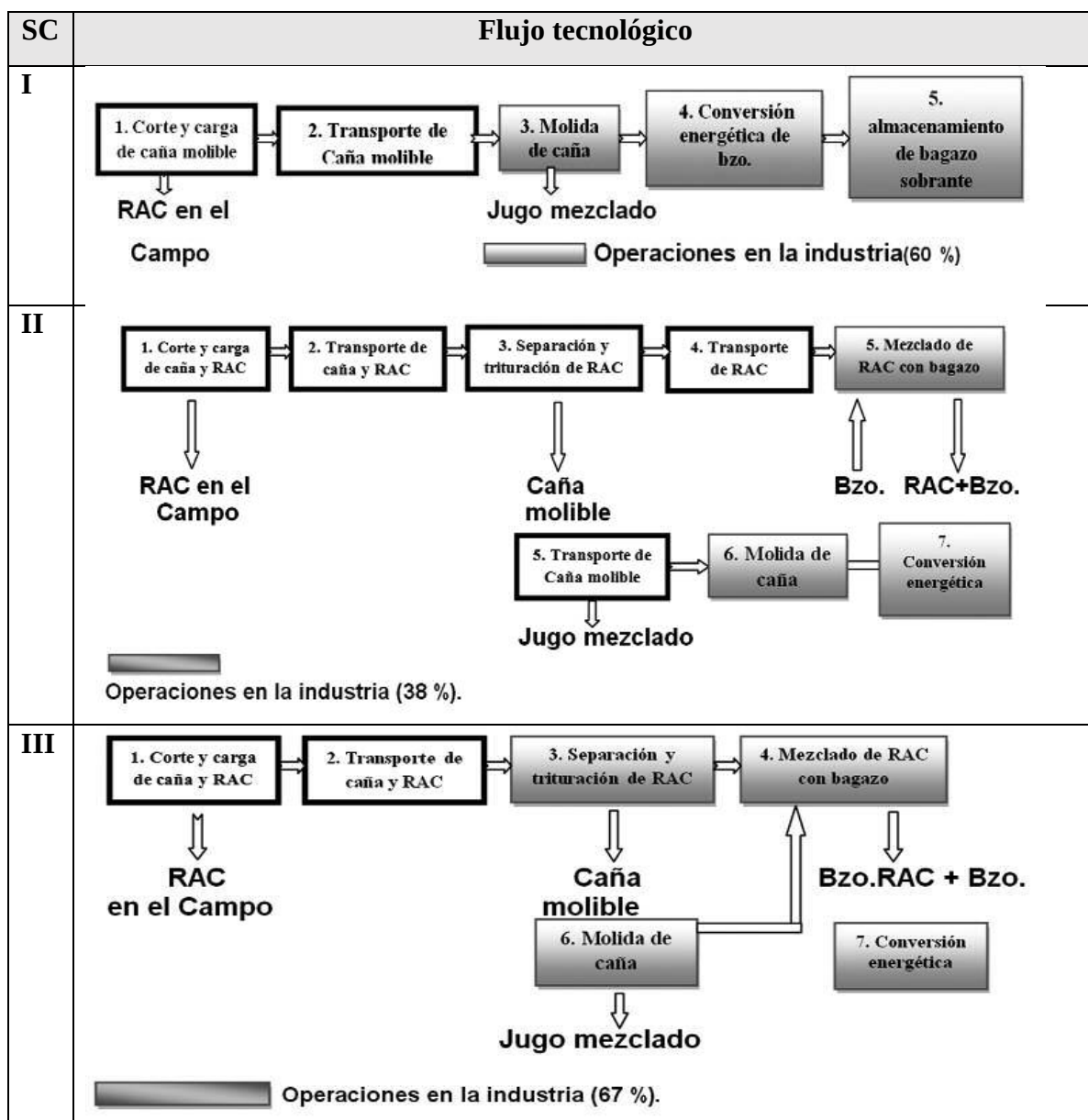
Anexo 8. Distribución y capacidad de las bioeléctricas en Cuba

Bioeléctricas



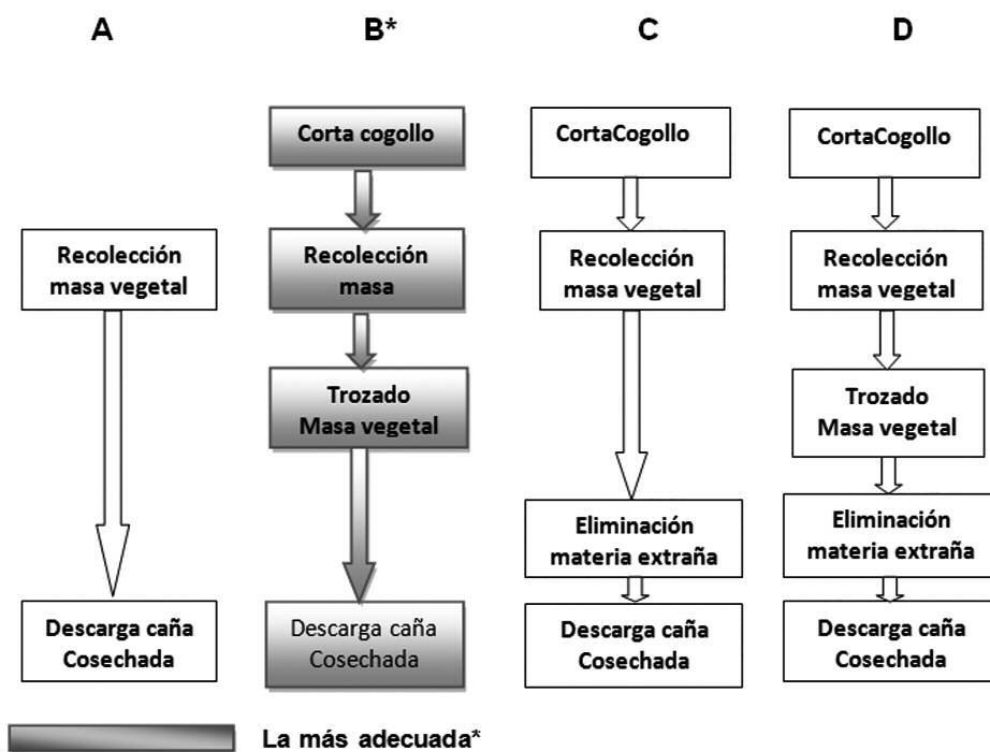
Fuente: (Jiménez Borges et al., 2017b)

Anexo 9. Flujos tecnológicos para el aprovechamiento de los RAC en los SC I, II y III



Fuente: Elaboración propia a partir de (Aguilar-Pardo y Aguilar-Estrada, 2017)

Anexo 10. Características de las máquinas cosechadoras



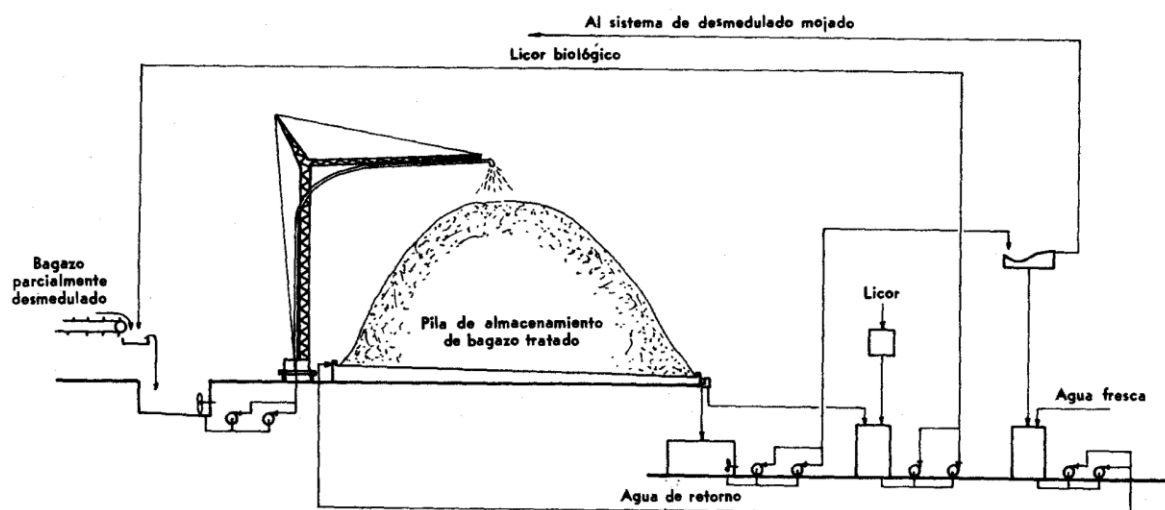
Fuente: (Aguilar-Pardo y Aguilar-Estrada, 2017)

Anexo 11. Métodos de almacenamiento de bagazo a granel: cubierto y descubierto



Fuente: (Trayner, 2008)

Anexo 12. Sistemas de almacenamiento a granel con tratamiento microbiológico



Esquema del almacenamiento por el sistema Ritter (Ledesma, Argentina).

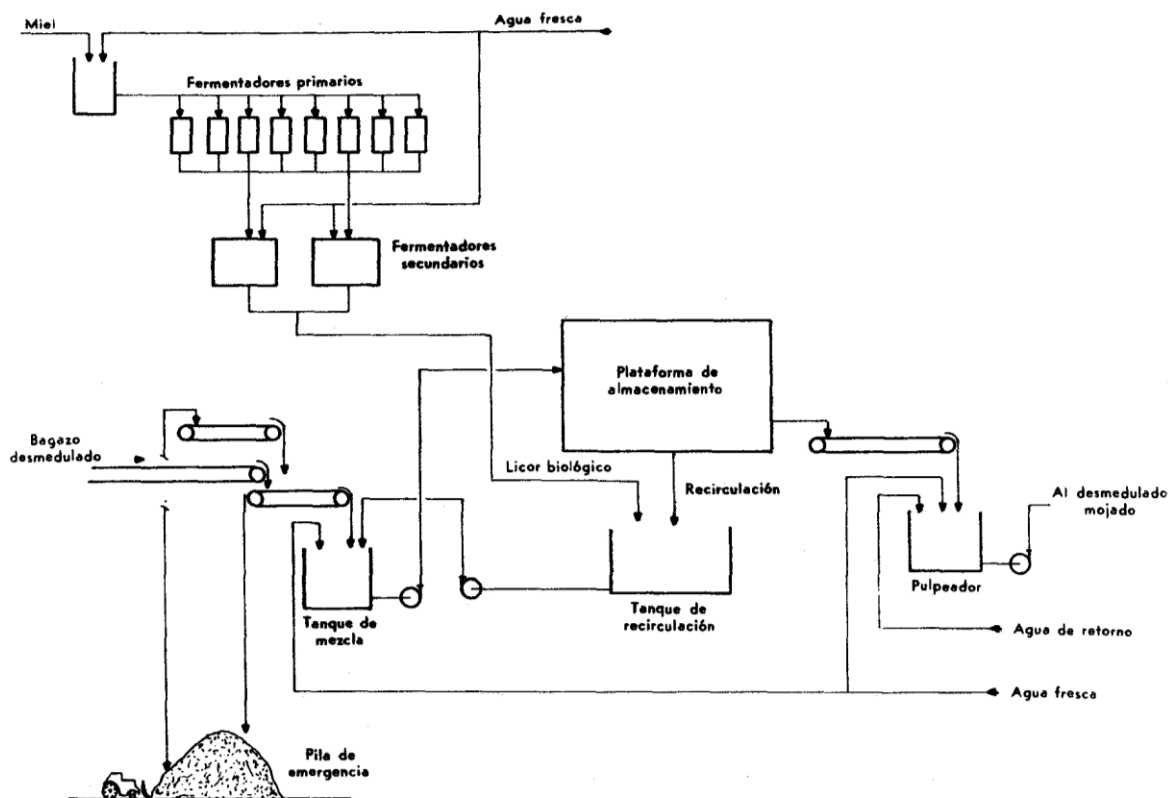
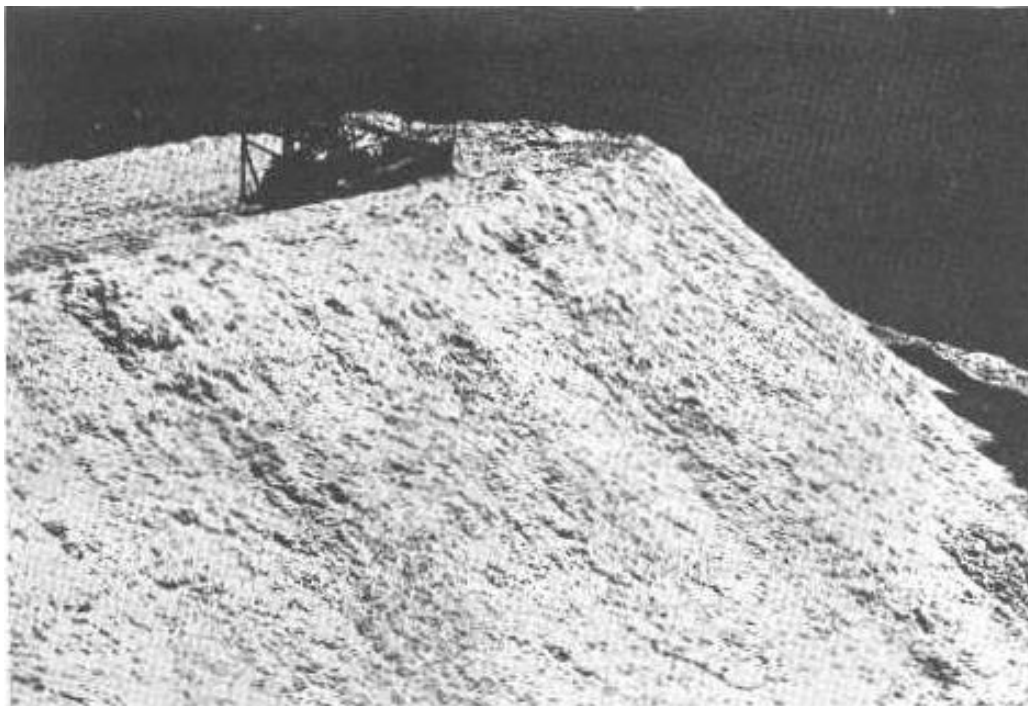


Diagrama de flujo del almacenamiento microbiológico en el Proyecto "Cuba-9"

Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 13. Sistemas de almacenamiento a granel con adición de agua en húmedo



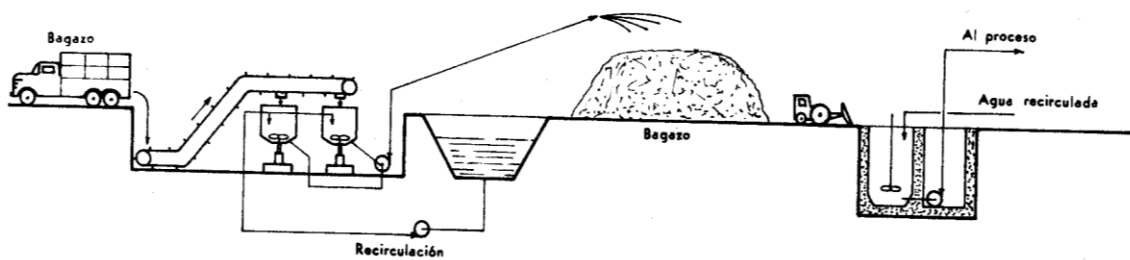
Almacenamiento a granel con formación mediante cargadores
("Técnica Cubana", Cuba)



Almacenamiento a granel con formación mediante conductor
elevado (Combinado "Uruguay", Cuba)

Fuente: (Suárez et al., 1982)

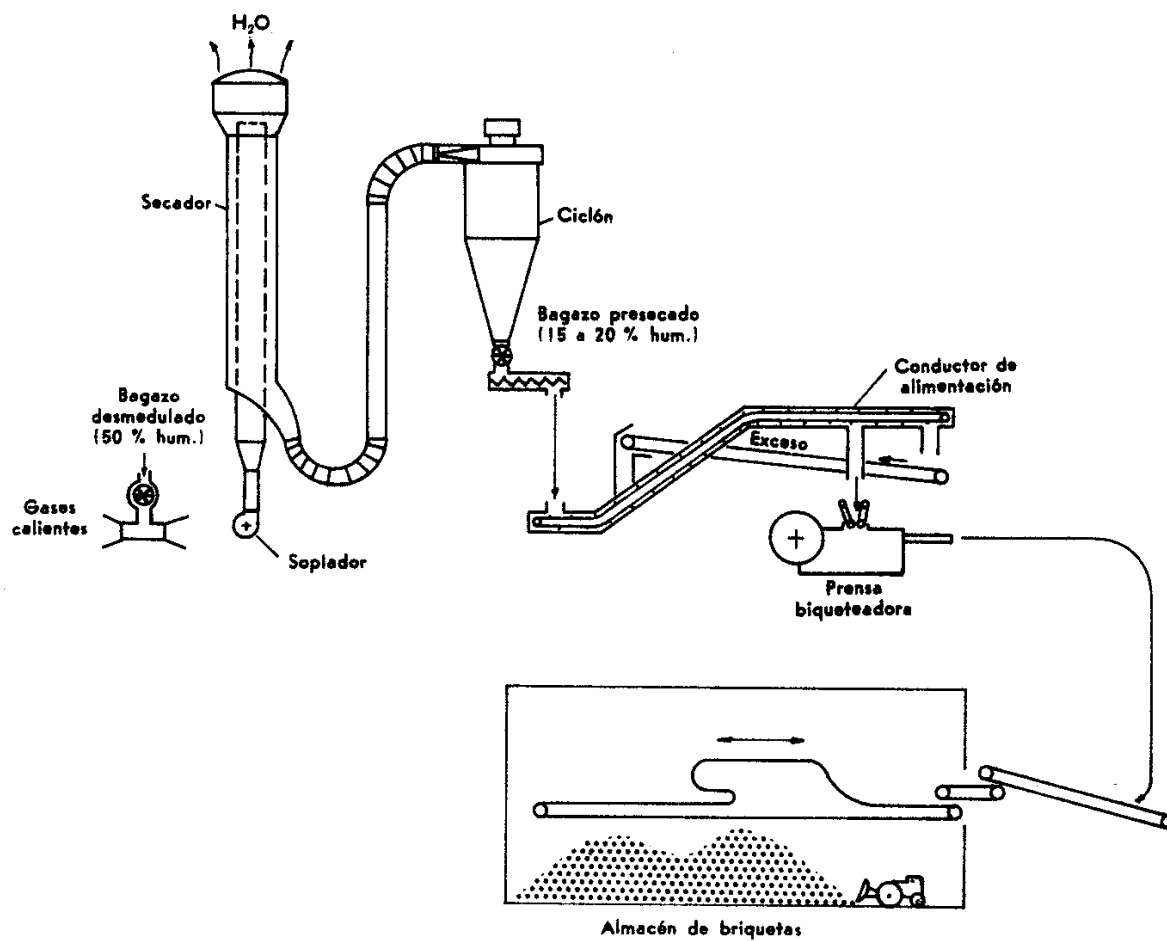
Anexo 14. Sistemas de almacenamiento a granel con adición de agua en suspensión



Sistema de almacenamiento con formación por suspensión
(Kimberly Clark, México)

Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 15. Esquema de un sistema de compactación de bagazo en briquetas



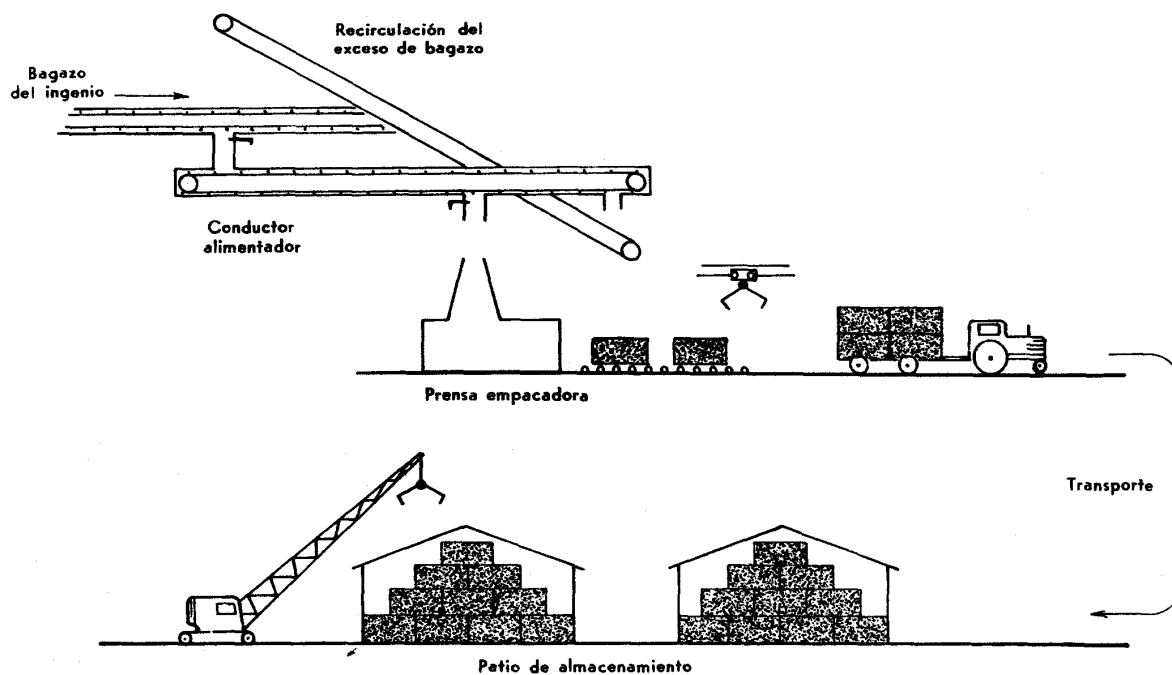
Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 16. Método de almacenamiento de bagazo compactado en pacas



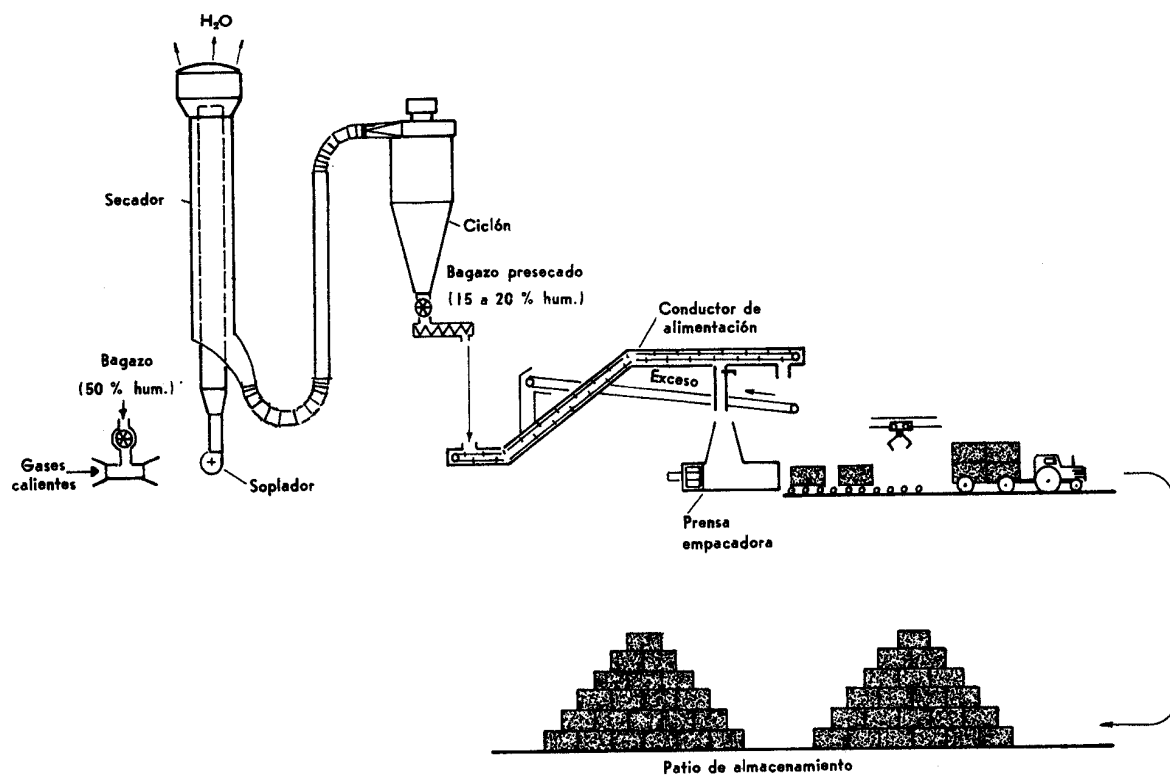
Fuente: (Llanez Gil López, 2012)

Anexo 17. Esquema de un sistema de compactación de bagazo en pacas húmedas



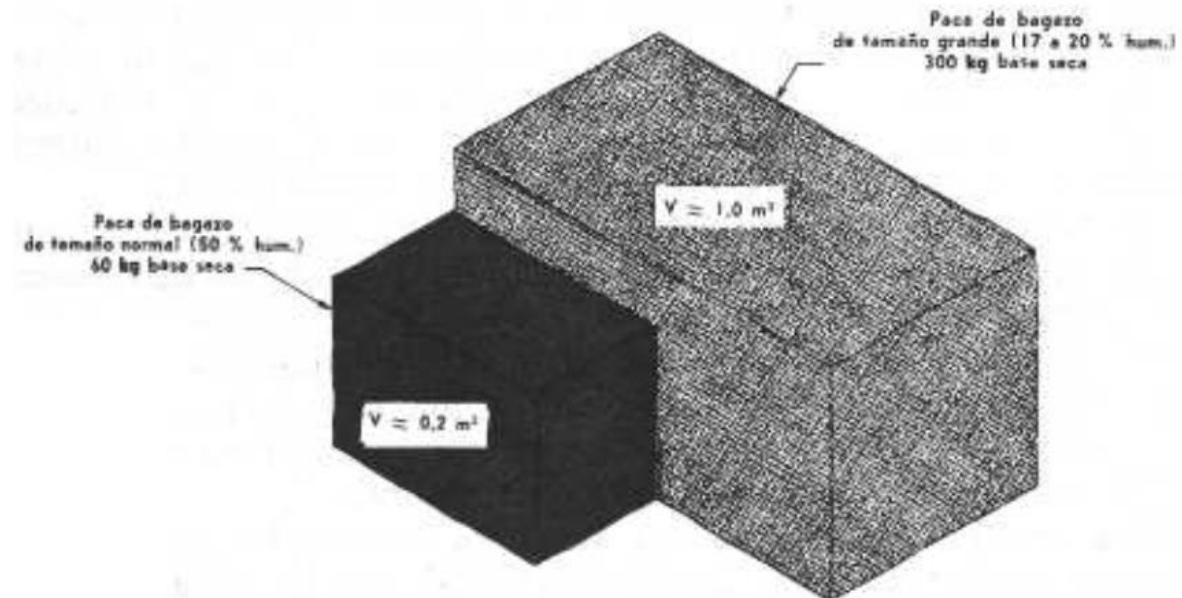
Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 18. Esquema de un sistema de compactación de bagazo en pacas pre-secadas



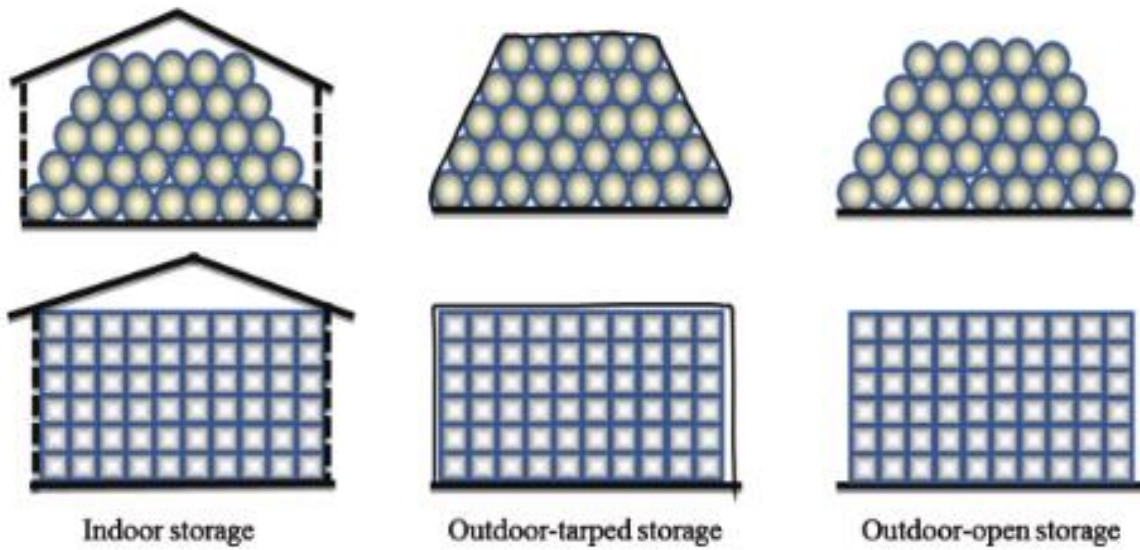
Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 19. Tamaño comparativo de las pacas húmedas y pre-secadas



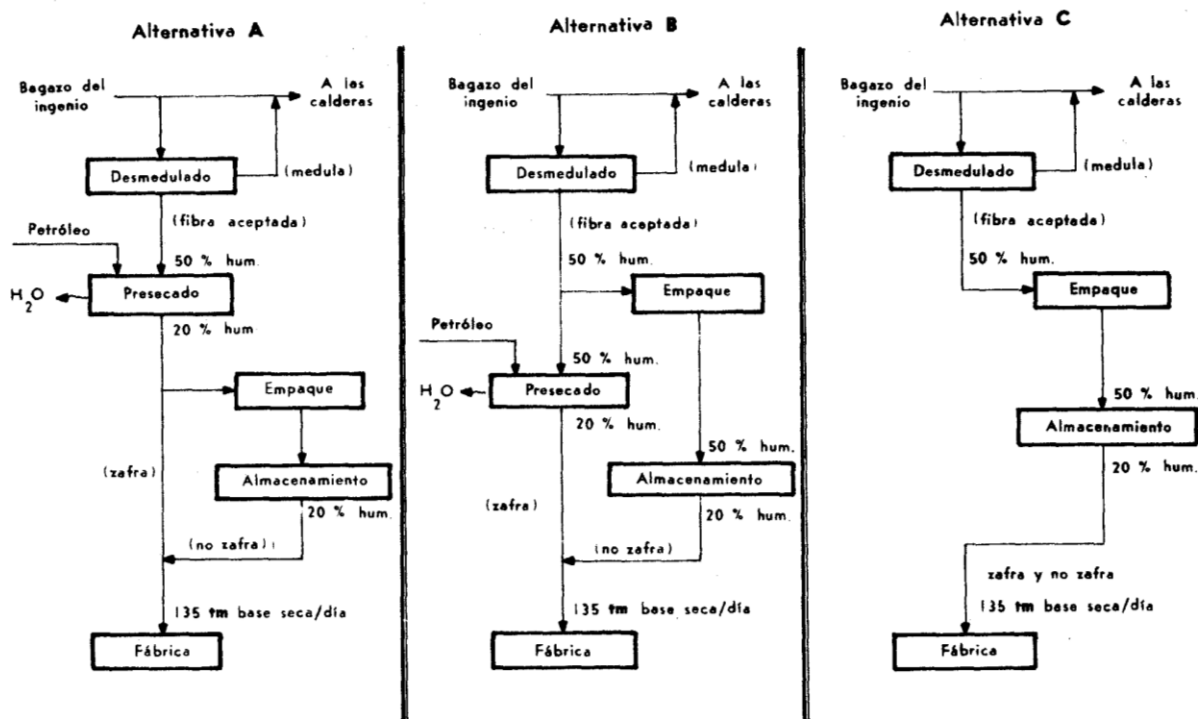
Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 20. Métodos de almacenamiento de pacas cilíndricas y rectangulares



Fuente: (Sahoo y Mani, 2017)

Anexo 21. Alternativas de los métodos de almacenamiento de bagazo en pacas



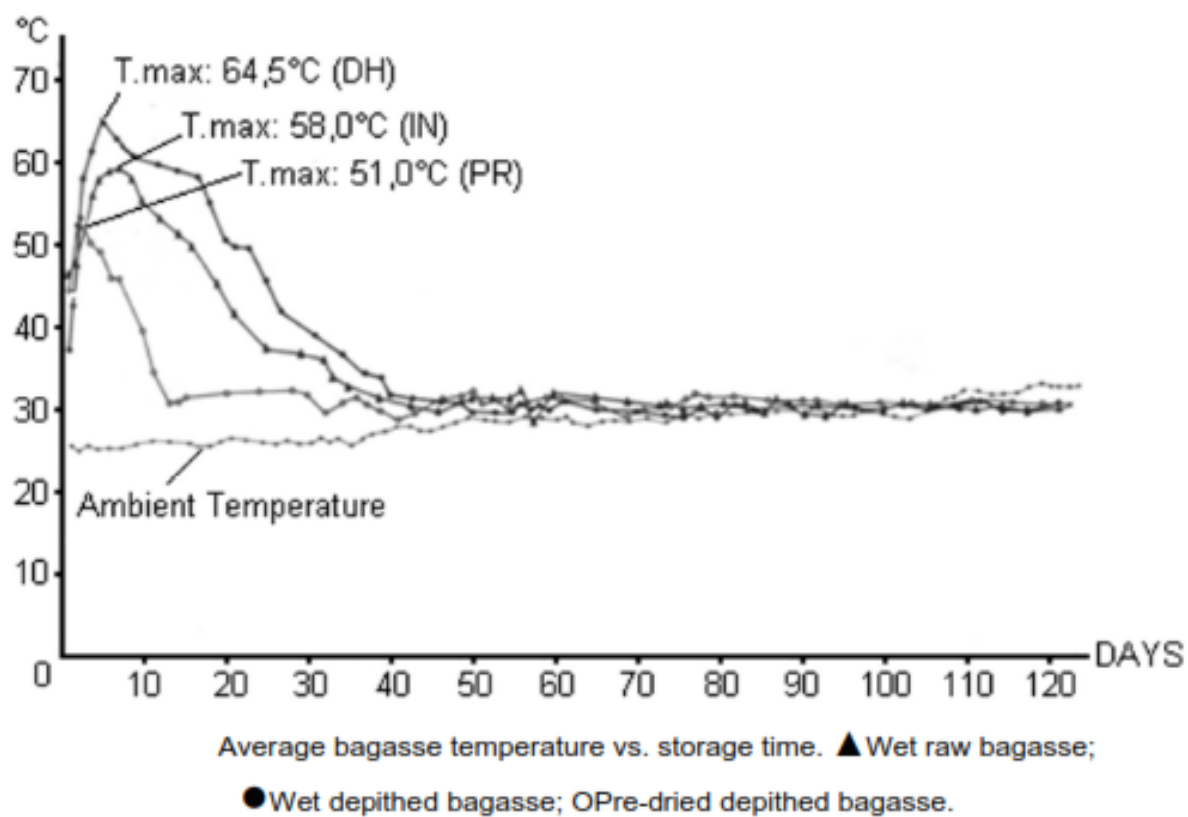
Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 22. Índices técnicos comparativos en las alternativas de empacado

Índices	Alternativa A			Alternativa B			Alternativa C		
	4	6	8	18	20	25	18	20	25
Pérdidas por almacenamiento (%)									
Bagazo desmedulado (miles de toneladas base seca)	60,53	61,20	62,90	64,60	65,23	69,30	70,00	71,16	79,00
Bagazo a empaque (miles de toneladas base seca)	21,00	21,45	21,90	23,80	24,20	27,00	47,60	48,40	53,80
Pérdidas por almacenamiento (miles de toneladas base seca)	0,84	1,30	1,75	3,30	4,03	6,70	7,30	8,10	13,40
Número de tongas	10	11	11	27	27	30	53	84	60
Área requerida (ha)	24,00	26,40	26,40	64,80	84,80	72,00	127,20	129,80	384,00

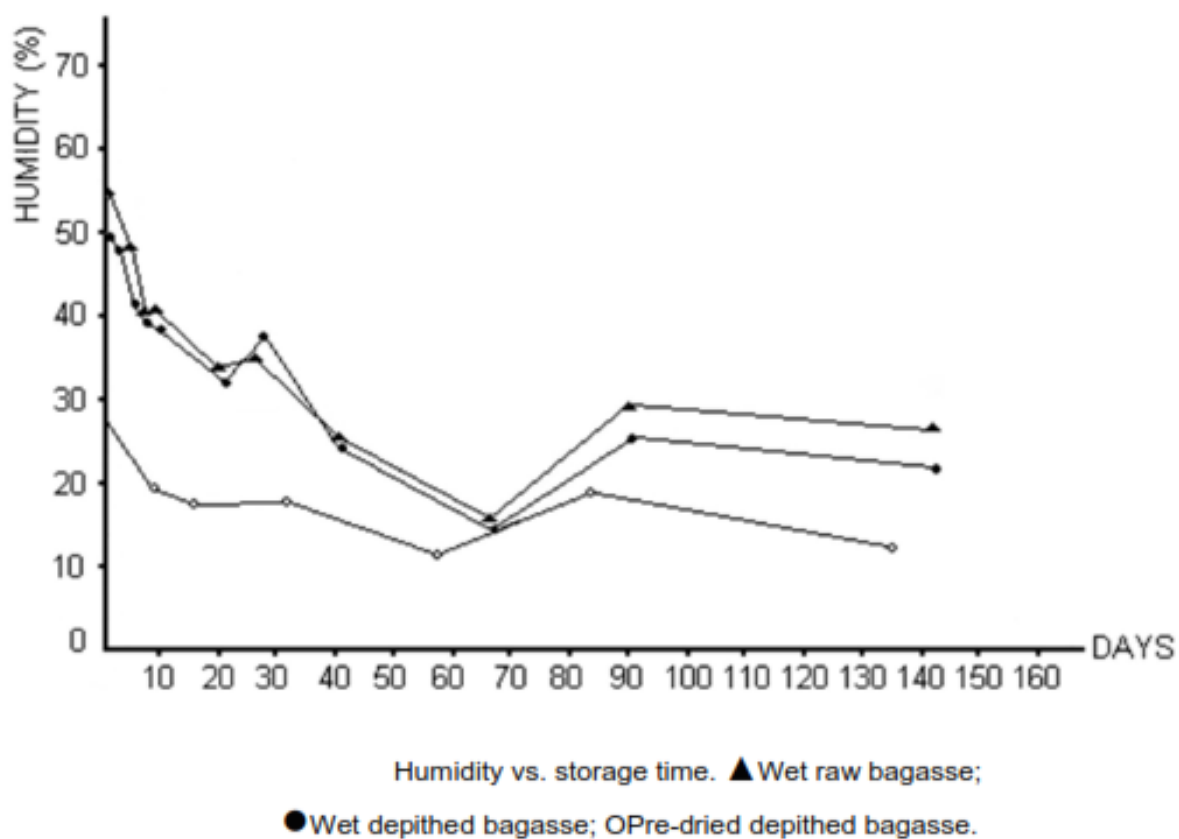
Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 23. Comportamiento de la temperatura promedio de bagazo con respecto al tiempo de almacenamiento en las alternativas de empacado



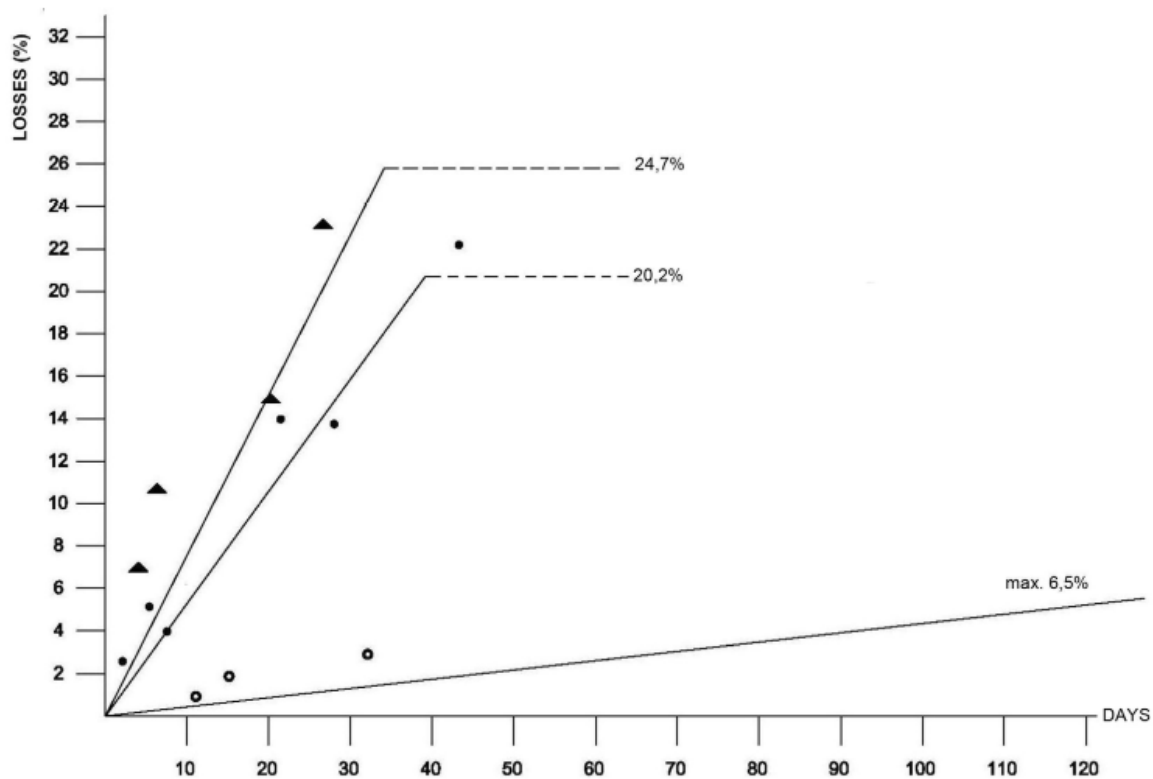
Fuente: (Lois-Correa et al., 2010)

Anexo 24. Comportamiento de la humedad del bagazo con respecto al tiempo de almacenamiento en las alternativas de empacado



Fuente: (Lois-Correa et al., 2010)

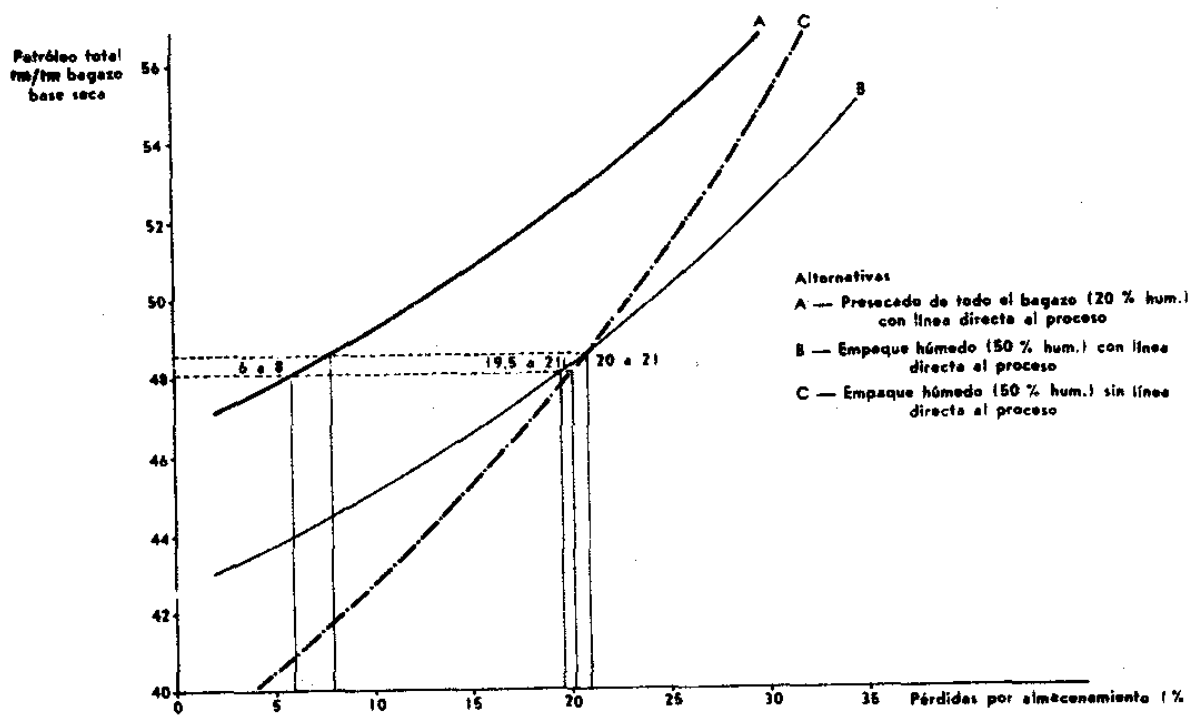
Anexo 25. Comportamiento de las pérdidas de fibra de bagazo con respecto al tiempo de almacenamiento en las alternativas de empacado



Dry fiber losses vs. storage time. ▲ Wet raw bagasse;
● Wet depithed bagasse; ○ Pre-dried depithed bagasse.

Fuente: (Lois-Correa et al., 2010)

Anexo 26. Comportamiento del consumo de petróleo con respecto a las pérdidas de fibra de bagazo en las alternativas de empaclado



Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 27. Comparación económica de las alternativas de empackado

Elemento económico	Alternativa A			Alternativa B			Alternativa C		
Pérdidas por almacenamiento (%)	4	6	8	19	20	25	18	20	25
Inversión (miles de pesos)	1 449	1 459	1 467	1 865	1 885	1 952	2,347	2 384	2 500
Costos (pesos/toneladas base seca en fábrica)									
Materia prima	40,85	41,30	41,76	44,41	45,02	46,69	48,80	50,02	53,36
Combustible	<u>9,89</u>	<u>10,00</u>	<u>10,11</u>	<u>4,84</u>	<u>4,84</u>	<u>4,84</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>
Subtotal	50,74	51,30	51,87	49,25	49,86	51,53	48,80	50,02	53,36
Otros	<u>7,07</u>	<u>7,12</u>	<u>7,15</u>	<u>9,12</u>	<u>9,18</u>	<u>9,27</u>	<u>11,91</u>	<u>11,26</u>	<u>12,58</u>
Total	57,81	58,42	59,02	58,37	59,04	60,80	60,71	62,28	65,94

Fuente: (Suárez et al., 1982)

Anexo 28. Equipos de manipulación de bagazo a granel



De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo): topadora o buldócer (con hoja extendida), cargador frontal (con barra empujadora), excavadora y camión de carga.

Fuente: (Trayner, 2008)