

Estudio de materiales para empaque de panela pulverizada

Materials' study for packaging powdered panela

Lizarazo Ruiz, Juan Pablo¹; Gamboa Contreras, Wilson² y López Chacón, Laura Sofía³
Fundación Universitaria de San Gil – Unisangil, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Programa Ingeniería Agrícola
San Gil, Colombia

juanlizarazo@unisangil.edu.co

wgamboa@unisangil.edu.co

llopez@unisangil.edu.co

Fecha de Recepción: 26 de febrero de 2015

Fecha de Aceptación: 09 de noviembre de 2015

Resumen — Este artículo consiste en el estudio del uso de nuevas tendencias de empaques existentes en el mercado para panela pulverizada. Por las características fisico-químicas de la panela pulverizada, es necesario optar por empaques y embalajes adecuados para mantener sus condiciones organolépticas y conservar sus propiedades; estudio de los componentes más relevantes de la Norma Técnica Colombiana NTC No 2167, Norma Técnica Colombiana NTC No 1311. El desarrollo de este proyecto consiste en el análisis del empaque para panela pulverizada; se estudió la permeabilidad, la afectación microbiológica a través del empaque primario, también se evaluó la resistencia a la compresión vertical teórica y real en cajas de cartón corrugado utilizadas en el nivel de embalaje secundario; determinando la cantidad de masa soportada, de esta manera se buscó hallar el valor de carga admisible de una columna de cajas de producto embalado. En las pruebas realizadas en poliamida, se encontró que dicho material permite conservar las propiedades de la panela pulverizada; por sus características de barrera favorece una alta impermeabilidad ante los gases y organismos microbiológicos; e incluso es resistente a la perforación; soporta en entornos calurosos por arriba de temperatura ambiente.

Palabras clave — Tipos de empaques, granulometría, permeabilidad, microbiología, panela pulverizada.

Abstract — This article is the study of the use of new packaging trends existing in the market for powdered panela. By their physicochemical characteristics of pulverized panela it is necessary to choose appropriate packaging and packaging to maintain and preserve its

organoleptic properties; study of the most important components of the Colombian Technical Standard NTC 2167 No, No Colombian Technical Standard NTC 1311. This project development, is the analysis of packaging for powdered panela. Where the permeability is studied, the microbiological involvement through the primary packaging, resistance to vertical compression theoretical and actual in corrugated cardboard used in the secondary packaging level was also evaluated by determining the amount of supported mass, so It seeks to find the value of allowable load a column of boxes packaged product. In tests a polyamide material prepared, it was found that the material preserves the properties of powdered panela; for their barrier characteristics favor high impermeability to gases and microbiological organisms; and it is even resistant to drilling; It supports in hot environments above room temperature.

Key words — Package types, grain size, permeability, microbiology, powdered panela.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de panela ha venido disminuyendo de una manera gradual, debido a que los consumidores han optado hoy en día por sustitutos directos como el azúcar y edulcorantes sintéticos. En la época actual de globalización, de alta competitividad de productos bienes y servicios es importante estar actualizado ante las exigencias y expectativas del mercado. Con el surgimiento de nuevas alternativas en las actividades comerciales, la panela pulverizada es una opción para incrementar el consumo de una manera masiva, pero que exige cada vez más calidad,

¹ Ingeniero Agrícola; Investigador Grupo de Investigación Identus, Unisangil

² Ingeniero Electrónico; Director Grupo de Investigación Identus, Unisangil

³ Ingeniera Agrícola; Unisangil

requiriendo también una mejor presentación del producto terminado.

Por el escaso control de desempeño en los empaques en la calidad requerida para la comercialización, ha surgido la necesidad de optar por soluciones basadas en nuevas tecnologías de materiales, presentaciones y equipos para empaque de panela pulverizada; adicionando a esto la implementación de las buenas prácticas de manufactura (BPM); el grupo de innovación y desarrollo tecnológico Identus de Unisangil, trabajó en el desarrollo de un proyecto de “Diseño de una central de empaques para panela en sus diferentes presentaciones, bajo la reglamentación vigente y estandarización de procesos” con el auspicio de Unisangil, Fedepanela, Sena Regional Cundinamarca Villeta, y financiado por Colciencias. La finalidad de este proyecto mediante el modelo de investigación dirigida, fue la de evaluar los materiales de empaque para panela en sus diferentes presentaciones, la aplicación de principios básicos y generales en la manipulación, preparación, envasado, almacenamiento y transporte; bajo la reglamentación vigente y estandarización de procesos.

Generalmente la panela se obtiene mediante el siguiente proceso descrito a continuación:

A. Elaboración de panela sólida

Después de haber obtenido el índice de madurez de la caña, se procede al conjunto de operaciones de corte, alce y transporte (CAT), para ser almacenada en los patios o mesas de transporte en el trapiche [1]. Posteriormente la caña o tallos molinables se somete a compresión en molino de tres mazas para la extracción de jugo [2]. Luego a través de un método de separación por densidades denominado prelimpiador desarrollado por el CIMPA [3] [4], se retiran una importante cantidad de sólidos contenidos en el jugo de caña.

En el proceso de transferencia de calor es llevado a cabo en el siguiente orden: fondo dezechazador, se retira por la acción bioquímica de aglutinantes las impurezas de carácter no nutricional [1]. En la misma unidad de dezechazado se realiza el encalado, adicionando carbonato de calcio de origen alimenticio (CaCO_3) para regular el pH [5]. En los fondos de evaporación y concentración el jugo de caña es llevado a punto de miel para dar lugar a etapa final en el fondo punteador, aumentando la concentración de sólidos solubles totales en 88 y 96% a temperaturas entre 116 y 122 °C [6].

La panela consolidada se obtiene por la liberación del calor adicionando aire mediante la operación de batido para lograr la textura adecuada y propiciar la solidificación dentro de moldes o gaveras [1].

B. Panela pulverizada

Panela pulverizada es un término referido al azúcar no centrifugado usado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), al método de elaboración de materia prima, obteniendo un sólido por la evaporación y concentración del jugo de caña [7].

Siguiendo el proceso descrito anteriormente de elaboración de panela sólida; la panela pulverizada difiere de la panela en bloque a partir de la concentración de sólidos solubles totales, teniendo en cuenta variables como el pH, porcentajes de sacarosa, azúcares reductores y humedad en el producto terminado con el aumento de la temperatura.

Para la producción de panela pulverizada existen varios métodos tecnológicos, que van inicialmente desde los más tradicionales hasta sistemas altamente mecanizados y automatizados.

Posibilitando la implementación de técnicas avanzadas en dicho proceso, en el cual se pretende desarrollar y estandarizar nuevas formas de presentación de panela pulverizada.

II. METODOLOGÍA

A. Prueba de absorción de humedad de la panela pulverizada en varios materiales

El plástico es y ha sido utilizado de forma generalizada para empaques de alimentos procesados, especialmente porque entre sus características, están el ser un material económico, impermeable, aislante y resistente [8]. Los materiales más utilizados comúnmente para el empaque de panela son los polímeros, el papel y el cartón corrugado, según las condiciones de manipulación y almacenamiento.

Para hallar el grado de absorción de humedad de la panela pulverizada en los empaques primarios, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones: se empleó una muestra de 500 g procedente de uno de los trapiches de

zona, se llevó a secado a una humedad de 1.32%. La muestra fue situada en condiciones similares al de un expendio de venta del producto durante un tiempo determinado, junto con dos muestras comerciales (1) y (2), con humedades de 2.32 y 1.7%, determinadas por un equipo analizador MB45 de la marca OHAUS.

B. Pruebas microbiológicas en panela en polvo

Las pruebas fueron realizadas con panela pulverizada proveniente de tres trapiches diferentes, empaçadas en uno de los materiales a evaluar provisto de un sello zipper y almacenada en condiciones similares a un establecimiento de venta.

Según lo establece la norma técnica colombiana (NTC) 1311, la panela apta para el consumo humano debe estar libre de elementos ajenos al producto, olores y sabores extraños, verdeamientos, ablandamiento excesivo, por lo tanto se establece los siguientes requisitos:

TABLA 1. PLAN DE MUESTREO EN PANELA

Requisito	N	m	M	C
Recuento de hongos y levaduras/g	3	200	500	2

Fuente: NTC 1311

Donde:

- n = número de muestras a examinar
- m = parámetro normal
- M = valor máximo permitido
- C = número de muestras aceptadas

El siguiente protocolo se fundamenta en la NTC 1311 en el numeral 6.4, en inocular una cantidad conocida de muestra en un medio de cultivo selectivo específico, y utilizar la capacidad de un grupo microbiano como nutrientes a los polisacáridos contenidos en el medio. La hidrólisis de estos compuestos se efectúa por enzimas que poseen estos microorganismos.

La sobrevivencia de los hongos y levaduras a pH ácidos se pone de manifiesto en el medio de cultivo acidificado a un pH de 3.5. Así mismo permite la eliminación de la mayoría de las bacterias. Las condiciones de aerobiosis y la incubación a una temperatura de 23 °C da como resultado el crecimiento de colonias características para este tipo de microorganismos [9].

C. Cálculo de resistencia de un empaque secundario para almacenamiento y transporte de panela pulverizada

El cálculo de resistencia vertical permite determinar la cantidad de masa que soporta una caja, de esta manera se busca hallar el valor de carga admisible de una columna de cajas de producto embalado, con el fin de encontrar la permisibilidad ante la carga estática en el arrumado y bodega.

Fórmula para calcular compresión de cajas elaboradas en cartón, Box Compression Test (BCT) según *Fibre Box Handbook* de la *American Society for Testing Materials (ASTM) D 4169* [10].

$$BCT = (5.874) (ECT \text{ o } RCV) (\text{calibre}^{0.508}) (\text{perímetro}^{0.492})$$

Datos de la caja de cartón estándar:

- Calibre o espesor = 4 mm = 0.157 in.
- RCV o ETC (Resistencia compactación vertical) = 2.249 Kg-f/cm² = 32 Lb-f/in²

Medidas:

- Ancho = 27 cm.
- Largo = 40 cm.
- Alto = 40 cm.

- $\text{Perímetro} = (27 * 2) + (40 * 2) = 134 \text{ cm} = 52.755 \text{ in.}$
- $BCT = (5.874)(32 \text{ Lb-f/in}^2)(0.157^{0.508})(52.755^{0.492}) = 516.362 \text{ Lb-f} = 2296.780 \text{ N}$
- $\text{Masa} = \text{Fuerza/Aceleración}$
 - $\text{Fuerza} = N = [\text{Kg. m/s}^2]$
 - $\text{Aceleración} = 9.8 [\text{m/s}^2]$
- $\text{Masa} = 2296.780/9.8 = 234.365 \text{ Kg.}$

En el ensayo se colocó sobre la caja vacía una serie de discos de hierro con una masa por cada uno de 45 libras, en kilogramos equivale a 20.411, se colocaron uno a uno en forma de columna hasta llegar al colapso por la carga ejercida.

D. Análisis granulométrico en panela pulverizada y productos de similares características

El ensayo de granulometría se realizó con un equipo de agitación para sólidos particulados denominado “Ro-tap” [11], el cual consta de un sistema mecánico de agitación horizontal accionado por un motor eléctrico, una biela y una serie de tamices dispuestos en serie uno sobre otro, de diferentes diámetros nominales en milímetros, utilizados en la determinación de tamaño de partículas en suelos, U.S.A. Standard Sieve Series [12]. En este caso se empleó tal método para hacer análisis granulométrico de panela pulverizada homogenizada y productos de textura similar (azúcar y leche en polvo).

El término de homogenizado de panela hace referencia a uno de los prototipos desarrollados por el Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Identus, de Unisangil. Desde hace algunos años se ha trabajado en el diseño de procesos tecnificados con el fin de mejorar los productos.

Fueron en su orden: la pulverizadora de panela, la cual toma las mieles a 125 °C aproximadamente, mezclando contantemente, obteniendo panela pulverizada con textura más suave y menor humedad que los equipos convencionales, y posteriormente el prototipo homogeneizador, que toma el producto anterior y minimiza el tamaño de agregados a 1 mm en un 95%. El 5% restante son fragmentos de panela consolidada no desintegrados por la máquina.

El ensayo granulométrico permite analizar las propiedades que están ligadas al tamaño de las partículas en la panela pulverizada dentro del empaque.

III. RESULTADOS

A. Prueba de absorción de humedad de la panela pulverizada en varios materiales

La prueba física de conservación en 134 días, fue realizada con un empaque elaborado en poliamida (nylon 6), con tales características: espesor de película de 75 µm, y resellable o zipper.

Además de la poliamida se evaluaron dos empaques elaborados en Polietileno de baja densidad (PEBD),

utilizados comúnmente en la industria panelera para empacar panelas pulverizadas o granuladas.

En un lapso de 134 días (véase figura 1), las panelas pulverizadas mostraron el siguiente comportamiento: panela homogenizada seca empacada en Poliamida manifestó un leve incremento de humedad de 0.17%, registrando una humedad inicial de 1.32% y aumentando a 1.49%. Los empaques en (PEBD) (1) y (2) se les registró humedades al inicio en 2.32% y 1.7%, la humedad al final de la prueba fue de: 2.53% y 1.95% respectivamente. El aumento de humedad correspondiente a los empaques de (PEBD) en su orden de 0.21% y 0.25%.

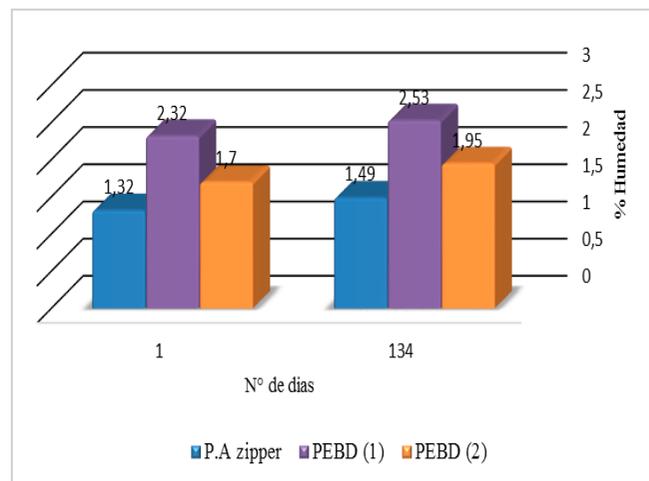


Fig. 1 Prueba de absorción de humedad.

Para efectos de la prueba realizada es un resultado positivo, teniendo en cuenta que el empaque provisto de zipper no fue sometido a sellado térmico, registrando un menor incremento respecto a los elaborados en (PEBD).

Se espera que con el sellado térmico el valor de recuperación de humedad sea menor al obtenido con el sello zipper.

B. Resultados microbiológicos en panela en polvo empacada en poliamida

Para los resultados de los siguientes ensayos microbiológicos se tuvieron en cuenta dos muestras, una realizada sin oxitetraciclina y otra con el uso de la misma.

La tabla 2 muestra los resultados de las pruebas realizadas sin oxitetraciclina en concentraciones determinadas.

TABLA 2. RESULTADOS DE LA MUESTRAS SIN OXITETRACICLINA EN DISOLUCIÓN 1/10, 1/100 Y 1/1000

Muestra	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
M₁			
Hongos	2	2	2
Levaduras	18	8	8
M₂			
Hongos	4	2	2
Levaduras	22	19	8
M₃			
Hongos	3	1	5
Levaduras	18	28	16

De acuerdo con la tabla 2 el crecimiento de hongos es menor que de las levaduras; sin embargo, hubo un crecimiento de unidades formadoras de colonias (UFC), adecuado. Según la norma NTC 131,1 estos valores se hallan en los límites establecidos [13].

La tabla 3 muestra los resultados de las pruebas realizadas con oxitetraciclina en concentraciones determinadas.

TABLA 3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS CON OXITETRACICLINA EN DISOLUCIÓN 1/10, 1/100 Y 1/1000

Muestra	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
M₁			
Hongos	0	0	1
Levaduras	0	0	0
M₂			
Hongos	1	1	1
Levaduras	0	0	0
M₃			
Hongos	2	2	3
Levaduras	0	0	0

De acuerdo con la tabla anterior, se puede evidenciar que el crecimiento de unidades formadoras de colonias UFC, es prácticamente reducido, tanto en hongos como en levaduras, cumpliendo así con lo estipulado dentro de la norma NTC 1311.

En la tabla 3 no se obtuvieron los resultados esperados ya que la oxitetraciclina inhibe el crecimiento o unidades formadoras de colonias; debido al efecto antimicrobiano se puede lesionar directa o indirectamente, inhibiendo la síntesis de los constituyentes proteicos de las bacterias y de ciertos hongos [14].

C. Ensayos para la determinación y análisis de la granulometría de la panela pulverizada

En el sistema mecánico de agitación, se realizó el siguiente análisis granulométrico de panela pulverizada

homogenizada y productos de textura similar (azúcar y leche en polvo).

El ensayo granulométrico permitió analizar las propiedades que están ligadas al tamaño de las partículas en la panela pulverizada (ver tabla 4).

TABLA 4. DATOS COMPARATIVOS DE LOS PORCENTAJES DE CADA PRODUCTO

Nº de malla	Diámetro (mm)	A	B	C	D
18	1,000	82,42	44,48	100,00	100,00
35	0,500	73,62	20,60	76,11	45,90
50	0,300	60,14	11,05	7,00	9,46
60	0,250	40,76	6,24	2,94	0,50
80	0,180	18,95	1,90	0,56	0,00
100	0,150	12,45	1,11	0,20	0,00
120	0,125	10,93	0,54	0,00	0,00
140	0,106	3,18	0,00	0,00	0,00
170	0,090	0,00	0,00	0,00	0,00

A: % de panela homogenizada que pasa a través del tamiz
B: % de panela no homogenizada que pasa a través del tamiz
C: % de azúcar refinada que pasa a través del tamiz
D: % de leche en polvo que pasa a través del tamiz

Las partículas finas son susceptibles a los cambios por el incremento de la humedad relativa y modificaciones de temperatura.

La prueba de tamices demostró que la panela pulverizada homogenizada contiene diferentes tamaños de partícula de 1mm a 0.106 mm. Además una gran parte de su masa el 82.45% pasó a través de la malla No. 18.

La panela pulverizada no homogenizada contiene diferentes tamaños en menor proporción de partículas de 1 mm a 0.106 mm, debido a que una gran parte de su masa quedó retenida, pero logrando el paso del 44.48% a través de la malla No.18. Sin embargo, para el caso del azúcar blanco refinado, cabe mencionar que el 100% de su masa pasó a través de la malla. Gran parte del peso quedó retenido en la malla No. 50, por lo tanto las partículas están en un rango de tamaños entre 1.0 mm a 0.30. Se evidenciaron partículas homogéneas con tamaños intermedios iguales o menores a 0.500 milímetros e iguales o mayores a 0.250 milímetros en la leche en polvo.

Los productos analizados mediante la prueba de tamices son considerados como partículas finas, si más del 50% de su masa logra pasar a través de la malla No.18, equivalente

a 1 mm. Se denomina partícula gruesa si más del 50% quedaba retenido.

D. Resistencia de una caja de cartón utilizada como nivel de empaque secundario para almacenamiento y transporte de panela pulverizada

En pruebas realizadas dentro de las instalaciones de la Planta de Procesamiento y empaque de Panela Pulverizada, ubicadas en el campus de la Fundación Universitaria de San Gil, Unisangil, se obtuvieron los siguientes datos:

Medidas de la caja estándar:

- Ancho = 27 cm
- Largo = 40 cm
- Alto = 40 cm
- Perímetro = $(27 * 2) + (40 * 2) = 134$ cm

En el ensayo se colocaron sobre la caja 10 discos de hierro de los cuales soportó nueve, con una masa equivalente a 183.705 kilogramos, el colapso por acción de la carga ejercida ocurrió a 204.11 kilogramos.

Respecto al ensayo con los discos de hierro y la carga soportada sobre la caja, se procedió a calcular la masa soportada, cuyas dimensiones internas permiten ubicar 20 unidades de 500g de panela pulverizada dentro de la caja.

Masa por caja = $500 \text{ g} \times 20 \text{ empaques} = 10 \text{ Kg}$.

Número de capas en arrume = $(183.705/10)+1 = 19.3705 \approx 19$ capas.

Para una estiba de dimensiones de largo = 1.2m y ancho = 1.0m, los tendidos de cada capa son de 10 cajas y cada unidad con 10 kilogramos, lo que da una masa de 100 kilogramos. El arrume total sobre estiba es de 190 cajas equivalente a 1900 kilogramos y una carga de 1800 kilogramos actuando sobre el tendido de fondo, dividiendo $1800/10$ se obtiene una carga por cada caja de fondo de 180 kg, que es un valor cercano al obtenido en el ensayo.

Los datos suministrados por el fabricante establecen que solo es posible contar con 1/3 a 1/5 de la carga teórica por factores ambientales, pero al realizar el cálculo con el valor de la resistencia por 1/3 da como resultado:

$180 \text{ Kg} (1/3) = 60 \text{ kg}$

El resultado es una disminución significativa a tener en cuenta para arrumado en estiba por tiempos prolongados referido a semanas.

En conclusión, es posible arrumar una carga total por estiba de 700 kg.

IV. CONCLUSIONES

En las pruebas realizadas con poliamida para empaquetar panela pulverizada, se encontró que dicho material permite conservar todas las propiedades, pues sus características de barrera favorecen una alta impermeabilidad ante los gases y organismos microbiológicos; e incluso es resistente a la perforación, soportando entornos calurosos por arriba de temperatura ambiente.

Las partículas finas son susceptibles a los cambios por el incremento de la humedad relativa y diferencias de temperatura. En presentaciones de 500 gramos elaboradas en poliamida se ha observado una aglomeración espontánea de panela pulverizada homogenizada, posteriormente alcanza la compactación; se deduce algún grado de sensibilidad térmica respecto a las condiciones en el medio donde se encuentre.

La Poliamida es un material de empaque primario de muy buenas características físicas, en presentaciones de 0.50 Kg hasta 10 Kg, el micraje utilizado fue de 75; por cuanto se sugiera que al empaquetar cantidades de 25 Kg para exportación, se utilice un espesor de película de 130 μm para mayor protección del producto.

Las cajas de cartón utilizadas como empaque secundario y de embalaje para panela pulverizada en sus diferentes presentaciones expuestas en bodega a cargas estáticas podrán soportar el peso por más tiempo, si se toman consideraciones durante la conformación del arrumado con un patrón de alineamiento totalmente uniforme. No debe sobrepasar los 60 Kg para la caja de fondo por cada columna.

REFERENCIAS

- [1] N. Durán, *Reingeniería Panelera*. Tunja: Bhuos Editores, 2010.
- [2] R. García, "Extracción de jugos en molinos paneleros" Barbosa, 2012.
- [3] N. Durán and N. Gil, "Prelimpieza de los jugos para la elaboración de panela" vol. 1, Barbosa: ICA, 1992, p. 14.
- [4] H. García, L. Albarracín, A. Toscano, N. Santana, and O. Insuasty, *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de caña panelera*. Bogota D. C.: Produmedios, 2007.
- [5] G. Osorio, *Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM)*, CTP Print. Medellín, 2007.
- [6] Pronatta, "Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa" Funach - Ascapam, Mocoa, p. 17, 2002.
- [7] W. Jaff, "Panela Monitor: azúcar no centrifugada (panela), producción mundial y comercio" Caracas, 2012.
- [8] D. Sun Lee, Y. Kit, and L. Pergiovanni, *Food Packaging Science and Technology*. New York: Taylor & Francis Group, 2008.
- [9] A. Camacho, M. Giles, A. Ortegón, M. Palao, B. Serrano, and O. Velázquez, "Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico" Mexico D. F., 2, 2009.

- [10] American Society for Testing Materials, “Cálculo del ECT a partir del ECT del cartón” *Fibre Box Handbook*, 2011. [Online]. Available: http://docsfiles.com/pdf_cajas_de_carton_test.html.
- [11] W. S. T. I. GROUP, “Tyler Test Sieve Shakers” 2010. [Online]. Available: http://wstyler.com/includes/uploads/ro-tap/OPERATIONS_MANUAL_2013_revised.pdf.
- [12] K. Moritz, “Standard specification for woven wire test sieve cloth and test sieves: ASTM E11-13” 2013. [Online]. Available: http://www.advantechmfg.com/pdf/ASTM_E11-13_Standards_Table.pdf.
- [13] L. Acurio, “Determinación de los principales indicadores en el tiempo de vida de anaquel de panela granulada de las unidades productivas ingapi y el paraíso con fines de exportación al mercado Norteamericano” Universidad Técnica de Ambato, 2010.
- [14] S. Swaney, H. Aoki, M. Ganoza, and D. Shinabarguer, “The oxazolidinone linezolid inhibits initiation of protein synthesis in bacteria,” *Antimicrob Agents Chemother*, vol. 42, no. 12, pp. 3251–3255, 1998.