



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO DE TAMIZADO PARA
ESTABLECER CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y/O RECHAZO
EN LAS MATERIAS PRIMAS PARA UNA LÍNEA DE
EXTRUIDOS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

Autor:

Andrea Sofía Roca Salazar

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química

Medellín, Colombia

2021



Estandarización del método de tamizado para establecer criterio de aceptación y/o rechazo en las materias primas para una línea de extruidos en la industria de alimentos

Andrea Sofía Roca Salazar

Informe final semestre de industria como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Química

Asesor Interno:

Elías de Jesús Gómez Macías

Ingeniero Químico

Asesor Externo:

Henry Darío Ortiz

Director de Investigación y Desarrollo Productos Yupi S.A.S

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química

Medellín, Colombia

2021

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
1. Objetivos	10
2. Marco Teórico	11
2.1 Proceso de extrusión	11
2.2 Granulometría	11
2.2.1 Análisis granulométrico por tamizado (AGT) (Osorio, 2019):	12
2.2.2 Análisis granulométrico diferencial	12
3. Metodología	13
3.1 Establecer que materias primas requieren la estandarización del método tamizado 13	
3.2 Revisión bibliográfica de la norma ASTM E-11	13
3.3 Identificar materias primas que presentan problemas en el proceso y que no cumplan con la granulometría especificada por el proveedor	14
3.4 Análisis cualitativo y cuantitativo en planta:	14
3.4.1 Análisis Cualitativo:	14
3.4.2 Análisis Cuantitativo:	14
3.5 Revisar fallas en transporte y almacenamiento.....	14
3.6 Método tamizaje y análisis granulométrico	14
3.7 Guía de mantenimiento y/o calibración	16
4. Resultados	16
4.1 Materias primas críticas	16
4.2 Norma ASTM E-11.....	17
4.3 Materias primas con incumplimiento de especificación en granulometría.....	17
4.4 Observaciones en planta:	20
4.4.1 Evidencia recolectada:	20
4.4.2 Datos de sobreconsumo de sal:	21
4.5 Evidencias recolectadas en almacenamiento	23
4.6 Estandarización del método de tamizado.....	26
4.6.1 Sal pulverizada (Planta: Caloto).....	26
4.6.2 Sal pulverizada (Planta: Itagüí)	29
4.6.3 Maíz.....	33
4.6.3.1 Proveedor #1	33

4.6.3.2 Proveedor #2	36
4.7 Guía de mantenimiento	38
5. Análisis.....	38
CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	41

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Granulometría de sal pulverizada.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2. Granulometría Proveedor 1 Semana 1 Semana 2.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3. Granulometría Proveedor 1 Semana 2.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4. Granulometría Proveedor 1 Semana 3 Semana 4.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5. Granulometría Proveedor 1 Semana 4.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 6. Granulometría Proveedor 2 Semana 1 Semana 2.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 7. Granulometría Proveedor 2 Semana 2.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 8. Granulometría Proveedor 2 Semana 3 Semana 4.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 9. Granulometría Proveedor 2 Semana 4.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 10. Cantidad obtenida del sobreconsumo de sal.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 11. Variaciones de sal en planta Itagüí - Año: 2020.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 12. Variaciones de sal en planta Itagüí - Año: 2021.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 13. Variaciones de sal en planta Caloto - Año: 2020.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 14. Variaciones de sal en planta Caloto - Año: 2021.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 15. Resultados obtenidos en el tamizado Sal Caloto.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 16. Resultados obtenidos en el tamizado sal Itagüí.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 17. Resultados comparados entre plantas.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 18. Resultados obtenidos en el tamizado Maíz proveedor #1.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 19. Resultados obtenidos en el tamizado Maíz proveedor #2.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 20. Comparación entre proveedores.....</i>	<i>37</i>

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICAS

<i>Figura 1. Diagrama de proceso de una línea de extruidos.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. Organización de una serie de tamices ³</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3. Masa máxima permitida</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4. Método de cuarteo</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5. Evidencias recolectadas para realizar el análisis cualitativo.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6. Condiciones de almacenamiento en planta.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7. Factores de forma para diferentes materiales</i>	<i>29</i>
<i>Figura 8. Tamaños de partícula (mm) Sal Caloto.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9. Tamaños de partícula (mm) Sal Itagüí.....</i>	<i>33</i>
<i>Grafica 1. Variación de Temperatura.....</i>	<i>25</i>
<i>Grafica 2. Variación de Humedad.....</i>	<i>26</i>
<i>Grafica 3. AGD Sal Caloto.....</i>	<i>28</i>
<i>Grafica 4. AGD Sal Itagüí.....</i>	<i>30</i>
<i>Grafica 5. AGD Maíz Proveedor #1.....</i>	<i>35</i>
<i>Grafica 6. AGD Maíz Proveedor #2.....</i>	<i>37</i>

RESUMEN

En la planta de productos Yupi S.A.S en Itagüí existían sobreconsumos de materias primas, especialmente con la sal yodada pulverizada siendo la referencia más crítica. Inicialmente diferentes factores podían ser determinantes de la situación: Condiciones de almacenamiento, condicionamiento de equipos y la especificación de granulometría este último problema consecuente de no tener un estándar en el método de tamizado, por ende, se optó por realizar seguimiento a las condiciones de almacenamiento e inspeccionar los equipos, concluyendo que estos factores no estaban afectando la aplicación del producto, esto llevó a estudiar de una mejor manera la especificación de granulometría, el resultado que se obtuvo fue que el método de tamizado no estaba actualizado, por ende, la especificación en cuanto a granulometría no cumplía de manera satisfactoria la aceptación de materia prima, así que, fue necesario recrear una especificación nueva para la sal yodada pulverizada. Para tener un punto inicial de partida se recurrió a datos del año anterior y del presente año entre dos plantas diferentes (Caloto e Itagüí), obteniendo que en la planta principal ubicada en Caloto las variaciones de sal son significativamente positivas en comparación a Itagüí que son significativamente negativas, luego se realizaron análisis granulométricos diferenciales a ambas sales obteniendo resultados alejados en cuanto a tamaños de partículas y propiedades medias entre sí, las curvas granulométricas son: Bimodal bien definida para Caloto y no tan definida para Itagüí. En cuanto a las propiedades medias se obtuvo que el área superficial de sal de Caloto $A_w = 2.99 \text{ cm}^2/\text{g}$, es mucho mayor a diferencia de Itagüí $A_w = 1.18 \text{ cm}^2/\text{g}$, deduciendo que al tener mayor área superficial tiene mayor posibilidad de adherirse al producto, también, el número de partículas obtenido en Caloto $N_w = 14'650034.7$ en comparación a Itagüí $N_w = 3'462145.99$, una diferencia significativa. Finalmente, con esta información se actualizó la especificación de granulometría de sal yodada molida. Por otro lado, también fue necesario actualizar la especificación de maíz, porque tampoco se tenía estandarizado el método de tamizado, para esto se realizaron experimentos con dos proveedores diferentes, obteniendo curvas granulométricas diferenciales en las cuales se pudo observar en qué tamaño se encontraba mayor parte de la muestra y obteniendo sus propiedades medias $A_w = 82.46 \text{ cm}^2/\text{g}$, para proveedor #1 y $A_w = 172.20 \text{ cm}^2/\text{g}$, también, el número de partículas obtenido en proveedor #1 $N_w = 2569.05$ en comparación a proveedor #2 $N_w = 1324.251$.

INTRODUCCIÓN

Los snacks extrusionados son aperitivos a los cuales se les realiza el proceso de extrusión, este proceso consiste en una máquina extrusora que cuece la mezcla de maíz a niveles altos de presión y temperatura. Al salir pasa por un molde que le da la forma al producto. Al quitar el molde, el maíz explota ya que la humedad se evapora de manera brusca y se expande. Después, el producto se hornea para reducir su humedad y se rocía con aceite, sal y con aromas para aportarle más sabor ¹.

Uno de los factores importantes en la elaboración de expandidos es la preparación de las materias primas, en este proceso la granulometría es un factor importante porque dependiendo del tamaño de la partícula el extruido toma diferentes características que facilitan o complican el proceso, o también facilitan o no la adherencia de sales y sabores al producto, ocasionando resultados negativos en la planta de producción, tanto en la calidad del producto como en sobrecostos de materia prima debido al desperdicio de la misma, situación que se diagnosticó en la línea de producción de expandidos salados de la planta Itagüí de la empresa fabricante de snacks Productos Yupi SAS, problema que data del año 2016 cuando se homologó la sal yodada que se mandaba a moler por sal yodada molida, durante este proceso las variables de granulometría no quedaron especificadas.

Para el segundo semestre del año 2019, el área de investigación y desarrollo realizó una revisión respecto a la especificación de materia prima que manejaba el proveedor y la empresa; para esto se evaluaron los análisis internos frente a los resultados que el proveedor declaraba en el certificado de calidad y ficha técnica encontrándose que estos no coincidían con el análisis que se realizaba por el departamento de calidad, dado esto se le escribió al proveedor en aras de que confirme los parámetros expresados en la ficha técnica y fue hasta febrero de 2020 donde se recibió respuesta por parte del proveedor, quien confirma sus parámetros y plantea que la diferencia de resultados podría estar asociada a que:

- 1) La empresa no cuenta con el sistema de estandarización (ASTM E-11) para análisis de tamizado, (tiempos, mallas, cantidad de muestra analizar).
- 2) Posibles fallas en el equipo de tamizado en planta como taponamiento de mallas, etc.

El tema quedó archivado debido a la llegada de la pandemia causada por el coronavirus; pero, en el año actual (2021) la empresa vuelve a enfrentarse a este problema, por ende, es requerido entregar una solución que permita establecer un criterio claro de rechazo y/o aceptación de las materias primas donde estas variables es crítica minimizando así las pérdidas que se generan por desperdicio de sal y sabores dada la granulometría.

Frente a esto entonces se propone:

- 1) Estandarización del método de tamizado para tener bases técnicas de aceptación y rechazo de materias primas.
- 2) Plantear un análisis cualitativo y cuantitativo del proceso en general para evidenciar puntos críticos, y frente a esto se efectuarán las respectivas medidas correctivas para minimizar los desperdicios que se están generando en el proceso productivo de este tipo de snacks.

1. Objetivos

Objetivo general: Estandarizar el método de tamizado para establecer criterio de aceptación y/o rechazo de las materias primas para la línea de extruidos.

Objetivos específicos:

- Identificar materias primas que presentan problemas en el proceso y que no cumplan con la granulometría especificada por el proveedor.
- Revisar y cuantificar la cantidad de materia prima que se pierde durante el proceso.
- Realizar un diagnóstico del estado del equipo de tamizado actual donde se realizan los análisis para la materia prima.
- Revisar si existe factores externos que afectan la granulometría de la materia prima (transporte y almacenamiento)
- Calcular propiedades medias para verificar el estado de la muestra.
- Realizar una guía de mantenimiento y/o calibración para el equipo.

2. Marco Teórico

2.1 Proceso de extrusión

Es una técnica de fabricación de diversos materiales dependiendo del sector industrial. En la industria de alimentos se usa en productos como pastas, masa de galletas, cereales, snacks, entre otros; el procedimiento se basa en cocer las materias primas a temperatura, humedad y presiones muy altas durante un periodo de tiempo muy corto. En el caso de los aperitivos las materias primas usadas en la extrusión son naturales como: maíz, trigo, arroz¹

El proceso de producción de snack de maíz cuenta con cuatro etapas importantes:

- Extrusión: La etapa principal, donde se moldean los snacks.
- Horneado: En esta etapa se reduce la humedad del producto.
- Sazonador: Etapa en la que se adicionan los sabores y aromas requeridos dependiendo de la referencia en la que se esté trabajando (Salados, pollo, picantes o queso).
- Empaque: Es la etapa final del proceso, en donde se ingresa a las máquinas encargadas de pesar la referencia específica y empacar.

Estas etapas se pueden observar en el siguiente diagrama de proceso:

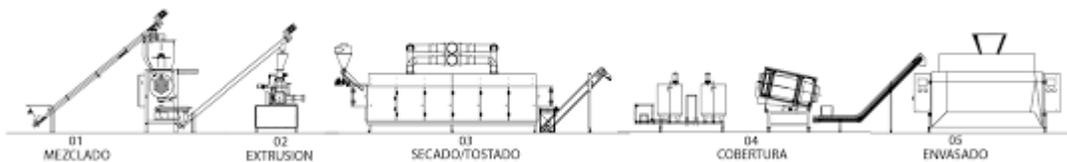


Figura 1. Diagrama de proceso de una línea de extruidos

2.2 Granulometría

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de una cantidad de sólidos específica. Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial, luego de algunos minutos se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos del material retenido en cada uno de los tamices y que en suma deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices²

2.2.1 Análisis granulométrico por tamizado (AGT) ³:

Es la separación en tamaño de una colección de partículas sólidas de acuerdo con una escala granulométrica. Dicha separación se realiza con tamices colocados en serie, de forma que el cernido del primer tamiz es la alimentación del segundo y así sucesivamente.

Alimentación al tamiz (F): Es la masa total que llega al tamiz para ser separada o clasificada.

Retenido (R): Es la masa que queda sobre la superficie del tamiz.

Cernido (C): Es la masa que pasa a través de las aberturas del tamiz, es decir, que atraviesa su superficie.

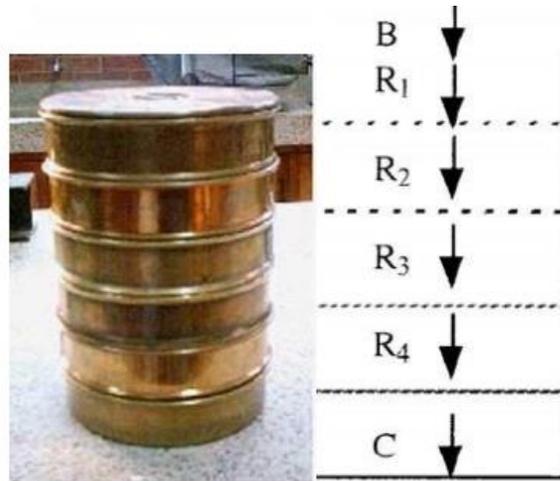


Figura 2. Organización de una serie de tamices ³

2.2.2 Análisis granulométrico diferencial

Representa las fracciones retenidas entre dos mallas consecutivas en función de la abertura media de las mallas.

- i. Fracción de retenido:

$$\Delta\Phi_n = \frac{\text{Masa retenida en cada tamiz (g)}}{\text{Masa total (g)}} \quad (\text{Ec 1})$$

- ii. Diámetro medio
-

$$\overline{Dn} = \frac{d_i + d_{i+1}}{2} \quad (\text{Ec 2})$$

Donde d: es el diámetro.

Luego se realiza la respectiva gráfica tomando como ejes: diámetro medio y $\Delta\Phi n$.

Propiedades medias:

El término “medio” se refiere a un elemento individual representativo de un grupo de partículas con propiedades similares, pero no idénticas; debe ser susceptible de multiplicarse por el número de partículas para dar el valor total de la propiedad.

De este análisis se calculan las propiedades medias del material que son las siguientes:

- Área superficial o superficie específica: Es el área exterior de la masa de partículas por unidad de masa. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_w = \frac{6\lambda}{\rho_p} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\Phi n}{\overline{Dn}} \quad (\text{Ec 3})$$

Donde: λ es el factor de forma, ρ_p es la densidad del material.

- Diámetro medio volumen superficie:

$$\overline{D_{vs}} = \frac{6\lambda}{\rho A_w} \quad (\text{Ec 4})$$

- Número de partículas: Número de partículas presentes en una masa de material, ya sea un diferencial de material presente entre dos mallas (fracción) o en el total de la muestra. Se calcula con la siguiente ecuación:

-

$$N_w = \frac{1}{\alpha \rho_p} \frac{\Delta\Phi n}{\overline{Dn}^3} \quad (\text{Ec 5})$$

Dónde: α es el factor de forma volumétrico.

3. Metodología

3.1 Establecer las materias primas que requieren la estandarización del método tamizado

Se realizó una revisión de fichas técnicas de las materias primas las cuales se solicitaron a los proveedores. Se ejecutó un análisis general en la línea para todas las referencias.

3.2 Revisión bibliográfica de la norma ASTM E-11

Se realizó una consulta bibliográfica a través de las herramientas de búsqueda de información con las que cuenta la universidad de Antioquia; además, se solicitó acompañamiento técnico a los proveedores de las diferentes materias primas para la estandarización.

3.3 Identificar materias primas que presentan problemas en el proceso y que no cumplan con la granulometría especificada por el proveedor

Una vez revisada la bibliografía relacionada a la norma ASTM E -11 se realizó un comparativo entre los análisis realizados en el laboratorio para cada una de las materias primas y los certificados de calidad presentados por los respectivos proveedores. Se identificó con cuales materias primas se estaría incumpliendo.

3.4 Análisis cualitativo y cuantitativo en planta:

3.4.1 Análisis Cualitativo:

Se realizó una observación exhaustiva en planta para identificar etapas críticas en el proceso en donde se acumule y pierda cantidades apreciables de materia prima, se tomó evidencia de hallazgos encontrados.

3.4.2 Análisis Cuantitativo:

Se revisó y cuantificó la cantidad de materia prima que se pierde durante el proceso de la siguiente manera:

En planta se manejan tres turnos para suplir las 24 horas de producción en línea, en cada cambio de turno el operario de turno recogió la sal acumulada en los sitios identificados y se procedió a pesar, esto se repitió en cada turno por un tiempo de 10 días, empezó un lunes y terminó un viernes, debido a que el día sábado se hizo aseo, y el día domingo se inició producción muy tarde en la noche; de esta manera se tuvo información suficiente para extrapolar y conocer la cantidad perdida al mes y en el año.

3.5 Revisar fallas en transporte y almacenamiento

De igual manera se realizaron ejercicios de seguimiento en transporte de materias primas desde el carro de los proveedores, incluyendo el transporte desde la maquila hasta planta.

Para almacenamiento se utilizó un termo higrómetro para llevar seguimiento de temperaturas y humedades, de tal manera, que cumpla con las especificaciones.

3.6 Método tamizaje y análisis granulométrico

Para tener una mayor cantidad de datos e información confiable a la hora de analizar el método se realizó 2 experimentos de tamizado por cada materia prima que lo requiera. El proceso realizado fue el siguiente:

- Elección de tamices: Inicialmente se tomó de acuerdo con la especificación por parte del proveedor y cumpliendo los límites de que en la primera malla debe retener como máximo el 5% del material y la última dejar pasar al colector máximo el 5%, en caso contrario se siguió incluyendo tamices hasta que cumpliera.
- Agitador: Debido a que la granulometría de la materia prima a estudiar, en este caso se inició el estudio con sal yodada pulverizada, que es menor a 3/4-in. (19.0 mm) es necesario usar un agitador de tamiz mecánico.
- Se limpiaron los tamices con una brocha o pincel de acuerdo con lo fino de la malla.
- Se encajaron los tamices colocando el de menor número de mallas arriba y el de mayor abajo y finalmente el colector.
- Masa requerida en el estudio: Debe ser igual o menor a la especificada en la tabla posterior:

TABLE 3 Overloading Limits for Standard Sieve Set

Alternative Sieve Designation	Standard Sieve Designation	Number of Grain Layers on Given Sieve	Maximum Mass Retained on 200-mm (8-in.) Diameter Sieve, g ^A	Maximum Mass Retained on 305-mm (12-in.) Diameter Sieve, g	Maximum Mass Retained on 370- by 580-mm (14.6- by 22.8-in.) Sieve, g
3 in.	75 mm	0.8	2700	6100	18000
2 in.	50 mm	0.9	2000	4500	13000
1-1/2-in.	37.5 mm	0.9	1500	3400	10000
1 in.	25 mm	1	1100	2500	7000
3/4 in.	19.0 mm	1	900	2000	6000
3/8 in.	9.5 mm	1.25	550	1200	3600
No. 4	4.75 mm	1.5	325	730	2000
No. 10	2.00 mm	2	180	410	1000
No. 20	850 μm	3	115	260	800
No. 40	425 μm	4	75	170	500
No. 60	250 μm	5	60	140	400
No. 100	150 μm	6	40	90	300
No. 140	106 μm	6	30	70	200
No. 200	75 μm	6	20	50	100

Figura 3. Masa máxima permitida ⁴

- Se cuarteó la muestra de tal manera que la cantidad tomada para el estudio fue una muestra representativa del lote:

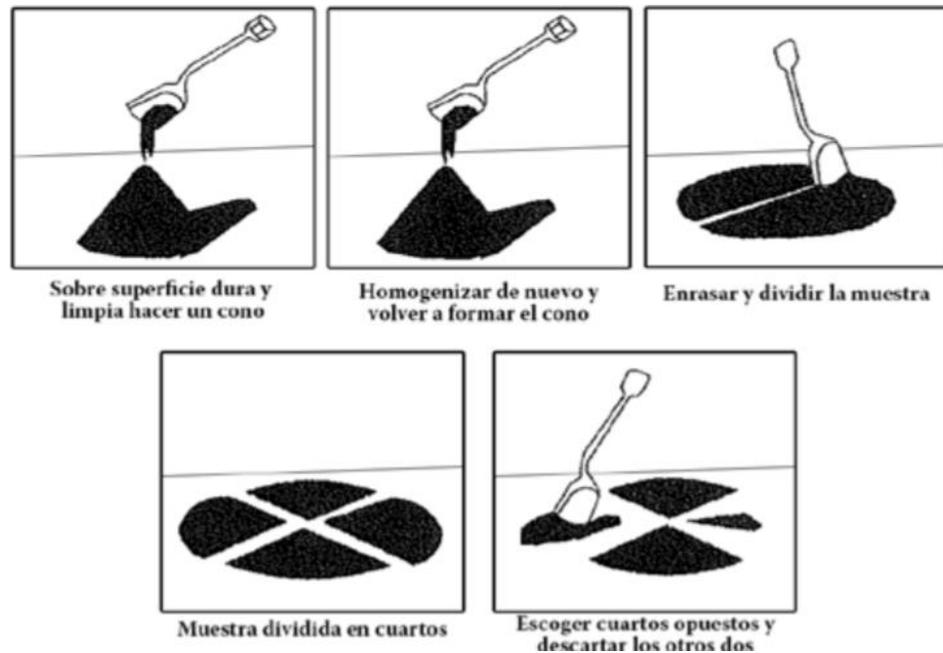


Figura 4. Método de cuarteo ⁵

- Tiempo de tamizado: Se buscó recomendaciones de tiempo: ASTM dice: 10 - 20 minutos generalmente.
- Se tomaron datos de masas retenidas en los tamices para realizar la curva granulométrica.

3.7 Guía de mantenimiento y/o calibración

Se construyó un informe detallado en donde se tuvo en cuenta recomendaciones necesarias para el mantenimiento y/o calibración del equipo, de tal manera que sirvió como guía para que cualquier persona encargada sea capaz de llevar a cabo esta actividad.

4. Resultados

4.1 Materias primas críticas

Al realizar observaciones en la planta de producción se encuentra que las materias primas críticas en cuanto a desperdicio o aumento en el consumo de insumos son: Sal

yodada pulverizada y maíz, siendo la materia prima más crítica la sal yodada pulverizada.

4.2 Norma ASTM E-11

La norma se encuentra como anexo al finalizar el documento.

4.3 Materias primas con incumplimiento de especificación en granulometría

Se realizaron comparativos entre los análisis realizados en el laboratorio para las materias primas: Sal pulverizada y maíz, con los certificados de calidad presentados por los respectivos proveedores. Se obtuvieron los siguientes resultados:

En cada tabla se sombrea con colores rojo y verde cuando incumple y cuando cumple respectivamente con la especificación.

- Sal

Tabla 1. Granulometría de sal pulverizada

Malla #	%m/m pasa		
	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
70	16.687	34.774	31.084
100	13.059	25.646	23.700
Base	0	0	0

Como se puede observar en la sal pulverizada se tienen 3 lotes diferentes. Los pedidos de sal no se realizan tan frecuentemente en comparación a otras materias primas, esto es debido a que la cantidad recepcionada siempre es apreciable.

A continuación, se encuentran los resultados para el maíz, en este caso, se realizaron seguimientos en un mes, obteniendo llegada de maíz cada semana:

- Proveedor 1

Tabla 2. Granulometría Proveedor 1 Semana 1

SEMANA 1	
Malla #	Masa retenida (g)
18	33.12
20	19.86
30	36.48
40	7.26
50	1.82
60	0.22
Base	0.68
Total	99.44

Tabla 3. Granulometría Proveedor 1 Semana 2

SEMANA 2	
Malla #	Masa retenida (g)
18	35.7
20	17.6
30	35.45
40	8.21
50	1.79
60	0.3
Base	0.67
Total	99.72

Tabla 4. Granulometría Proveedor 1 Semana 3

SEMANA 3	
Malla #	Masa retenida (g)
18	39.8
20	15.45
30	32.21
40	8.56
50	2.4
60	0.21
Base	0.46
Total	99.09

Tabla 5. Granulometría Proveedor 1 Semana 4

SEMANA 4	
Malla #	Masa retenida (g)
18	40.8
20	17.1
30	29
40	8.18
50	3.12
60	0.8
Base	0.56
Total	99.56

- Proveedor 2

Tabla 6. Granulometría Proveedor 2 Semana 1

SEMANA 1	
Malla #	Masa retenida (g)
18	56.55
20	15.46
30	21.22
40	4.2
50	1.46
60	0.28
Base	0.4
Total	99.574

Tabla 7. Granulometría Proveedor 2 Semana 2

SEMANA 2	
Malla #	Masa retenida (g)
18	54.5
20	14.76
30	22.54
40	5.44
50	1.68
60	0.28
Base	0.34
Total	99.54

Tabla 8. Granulometría Proveedor 2 Semana 3

SEMANA 3	
Malla #	Masa retenida (g)
18	40.8
20	17.1
30	29
40	8.18
50	3.12
60	0.8
Base	0.56
Total	99.56

Tabla 9. Granulometría Proveedor 2 Semana 4

SEMANA 4	
Malla #	Masa retenida (g)
18	63.54
20	11.58
30	16.46
40	4.66
50	2.2
60	0.68
Base	0.68
Total	99.8

4.4 Observaciones en planta:

4.4.1 Evidencia recolectada:

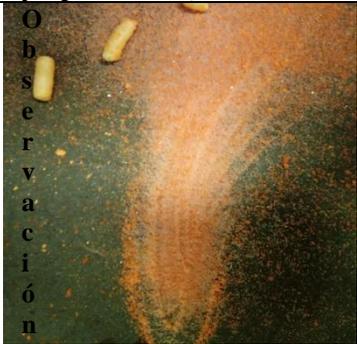
 <p>1. Acumulación de desperdicios (Sal y ripo de maíz)</p>	 <p>2. Acumulación en la banda transportadora.</p>
<p>3. O b s e r v a c i ó n</p>  <p>de la diferencia entre el ripo y la sal.</p>	 <p>4. Acumulación de desperdicio y sal</p>
 <p>5. Acumulación de sal pertenecientes a la banda transportadora.</p>	<p>6. R e c o l e c t i ó n</p>  <p>Para su previo pesaje.</p>

Figura 5. Evidencias recolectadas para realizar el análisis cualitativo.

4.4.2 Datos de sobreconsumo de sal:

Tabla 10. Cantidad obtenida del sobreconsumo de sal

MES	SEMANA	CANTIDAD DE SAL (kg)					
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
MARZO	1	12.45	28.55	61.2	27.1	-	-
	2	-	67.65	153.1	25.15	12	-
	3	36.7	60.7	34.9	8.95	33.85	17.15
	4	-	19.05	77.15	33.35	31.9	21.45
ABRIL	1	21.53	55.4	41.7	43.16	-	-
	2	12.6	44.33	24.91	61	49.65	-
	3	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-

Debido a factores externos ajenos a la empresa no se llevó a cabalidad el pesaje diario en planta porque hubo semanas que tuvieron que modificar horarios, por ende, fue necesario recurrir a datos anteriores para comparar con el seguimiento inicial y de esta manera calcular el sobreconsumo que se estaba llevando.

Los datos que se mostraran a continuación datan del año 2020 y lo que se llevaba en el año 2021.

Tabla 11. Variaciones de sal en planta Itagüí - Año: 2020

PLANTA ITAGÜÍ 2020 SAL ESPOLVOREO TICOS			
MES	Consumo Estándar (kg)	Consumo real (kg)	Variaciones
ENERO	1976.8	2962.3	-49.85%
FEBRERO	994.9	1905.8	-91.56%
MARZO	859.6	1554.2	-80.81%
ABRIL	819.5	1136.6	-38.69%
MAYO	1430.3	2294.5	-60.42%

JUNIO	1228.8	2071.6	-68.59%
JULIO	1052.9	1710.4	-62.45%
AGOSTO	1415.7	2277	-60.84%
SEPTIEMBRE	2076.2	2705.2	-30.30%
OCTUBRE	2227.5	2665.6	-19.67%
NOVIEMBRE	2296.7	2810.7	-22.38%
DICIEMBRE	1836.8	2263.5	-23.23%
TOTAL	18215.7	26357.4	-44.70%

Tabla 12. Variaciones de sal en planta Itagüí - Año: 2021

PLANTA ITAGÜÍ 2021 SAL ESPOLVOREO TICOS			
MES	Consumo Estándar (kg)	Consumo real (kg)	Variaciones
ENERO	2550.6	3777.3	-48.09%
FEBRERO	2109.4	3301.8	-56.53%
MARZO	2075.6	3065.8	-47.71%
ABRIL	1499.7	2278.7	-51.94%

Como se puede observar en la *Tabla 11* y *Tabla 12*, las variaciones de sal son significativamente negativas, indicando así una oportunidad de mejora.

Como dato de comparación se tomaron los datos de igual manera para el año 2020 y 2021 pero de la planta principal ubicada en Caloto – Cauca, donde usan como materia prima una sal diferente en granulometría a la utilizada en Itagüí.

Tabla 13. Variaciones de sal en planta Caloto - Año: 2020

PLANTA CALOTO 2020 SAL PULVERIZADA			
MES	Consumo Estándar (kg)	Consumo real (kg)	Variaciones
ENERO	4649.1	3742	19.51%
FEBRERO	2400.1	1970	17.92%

MARZO	2551.4	2075	18.67%
ABRIL	2264.6	1804	20.34%
MAYO	4003.8	3376	15.68%
JUNIO	2304.4	1791	22.28%
JULIO	3045.9	2486	18.38%
AGOSTO	2692	2216	17.68%
SEPTIEMBRE	3271.3	2777	15.11%
OCTUBRE	2956.7	2508	15.18%
NOVIEMBRE	3320.1	3379	-1.77%
DICIEMBRE	3099.7	2607	15.90%
TOTAL	36559.1	30731	15.94%

Tabla 14. Variaciones de sal en planta Caloto - Año: 2021

PLANTA CALOTO 2021 SAL PULVERIZADA			
MES	Consumo Estándar (kg)	Consumo real (kg)	Variaciones
ENERO	2919.8	2493.9	14.59%
FEBRERO	3298.9	2708.5	17.90%
MARZO	3535.2	3013.2	14.77%
ABRIL	1454.3	1176.4	19.11%
TOTAL	11208.2	9392	16.20%

El comparativo de la **Tabla 13** y **Tabla 14** muestra que las variaciones en la sal usada en la planta Caloto son significativamente positivas a comparación de la planta Itagüí, cabe resaltar, que la opción más rápida para mejorar esta situación sería el envío de la sal de Caloto directamente, pero por temas de costos no es la opción más viable, por ende, se opta por tomar esta sal como punto de partida en granulometría y de esta manera actualizar la especificación de sal.

4.5 Evidencias recolectadas en almacenamiento

De igual manera se realizó un ejercicio de seguimiento en transporte de materias primas desde el carro de los proveedores, incluyendo el transporte desde la maquila hasta planta.

Para almacenamiento se utilizó un termo higrómetro para llevar seguimiento de temperaturas y humedades, de tal manera, que cumpla con las especificaciones, esto se realizó durante un mes, tomando medidas de lunes a viernes.



1. Almacenamiento maíz 1



2. Almacenamiento sal 1



3. Almacenamiento sal 2



4. Almacenamiento sal de sabor 1



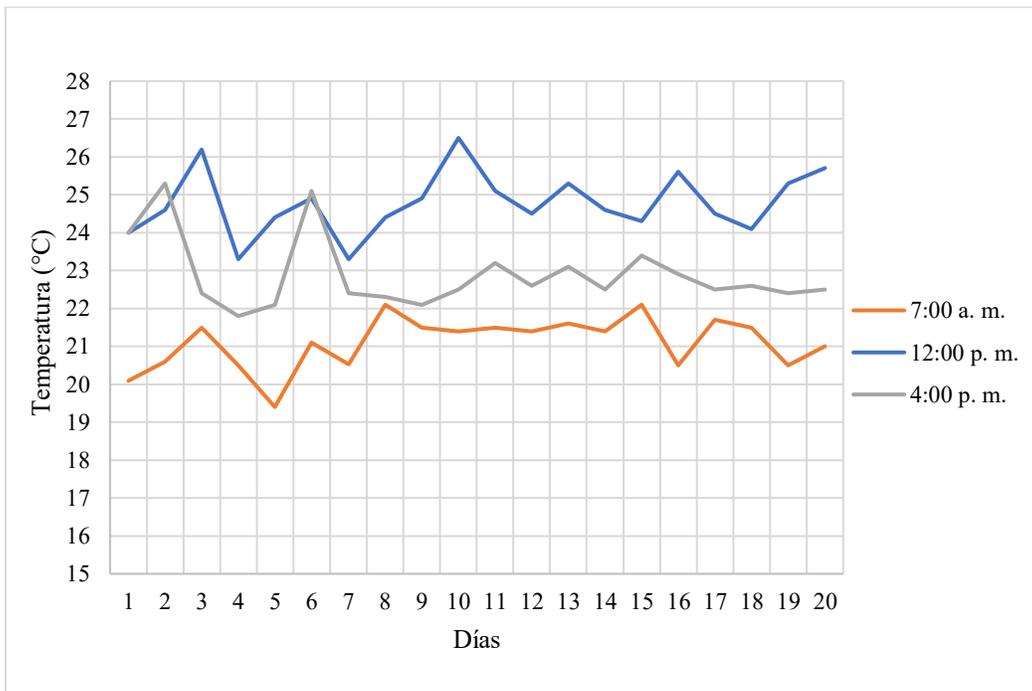
5. Almacenamiento maíz 2



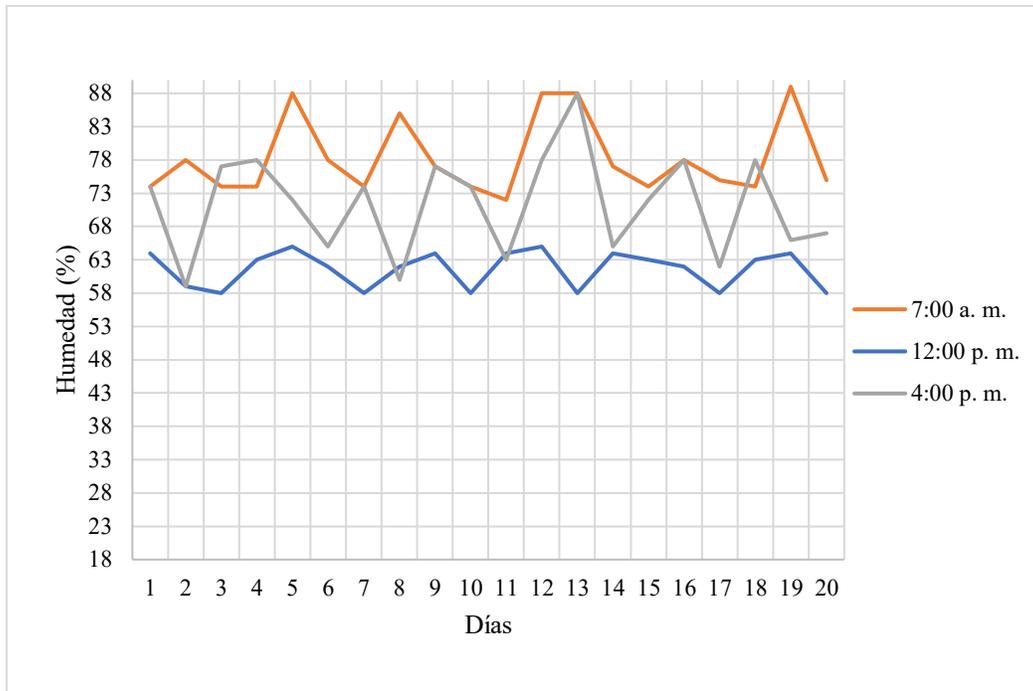
6. Almacenamiento sal de sabor 2

Figura 6. Condiciones de almacenamiento en planta

Con los datos obtenidos de T y H se realizaron las siguientes gráficas para observar el comportamiento de estas condiciones:



Grafica 1. Variación de Temperatura



Grafica 2. Variación de Humedad

Como se puede notar, las condiciones no difieren mucho, entendiendo claro, que las tomas se realizaron en diferentes etapas del día, en la mañana, a medio día y media tarde. También cumplen con las especificaciones indicadas en las fichas técnicas.

4.6 Estandarización del método de tamizado

4.6.1 Sal pulverizada (Planta: Caloto)

Procedimiento:

- Masa requerida en el estudio: Debe ser igual o menor a la especificada en la tabla posterior:

Alternative Sieve Designation	Standard Sieve Designation	Number of Grain Layers on Given Sieve	Maximum Mass Retained on 200-mm (8-in.) Diameter Sieve, g ^A	Maximum Mass Retained on 305-mm (12-in.) Diameter Sieve, g	Maximum Mass Retained on 370- by 580-mm (14.6- by 22.8-in.) Sieve, g
3 in.	75 mm	0.8	2700	6100	18000
2 in.	50 mm	0.9	2000	4500	13000
1-1/2-in.	37.5 mm	0.9	1500	3400	10000
1 in.	25 mm	1	1100	2500	7000
3/4 in.	19.0 mm	1	900	2000	6000
3/8 in.	9.5 mm	1.25	550	1200	3600
No. 4	4.75 mm	1.5	325	730	2000
No. 10	2.00 mm	2	180	410	1000
No. 20	850 μm	3	115	260	800
No. 40	425 μm	4	75	170	500
No. 60	250 μm	5	60	140	400
No. 100	150 μm	6	40	90	300
No. 140	106 μm	6	30	70	200
No. 200	75 μm	6	20	50	100

- Inicialmente se tomó la especificación del proveedor, como la malla no se encuentra en la tabla se realiza una regresión lineal para calcular la masa necesaria para la malla No. 70, obteniendo así aproximadamente:

Masa necesaria: 55 g

Masa inicial: 54.5 g

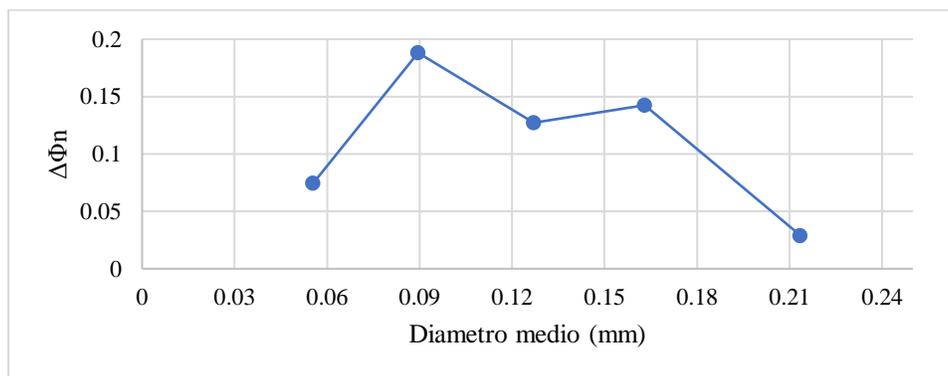
- Se cuarteó la muestra 2 veces como se indicó en la **Figura 4** de tal manera que la cantidad tomada para el estudio fuera una muestra representativa del lote.
- Inspección: Se procede a realizar una inspección inicial asegurando que no exista polvo o algún tipo de sólido de otro experimento que afecte los resultados del tamizado, también, se debe asegurar que estén completamente libres de humedad porque la sal es higroscópica y afectaría directamente el resultado, se pueden limpiar con aire comprimido para asegurar lo anterior.
- Elección de tamices: Se tomó como referencia la sal pulverizada de Caloto, se realizaron diferentes experimentos hasta cumplir con la especificación del 5%, obteniendo finalmente la siguiente serie: 60 – 80 – 100 -140 – 200 – 400 – fondo.
- Ubicación de tamices: Se ponen en orden de malla descendente empezando desde el fondo.
- Tiempo de tamizado: Se recomienda que el tiempo del tamizado sea de: 10 minutos.
- Se introduce la serie de tamices en el agitador mecánico, en caso de observar abolladuras en los tamices, se recomienda asegurar con cinta de enmascarar las uniones entre tamices, tapa y fondo.
- Después de finalizar el tiempo en el agitador mecánico se procede a bajar la serie de tamices y a pesar la masa retenida en cada uno, esto se realiza con una brocha debido al tamaño de partícula de la muestra.
- Verificar que la sumatoria de los pesos obtenidos en cada malla incluido el fondo debe estar entre el 99 – 101 % de la masa inicial, si no se cumple, es necesario repetir el procedimiento, si se cumple este dato se toma como la base de cálculo.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15. Resultados obtenidos en el tamizado Sal Caloto

N° Malla	Peso (g)	Máximo 5%
60	1.58	2.90%
80	7.76	-
100	6.9	-
140	10.25	-
200	4.07	-
400	21.56	-
Fondo	2.34	4.29%
TOTAL	54.49	
CUMPLE	99.07%	CUMPLE

Con las ecuaciones (Ec 1) y (Ec 2), se realiza la siguiente gráfica:



Grafica 3. AGD Sal Caloto

Cálculo de las propiedades medias:

Con las ecuaciones: (Ec 3), (Ec 4), (Ec 5) se procede el cálculo de las propiedades.

Material	Factor de forma, λ
Esferas, cubos, cilindros (L=Dp)	1.0
Arena de cantos lisos	1.2
Polvo de carbón	1.4
Arena de Cantos vivos	1.5
Vidrio Triturado	1.5
Escamas de Mica	3.6
Anillos Raschig (L=Dp)	1,7

Figura 7. Factores de forma para diferentes materiales ³

Se tomará como factor de forma, $\lambda = 1$, debido a su similitud, poseen forma de cubos, la densidad de la sal ⁶ es: 2.16 g/cm³

- Área superficial o superficie específica:

$$A_w = \frac{6 \cdot 1}{2.16} * 1.0772$$

$$A_w = 2.99 \frac{cm^2}{g}$$

- Diámetro medio volumen superficie:

$$D_{vs} = \frac{6 * 1}{2.16 * 2.99}$$

$$D_{vs} = 0.93 \text{ cm}$$

- Número de partículas:

$$N_w = 14650034.663$$

4.6.2 Sal pulverizada (Planta: Itagüí)

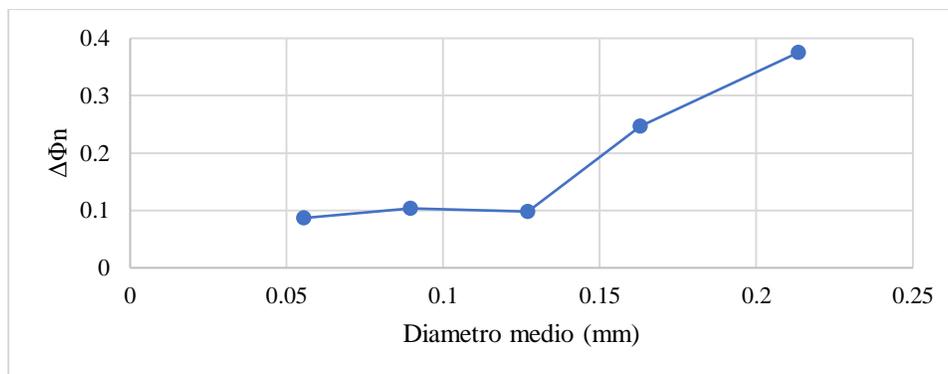
Se realizó el mismo procedimiento para la sal de Itagüí obteniendo los siguientes resultados:

Masa inicial: 53.5 g

Tabla 16. Resultados obtenidos en el tamizado sal Itagüí

Nº Malla	Peso (g)	Máximo 5%
----------	----------	-----------

60	19.97	37.54%
80	13.11	-
100	5.2	-
140	5.51	-
200	4.62	-
400	4.77	-
Fondo	0.001	0.002%
TOTAL	53.201	
CUMPLE	99.44%	NO CUMPLE



Grafica 4. AGD Sal Itagüí

- Área superficial o superficie específica:

$$Aw = \frac{6 \cdot 1}{2.16} \cdot 0.4234$$

$$Aw = 1.18 \frac{cm^2}{g}$$

- Diámetro medio volumen superficie:

$$D_{vs} = \frac{6 \cdot 1}{2.16 \cdot 1.18}$$

$$D_{vs} = 2.36 \text{ cm}$$

- Número de partículas:

$$N_w = 3462145.993$$

Comparación de resultados:

Tabla 17. Resultados comparados entre plantas

SAL	CALOTO	ITAGUI	% Error
A_w (cm ² /g)	2.99	1.18	-154%
D_{vs} (cm)	0.93	2.36	61%
N_w	14650034.7	3462145.993	-323%

Además, con ayuda de una cámara llamada Digital microscope se realizaron tomas para visualizar los tamaños de la sal, para esto primero se realizó un pequeño cuarteo para tomar muestra significativa, los resultados son los siguientes:

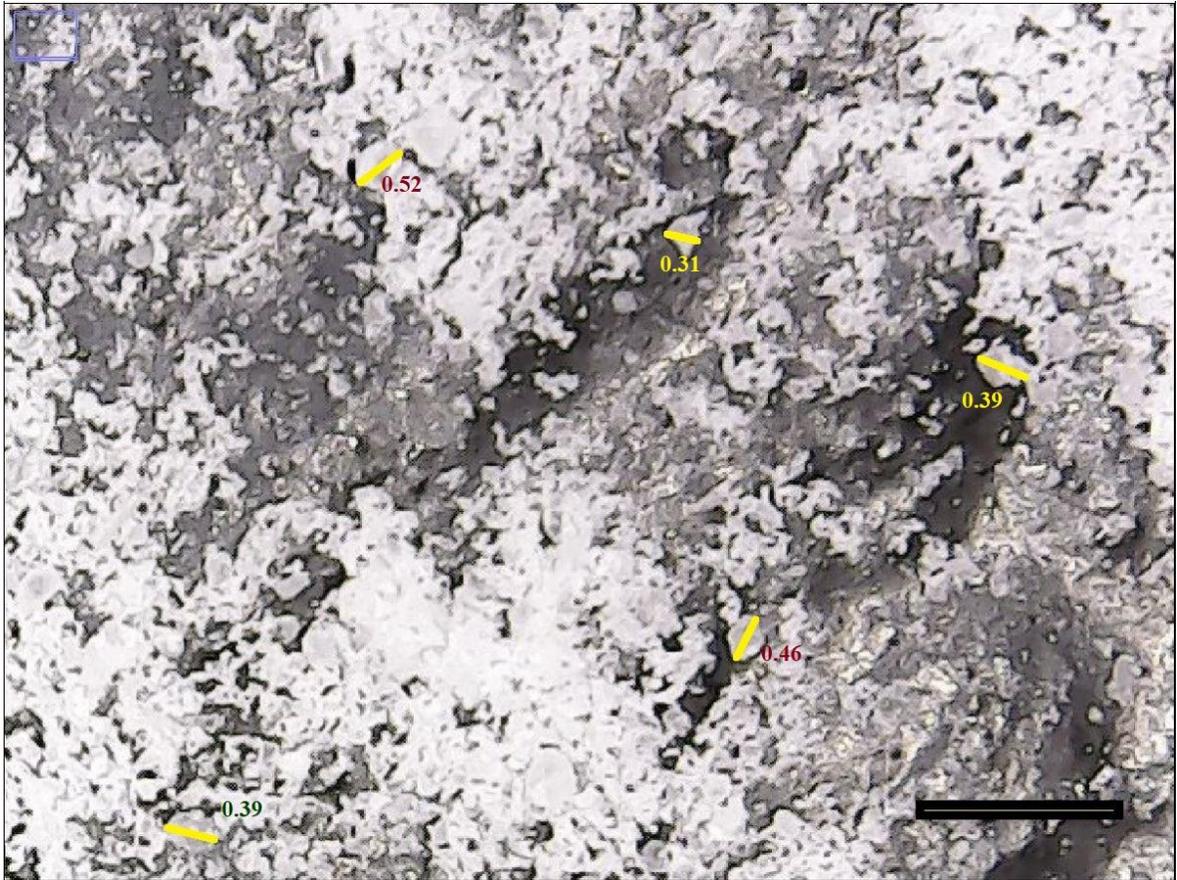


Figura 8. Tamaños de partícula (mm) Sal Caloto

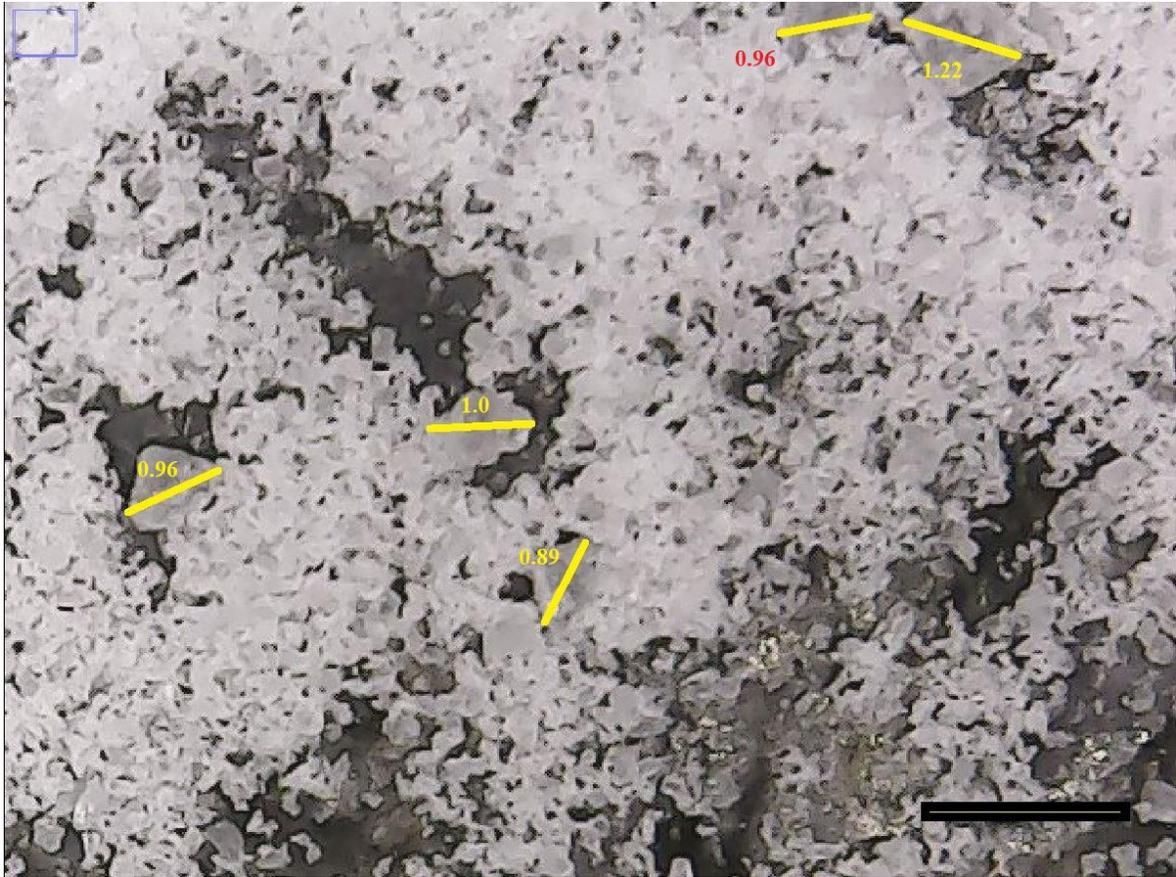


Figura 9. Tamaños de partícula (mm) Sal Itagüi

4.6.3 Maíz

4.6.3.1 Proveedor #1

Procedimiento:

- Masa requerida en el estudio: Debe ser igual o menor a la especificada en la tabla posterior:

Alternative Sieve Designation	Standard Sieve Designation	Number of Grain Layers on Given Sieve	Maximum Mass Retained on 200-mm (8-in.) Diameter Sieve, g ^A	Maximum Mass Retained on 305-mm (12-in.) Diameter Sieve, g	Maximum Mass Retained on 370- by 580-mm (14.6- by 22.8-in.) Sieve, g
3 in.	75 mm	0.8	2700	6100	18000
2 in.	50 mm	0.9	2000	4500	13000
1-1/2-in.	37.5 mm	0.9	1500	3400	10000
1 in.	25 mm	1	1100	2500	7000
3/4 in.	19.0 mm	1	900	2000	6000
3/8 in.	9.5 mm	1.25	550	1200	3600
No. 4	4.75 mm	1.5	325	730	2000
No. 10	2.00 mm	2	180	410	1000
No. 20	850 µm	3	115	260	800
No. 40	425 µm	4	75	170	500
No. 60	250 µm	5	60	140	400
No. 100	150 µm	6	40	90	300
No. 140	106 µm	6	30	70	200
No. 200	75 µm	6	20	50	100

Inicialmente se tomó la especificación del proveedor, como la malla no se encuentra en la tabla se realiza una regresión lineal para calcular la masa necesaria para la malla No. 25, obteniendo así aproximadamente:

Masa necesaria: 105 g

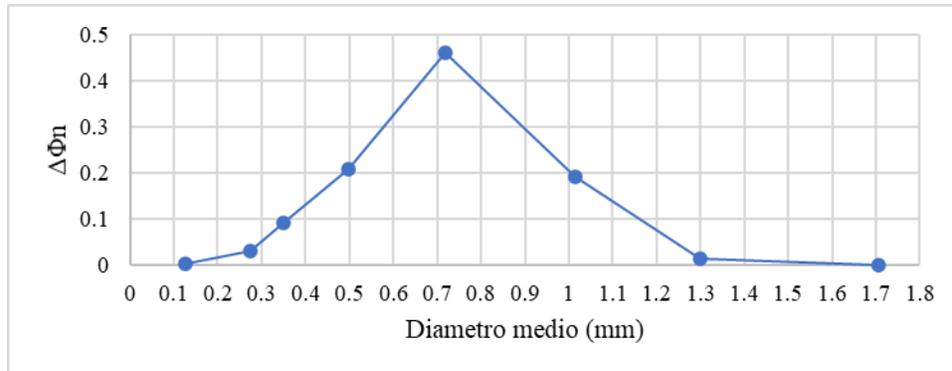
Masa inicial: 104.5 g

- Se cuarteó la muestra 2 veces de tal manera que la cantidad tomada para el estudio fuera una muestra representativa del lote.
- Inspección: Se procede como se realizó previamente con la sal pulverizada.
- Elección de tamices: Se tomó como referencia el maíz suministrado por el proveedor #1, se realizaron diferentes experimentos hasta cumplir con la especificación del 5%, obteniendo finalmente la siguiente serie: 10 – 14 – 16 – 20 -30 – 40 -50 – 60 – fondo.
- Ubicación de tamices: Se repite el proceso anterior.
- Tiempo de tamizado: Se recomienda que el tiempo del tamizado sea de: 5 minutos.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 18. Resultados obtenidos en el tamizado Maíz proveedor #1

N° Malla	Peso (g)	Máximo 5%
10	0	0.00%
14	1.26	
16	20.04	
20	48.16	
30	21.65	
40	9.43	
50	3.06	
60	0.27	
Fondo	0.63	0.60%
TOTAL	104.5	
CUMPLE	99.52%	CUMPLE



Grafica 5. AGD Maíz Proveedor #1

Para el cálculo de las propiedades medias se tomará como factor de forma, $\lambda = 1$, debido a su similitud, poseen forma de cubos, la densidad ⁷ del maíz es: 1.3 g/cm^3 , se usan las mismas ecuaciones utilizadas en la sal:

- Área superficial o superficie específica:

$$Aw = \frac{6 \cdot 1}{1.3} * 17.8654$$

$$A_w = 82.46 \frac{cm^2}{g}$$

- Diámetro medio volumen superficie:

$$D_{vs} = \frac{6 * 1}{1.3 * 82.46}$$

$$D_{vs} = 0.056 \text{ cm}$$

- Número de partículas:

$$N_w = 2569.048$$

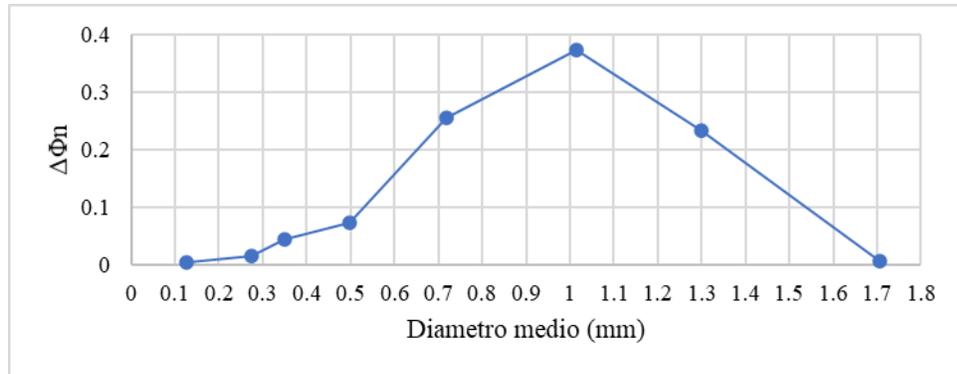
4.6.3.2 Proveedor #2

Procedimiento: Se realizó el mismo procedimiento realizado para el maíz proveedor #1.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19. Resultados obtenidos en el tamizado Maíz proveedor #2

N° Malla	Peso (g)	Máximo 5%
10	0.6	0.60%
14	23.3	
16	37.4	
20	25.7	
30	7.4	
40	4.3	
50	1.4	
60	0.3	
Fondo	0.09	0.09%
TOTAL	100.49	
CUMPLE	99.00%	CUMPLE



Grafica 6. AGD Maíz Proveedor #2

- Área superficial o superficie específica:

$$A_w = \frac{6 \cdot 1}{1.3} \cdot 37.3104$$

$$A_w = 172.20 \frac{cm^2}{g}$$

- Diámetro medio volumen superficie:

$$D_{vs} = \frac{6 \cdot 1}{1.3 \cdot 172.20}$$

$$D_{vs} = 0.027 \text{ cm}$$

- Número de partículas:

$$N_w = 1324.25$$

Comparación entre proveedores:

Tabla 20. Comparación entre proveedores

MAÍZ	Proveedor #1	Proveedor #2	% Error
A_w (cm ² /g)	82.46	172.20	52%
D_{vs} (cm)	0.056	0.027	-109%
N_w	2569.05	1324.251	-94%

4.7 Guía de mantenimiento

Fue revisada por parte del equipo de la planta y fue entregada a la sección de mantenimiento.

5. Análisis

En primer lugar, con el seguimiento cualitativo realizado es posible evidenciar en la **Figura 5** que se tiene una cantidad apreciable de desperdicio, cabe resaltar que el desperdicio en este contexto une el ripio de maíz y la sal, como se observa en la imagen 3, existe gran cantidad de sal por cada muestra de ripio, además, del sobreconsumo obtenido por estos desperdicios se debe tener en cuenta que también afecta negativamente el control de aguas residuales, dando niveles altos de cloruros, haciendo que los datos obtenidos en los análisis sean mayores a los permitidos. Por otro lado, en la **Tabla 10** se puede apreciar cuantitativamente la cantidad de sal obtenida diariamente en diferentes semanas, aunque los datos no son totalmente constantes debido a cambios en los horarios de producción es posible lograr una percepción de cuán importante es mejorar este sobreconsumo, por ende, para una mejor conclusión se cuenta con los datos del año 2020 y 2021 encontrados en la **Tabla 11** y **Tabla 12** respectivamente obteniendo variaciones negativas altas, en mucha mayor medida que en la planta principal ubicada en Caloto como se observa en la **Tabla 13** y **Tabla 14**, cabe resaltar que la opción más rápida para mejorar sería el envío de la sal utilizada en Caloto directamente pero por temas de costos no es la opción más viable.

En cuanto al seguimiento de almacenamiento en planta se puede observar en la **Figura 6** que las condiciones son óptimas, y en la **Grafica 1** y **Grafica 2** se evidencia que las condiciones de temperatura y humedad se encuentran dentro del rango establecido para el almacenamiento de materias primas especificado por los proveedores, además, la toma de datos fue realizada a tres horas diferentes, como se puede observar alrededor de las 7:00 am, 12:00 pm y 4:00 pm, para conocer de una manera más amplia el rango en el que se encontraban almacenadas las materias primas. Conociendo que los factores anteriores no afectaban dicho problema, se realizaron los análisis granulométricos.

- Sal Pulverizada

Siguiendo los estatutos encontrados en la norma ASTM E-11 se calculó la máxima masa requerida para cada ensayo de granulometría como se puede observar en los resultados para la sal pulverizada debe ser igual o menor a 55g, estos valores se tomaron relacionando el tamaño del tamiz de los ensayos y el tamaño de partícula de la materia prima, luego se cuarteó dos veces para cada experimento con el fin de tomar una muestra representativa del lote de manera que no exista segregación de las partículas en la muestra tomada; con los datos obtenidos en la experimentación para sal Caloto encontrados en la **Tabla 15** y con la **Grafica 3** se estima que esta sal contiene en mayor cantidad dos tamaños de partícula con diámetros de aproximadamente 0.07 mm y 0.16 mm, teniendo la mayor cantidad de muestra en 0.07 mm, a diferencia de la sal Itagüí en la **Tabla 16** y la **Grafica 4** en donde se observa que no cumple con el punto de 5% en la malla inicial, obteniendo de esta manera una gran cantidad de muestra en un tamaño de partícula mayor en comparación a la sal de

Caloto, y en la gráfica se confirma que la mayor cantidad de muestra se encuentra en un tamaño de partícula de aproximadamente 0.21 mm. Al calcular las propiedades medias se observa en la **Tabla 17** que la sal en Caloto contiene mayor área superficial 2.99 cm²/g en comparación a sal Itagüí 1.18 cm²/g es decir una variación de 154% haciendo que tenga mayor probabilidad de adherirse al producto y disminuyendo el desperdicio de sal, además, el diámetro medio es mucho menor en Caloto con 0.93 cm a diferencia de Itagüí 2.36 cm con variación de 61%, y finalmente la cantidad de partículas en la muestra con una variación de 323%. En la **Figura 8** y **Figura 9** se aprecia la diferencia de tamaños observando que en la sal Caloto el mayor tamaño es de 0.52 mm mientras que en sal Itagüí es 1.22 mm. Con estos datos obtenidos es posible actualizar la especificación de la sal requerida para evitar los desperdicios.

- **Maíz**

De igual manera siguiendo la norma ASTM se encuentra que la cantidad máxima de muestra para el maíz es igual o menor a 105g, el procedimiento es similar al de la sal pulverizada pero cambian el tamaño de la serie de tamices y el tiempo de tamizado, en la **Tabla 18** y **Tabla 19** se puede observar que cumple con el 5% con ambos proveedores y en la **Grafica 5** se observa que la mayor cantidad de muestra tiene un diámetro medio de 0.7 mm, en comparación al análisis realizado para el proveedor #2 en donde el tamaño de partícula se encuentra en 1.0 mm; las propiedades medias de ambos proveedores también difieren en cierta medida, aunque, era lo que se esperaba debido a que cada proveedor tiene diferentes formas de preparación del grits de maíz y depende también de la región en donde se produce el maíz; pero para esto fue necesario crear dos especificaciones diferentes para cada proveedor de esta manera se pudo mejorar el tema de aceptación y/o rechazo de la materia prima que ingresaba en planta.

CONCLUSIONES

- Se identificaron las materias primas críticas en el sobreconsumo de la planta.
- Fue posible realizar el análisis cualitativo y cuantitativo a pesar de que hubo factores ajenos a la empresa que dificultaron en menor manera el proceso, esta fue una parte crucial del procedimiento debido a que fue posible encaminar los objetivos.
- Se realizaron las respectivas inspecciones al equipo de tamizado concluyendo que el problema recaía en el método de tamizado.
- Se revisó las condiciones de almacenamiento y transporte concluyendo que no afectaban la aplicación del producto en planta.
- Se calcularon las propiedades medias de la sal yodada utilizada tanto en planta Caloto como Itagüí y se pudo observar las diferencias significativas obtenidas entre ambas sales, de igual manera se realizó con los dos proveedores de maíz con los que se realizaron los ensayos.
- Se entregó un instructivo de mantenimiento del equipo de tamizado de tal manera que cualquier persona tenga acceso a esta información.

REFERENCIAS

- ¹ Mundo Sabor. Snacks extrusionados. 2021
- ² Granulometría. 2010
- ³ OSORIO, Adriana. Operaciones con sólidos. Medellín – Antioquia. Universidad de Antioquia. 2019.
- ⁴ ASME. Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes1. In *Manual on Testing Sieving Method*. 2004.
- ⁵ JIMENEZ, Mónica – ELIZONDO, Fabián. MÉTODO DE REDUCCIÓN DE MUESTRA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO EN MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. *Métodos y Materiales • LanammeUCR*, 4, 2. <file:///C:/Users/Sofía/Andrea/Downloads/Dialnet-MetodoDeReduccionDeMuestraParaEnsayosDeLaboratorio-6240935.pdf> 2015.
- ⁶ WILLIAMS, Patricia – FERRER, Evelina. Determinación experimental de la densidad del NaCl: Un trabajo práctico para aplicar conceptos previamente adquiridos sobre los sistemas cristalinos y las propiedades de los cristales. *Real Sociedad Española de Química*, 42. <file:///C:/Users/Sofía/Andrea/Downloads/Dialnet-DeterminacionExperimentalDeLaDensidadDelNaCl-2510360.pdf> 2007.
- ⁷ SIERRA, Jorge. *MOLIENDA SECA - Procesamiento de Maíz y Sorgo*. <https://es.slideshare.net/jlsnene/clase-16-molienda-seca-de-maiz-y-sorgo> 2018

ANEXOS

Norma A.S.T.M E-11-04