

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA ETAPA DE  
BATIDO EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PANELA  
GRANULADA EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL  
PANELERA “LA GARDENIA” DEL CANTÓN ANTONIO  
ANTE PROVINCIA DE IMBABURA”**

Tesis previa a la obtención del Título de  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

## **AUTORES**

Aguilar Cadena Diana Pilar  
Benalcázar Vaca Alan Mauricio

## **DIRECTOR**

Ing. Hernán Cadena

**Ibarra – Ecuador**

**2013**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**“EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA ETAPA DE BATIDO EN EL  
PROCESO EN LA ELABORACIÓN DE PANELA GRANULADA EN LA  
EMPRESA AGROINDUSTRIAL PANELERA “LA GARDENIA” DEL  
CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA”**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial  
para obtener el Título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

APROBADA:

Ing. Hernán Cadena .....  
Director

Ing. Marcelo Vaca .....  
Asesor

Ing. Jorge Granja .....  
Asesor

Ing. Franklin Hernández .....  
Asesor

Ibarra – Ecuador

2013



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003663893		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Aguilar Cadena Diana Pilar		
<b>DIRECCIÓN:</b>	1 De Agosto Y Aguilar		
<b>EMAIL:</b>	pidana88d@gmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2909353	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003823521		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Benalcazar Vaca Mauricio Alan		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Yacucalle		
<b>EMAIL:</b>	alan_mauri@yahoo.es		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0985155355

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“Evaluación y optimización de la etapa de batido en el proceso de elaboración de panela granulada en la empresa agroindustrial panelera “ La Gardenia” del cantón Antonio ante provincia de Imbabura”
<b>AUTOR (ES):</b>	Aguilar cadena Diana Pilar Benalcázar vaca Alan Mauricio
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	25 de abril del 2013
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería Agroindustrial
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Hernan Cadena

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Aguilar cadena Diana Pilar, con cédula de identidad Nro. 1003663893, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de Abril de 2013

### EL AUTOR:

Aguilar Diana  
1003663893

Benalcázar Alan  
1003823521

Ing. Betty Chávez  
JEF E BIBLIOTECA



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Aguilar cadena Diana Pilar, con cédula de identidad Nro. 1003663893, Y Benalcàzar Alan con cédula de identidad Nro 1003823521, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: “Evaluación y optimización de la etapa de batido en el proceso de elaboración de panela granulada en la empresa agroindustrial panelera “La Gardenia” del cantón Antonio ante provincia de Imbabura”, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 25 días del mes de Abril de 2013

Aguilar Diana  
1003663893

Benalcàzar Alan  
1003823521

***Los criterios, comentarios, conceptos, cuadros y esquemas  
que se presentan en el presente documento son  
responsabilidad y  
propiedad exclusiva de los autores.***

**Aguilar Cadena Diana Pilar  
Benalcázar Vaca Alan Mauri**

## **DEDICATORIA**

*La presente tesis está dedicada a*

*Dios porque de una u otra manera me guía para continuar cada día  
cumpliendo logros y metas que me he propuesto.*

*A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos,  
enseñanzas y valores que me han permitido ser una persona de bien, pero  
más que nada, por su amor.*

*A mi hermano David Aguilar persona ejemplar y a mis hermanos que están  
presentes en todo momento.*

*A todos que de alguna manera han sido parte importante en mi vida.*

**Diana Aguilar**

*La presente tesis está dedicada a*

*Dios, por permitir que mis convicciones superen a mis debilidades.*

*Mi madre, Luli por ser el mejor apoyo en todo momento de mi existencia.*

*A mis hermanos Paulo, Duquelman, Claudia, Sebastián y Génesis, por todas las experiencias gratas y satisfactorias que le dieron a la mi vida y formación de este su servidor.*

*A las familias Benalcázar Gonzales, Benalcázar Mayanquer, Bedon Benalcázar y Osorio Casallas, especialmente a mi cuñado Christian Bedon, por demostrarme que la humildad es un valor que solo las personas valiosas poseen.*

*A mi amigo y hermano Nery Ajavi, por apreciar a las personas no por lo que llevan en el bolsillo, sino en su forma de ser.*

**Alan B.**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios y nuestras familias por ser lo más valiosos en esta vida.*

*Al Ing. Hernán Cadena, que sin sus ideas y criterios no se hubiese realizado la presente tesis.*

*Al Ing. Walter Quezada, guía e importante aporte para concluir este trabajo.*

*Al Sr. Christian Bedón por su especial y muy significativa ayuda en la realización de esta investigación.*

*Al Ing. Marco Cahueñas, por su carisma y esa manera desinteresada de ayudar a sus estudiantes para que cumplan sus metas.*

*Al Sr. Leonardo Díaz por su hospitalidad y prestación de su empresa para la ejecución de este proyecto.*

*A la Escuela Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte, por concedernos la oportunidad de formar parte de esta tan gratificante y apasionante experiencia universitaria.*

*A todas y cada una de las personas que de una u otra manera colaboraron de alguna forma en la concreción de este proyecto de investigación, les agradecemos infinitamente*

**Los autores**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2. OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
1.2.1. Objetivo general.....	7
1.2.2. Objetivos específicos.....	7
<b>1.3. HIPÓTESIS</b> .....	<b>8</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1. LA CAÑA</b> .....	<b>9</b>
2.1.1. Definición.....	9
2.1.2. Variedades de uso panelero.....	9
<b>2.2. AGROINDUSTRIA PANELERA</b> .....	<b>10</b>
2.2.1. Descripción.....	10
2.2.2. Agroindustria panelera en el Ecuador.....	10
2.2.3. Agroindustria panelera en la provincia de Imbabura.....	11
<b>2.3. DERIVADOS DE LA AGROINDUSTRIA PANELERA</b> .....	<b>12</b>
2.3.1. Panela.....	12
2.3.2. Miel Hidrolizada.....	13
2.3.3. Azúcar Natural.....	13
2.3.3.1. Requisitos mínimos.....	14
<b>2.4. CALIDAD DE LA PANELA</b> .....	<b>15</b>
2.4.1. Calidad.....	15
2.4.2. Variables que influyen en la calidad de la panela.....	15
<b>2.5. PUNTEO MELADURA DE CAÑA</b> .....	<b>17</b>
2.5.1. Punteo.....	17
2.5.2. Sobresaturación.....	17
2.5.3. Inversión de la sacarosa.....	18
2.5.4. Temperatura de punteo.....	19

<b>2.6.</b>	<b>BATIDO DE MELADURA DE CAÑA</b>	<b>20</b>
2.6.1.	Batido manual	20
2.6.2.	Batido mecánico	21
2.6.2.1.	Prototipo	21
<b>2.7.</b>	<b>BATIDO DE PANELA GRANULADA</b>	<b>22</b>
2.7.1.	Enfriamiento	23
2.7.2.	Cristalización	24
2.7.3.	Optimización	25
<b>2.8.</b>	<b>TAMIZADO</b>	<b>26</b>
2.8.1.	Uniformidad de cristales	26
2.8.2.	Formación de conglomerados	27
2.8.3.	Empaque y Almacenamiento	27
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>29</b>
<b>3.1.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>29</b>
3.1.1.	Materia prima e insumos	29
3.1.2.	Materiales y equipos de laboratorio	29
<b>3.2.</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>30</b>
3.2.1.	Localización	30
3.2.2.	Factores en estudio	31
3.2.3.	Variables cuantitativas	34
❖	<i>Al final de la etapa de batido</i>	34
❖	<i>En la etapa de tamizado</i>	34
3.2.4.	Variables cualitativas evaluadas en el producto final	34
3.2.5.	Descripción de las variables cuantitativas y cualitativas	34
3.2.5.1.	Variables cuantitativas	34
3.2.5.2.	Variables cualitativas	38
<b>3.3.</b>	<b>MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO</b>	<b>40</b>
3.3.1.	Evaluación de la etapa de batido de meladura de caña.	40
3.3.2.	Diagrama de proceso para la elaboración de azúcar natural	43
3.3.3.	Descripción del proceso de elaboración de azúcar natural	44
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>55</b>

4.1.	Evaluación de batido tradicional.....	55
4.2.	Evaluación de batido mecánico.....	56
4.3.	Variables cuantitativas al final de la etapa de batido.....	57
4.3.1.	Porcentaje de azúcar en malla de 5 mm.....	57
4.4.	Análisis de variables evaluadas en el producto final.....	82
4.5.	Análisis granulométrico para los tres mejores tratamientos.....	84
4.6.	Análisis físico químico para el mejor tratamiento.....	86
4.7.	Comportamiento de la Concentración del jugo de la caña en función de la temperatura de ebullición.....	86
4.8.	Balance de materiales para el mejor tratamiento.....	87
<b>5</b>	<b>CAPITULO V</b>	<b>89</b>
<b>5.1.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>89</b>
<b>5.2.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>92</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>94</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>98</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1: Requisitos de la panela .....	14
Cuadro 2.2: Requisitos de la Panela Granulada.....	15
Cuadro 2.3: Variables que afectan la calidad de la panela.....	16
Cuadro 2.4: Condiciones de aire incorporado a la masa batida.....	24
Cuadro 3.1: Condiciones ambientales.....	30
Cuadro 3.2: Tratamientos en estudio.....	32
Cuadro 3.3: Análisis de varianza.....	33
Cuadro 3.4: Producción panelera de diferentes cantones de Imbabura.....	41
Cuadro 4.1: Evaluación del batido tradicional.....	55
Cuadro 4.2: Evaluación del batido mecánico.....	56
Cuadro 4.3: Variación del porcentaje de azúcar en malla de 5 mm.....	57
Cuadro 4.4: ADEVA.....	58
Cuadro 4.5: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos (porcentaje de azúcar en malla de 5 mm).....	59
Cuadro 4.6: Prueba de DMS para el factor T (Temperatura de punteo).....	59
Cuadro 4.7: Prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido).....	60
Cuadro 4.8: Prueba de DMS para el factor t (tiempo de batido).....	60
Cuadro 4.9: Variación del porcentaje de azúcar en malla de 3 mm.....	64
Cuadro 4.10: ADEVA.....	64
Cuadro 4.11: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos (porcentaje de azúcar en malla de 3 mm).....	65
Cuadro 4.12: Variación del porcentaje de azúcar en malla de 1 mm.....	68
Cuadro 4.13: ADEVA.....	68
Cuadro 4.14: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos (porcentaje de azúcar en malla de 1 mm).....	69
Cuadro 4.15: Prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido).....	70
Cuadro 4.16: Variación del porcentaje de azúcar como producto final.....	73
Cuadro 4.17: ADEVA.....	73
Cuadro 4.18: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos (porcentaje de azúcar como producto final).....	74

Cuadro 4.19: Prueba de DMS para el factor T (Temperatura de punteo).....	75
Cuadro 4.20: Prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido).....	75
Cuadro 4.21: Prueba de DMS para el factor t (tiempo de batido).....	76
Cuadro 4.22: Variación del porcentaje de azúcar como mezcla (% PF + % 1mm).....	.....
Cuadro 4.23: ADEVA.....	77
Cuadro 4.24: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos - porcentaje de azúcar obtenida como mezcla (% PF + % 1 mm).....	78
Cuadro 4.25: Prueba de DMS para el factor T (Temperatura de punteo).....	79
Cuadro 4.26: Prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido).....	79
Cuadro 4.27: Prueba de DMS para el factor t (tiempo de batido).....	79
Cuadro 4.29: Análisis granulométrico de campo para los tres mejores tratamientos.....	84
Cuadro 4.30: Análisis granulométrico de laboratorio para los tres mejores tratamientos.....	85
Cuadro 4.31: Análisis físico químico del mejor tratamiento T5 (T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub> -Meladura con 125 °C batida a 95 r.p.m. durante 5 min).....	86
Cuadro 4.32: Comportamiento de la Concentración del jugo de la caña en función de la temperatura de ebullición.....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Representación de la interacción T*t (Temperatura de punteo * tiempo de batido).....	61
Gráfico 4.2: Representación de la interacción V*t (Velocidad de batido * tiempo de batido).....	62
Gráfico 4.3: Comportamiento de las medias del porcentaje de azúcar enmalla de 5mm.....	63
Gráfico 4.4: Representación de la interacción V*t (Velocidad de batido * tiempo de batido).....	66
Gráfico 4.5: Comportamiento de la medias del porcentaje de azúcar en malla de 3mm.....	67
Gráfico 4.6: Representación de la interacción T*V (Temperatura de punteo* Velocidad de batido).....	71
Gráfico 4.7: Comportamiento de la medias del porcentaje de azúcar natural retenida en malla de abertura 1 mm.....	72
Gráfico 4.8: Comportamiento de la medias del porcentaje de azúcar natural obtenido como producto final.....	76
Gráfico 4.9: Comportamiento de la medias del porcentaje de azúcar como mezcla (% PF + % 1 mm).....	80

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 3.1: Recepción de caña.....	44
Fotografía 3.2: Molino extractor .....	45
Fotografía 3.3: Prelimpiador de hormigón .....	45
Fotografía 3.4: Mucilago de balso.....	46
Fotografía 3.5: Tina de clarificación .....	46
Fotografía 3.6: Retiro de cachaza (descachazado).....	47
Fotografía 3.7: Tinajas de concentración .....	48
Fotografía 3.8: Punto de panela (punteo).....	49
Fotografía 3.9: Punto de panela (punteo).....	49
Fotografía 3.10: Batido mecánico de meladura.....	51
Fotografía 3.11: Cristalización en recipiente de batido .....	52
Fotografía 3.13: Batido - Enfriamiento de meladura cristalizada.....	53
Fotografía 3.14: Tamizado.....	53
Fotografía 3.15: Empaque final .....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de encuesta para evaluación sensorial del azúcar natural con granulometría GRUESA, LIGERA, MEDIANA Y FINA.....	98
Anexo 2. Fotografías durante la evaluación sensorial realizada por los panelistas · .....	103
Anexo 3. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamiento de acuerdo al Color. Azúcar natural GRUESA.....	104
Anexo4. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Aroma. Azúcar natural GRUESA.....	105
Anexo 5. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Sabor. Azúcar natural GRUESA.....	106
Anexo 6. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo a la Granulometría. Azúcar natural GRUESA.....	107
Anexo 7. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Color. Azúcar natural LIGERA.....	108
Anexo 8. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Aroma. Azúcar natural LIGERA.....	109
Anexo 9. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Sabor. Azúcar natural LIGERA.....	110
Anexo 10. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo a la Granulometría. Azúcar natural LIGERA	111
Anexo 11. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Color. Azúcar natural MEDIANA.....	112
Anexo 12. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Aroma. Azúcar natural MEDIANA.....	113
Anexo 13. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Sabor. Azúcar natural MEDIANA.....	114
Anexo 14. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo a la Granulometría. Azúcar natural MEDIANA-----	
Anexo 15. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Color. Azúcar natural FINA.....	116
Anexo 16. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Aroma. Azúcar natural FINA.....	117

Anexo 17. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Sabor. Azúcar natural FINA.....	<b>118</b>
Anexo 18. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo a la Granulometría. Azúcar natural FINA.....	<b>119</b>
Anexo 19. Informe de resultados de porcentaje de humedad para los distintos tratamientos.....	<b>120</b>
Anexo 20. Informe de resultados sobre densidad para los distintos tratamientos	<b>121</b>
Anexo21. Análisis granulométrico de laboratorio para los tres mejores tratamientos	<b>122</b>
Anexo22. Análisis fisicoquímico para el mejor tratamiento.....	<b>123</b>
Anexo23. Fotografías del montaje estructural del prototipo de batidora industrial	<b>124</b>
Anexo24. Descripción de operadores mecánicos del prototipo de batidora industrial	<b>126</b>
Anexo 25. Norma Técnica Ecuatoriana para la elaboración de panela granulada.	<b>127</b>
Anexo 26. Norma Técnica Colombiana para la elaboración de panela granulada.;	<b>Error! Marcador no c</b>

## RESUMEN

La agroindustria panelera a nivel regional es vista como una de las de menor importancia, sin tomar en cuenta que el consumo de productos derivados de esta agroindustria está en aumento; uno de estos el azúcar natural es el producto que compite directamente con el azúcar blanca procesada por los grandes ingenios azucareros, pero con notables diferencias en cuanto se refiere a beneficios nutricionales; sin embargo a pesar de esto los paneleros no producen continuamente azúcar natural por los bajos rendimientos que genera esta producción, debido a la formación de conglomerados o terrones de azúcar.

La transferencia de tecnología hacia el sector agroindustrial panelero es nula comparada con otras agroindustrias, y el objetivo de esta investigación es transferir tecnología para generar mayores rendimientos en la elaboración de azúcar natural, para solucionar uno de los problemas que enfrentan los centros paneleros en la provincia y en el país, al momento de procesar azúcar natural.

Para confirmar lo dicho en el texto anterior se realizó previa a la investigación una evaluación de los productos que elaboran los centros paneleros en la provincia de Imbabura, siendo la panela en bloque el producto de preferencia por la mayoría de agroindustrias.

El batido es la etapa crítica en la elaboración de azúcar natural debido a que en esta es donde tiene lugar la cristalización del azúcar, y si no se controla esta etapa de manera objetiva se obtienen rendimientos bajos de azúcar natural.

En la etapa de batido tradicional el esfuerzo físico por parte de los operarios que elaboran azúcar natural, es excesivo, es por esta razón que en la investigación se optimizó las temperaturas de punteo, velocidad y tiempo de batido en un prototipo de batidora industrial, el cual permitió reducir notablemente el tiempo de batido.

Para medir estadísticamente las variables en estudio se probaron doce tratamientos más un testigo que fue el tratamiento que no fue batido en el prototipo de batidora

industrial sino a mano, estos tratamientos se repitieron tres veces durante tres días respectivamente. Para el análisis estadístico se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con un arreglo factorial  $T*V*t +1$ , donde el factor “**T**” representa la Temperatura de punteo, el factor “**V**” representa la velocidad de batido y el factor “**t**” representa el tiempo de batido. Las variables cuantitativas analizadas al final de la etapa de batido fueron porcentaje de masa retenida en mallas de aberturas 5mm, 3 mm y 1 mm, así como el porcentaje obtenido como producto final y como mezcla de producto final + lo retenido en la malla de abertura 1mm. Las variables cualitativas analizadas en el producto final fueron el color, aroma, sabor y granulometría más aceptable.

La determinación de la diferencia significativa se realizó con la prueba de Tukey en tratamientos y DMS para factores. Además se realizó las gráficas de las interacciones que resultaron con significación en el análisis de varianza. Con el fin de evaluar las variables no paramétricas como el color, aroma, sabor y granulometría del producto final, se utilizó la prueba de Friedman al 5 %.

Los tres tratamientos que se comportaron de mejor manera en la investigación fueron el **T5**(Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min), **T3** (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 5 min) y el **TESTIGO** siendo el mejor tratamiento el **T5**(Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min) debido a que es el tratamiento que en el batido mecánico, genera el menor porcentaje de conglomerados (12,25 %) y el mayor porcentaje de azúcar natural, tanto como producto final (44,88%) y como mezcla (60,67%), es decir este tratamiento es el que se comporta de mejor manera con respecto a la mayoría de variables cuantitativas tomadas en cuenta para este trabajo investigativo.

## SUMMARY

The Panela agro industry regional level is seen as one of the Minors, Without taking into account the consumption Of this agribusiness products is increasing; Just Only of these It's a natural sugar product competes directly with white sugar processed by large sugar mills but with notable differences in benefits and concerns but of this the sugarcane no natural and sugar produced continuously by low yields been by this production due to the formation of clusters or lumps of sugar.

The transfer of technology into the sugarcane agroindustrial is zero compared other agroindustries, and the aim of this study is to transfer technology to produce highest yields in the preparation of naturally occurring sugar, to solve one of the problems facing sugar cane centers in the province and in the country, when processing natural sugar.

To confirm what is said in the text above was performed prior to the evaluation of research products they produce sugar cane centers in the province of Imbabura, panel a block being the product of choice for mostagri business.

Churning is the critical stage in the development of natural sugar because this is where you place the sugar crystallization, and if left unchecked this stage are obtained objective ly low natural sugar yield.

At the stage of physical exertion beaten by operators that produce natural sugar, is excessive, it is for this reason that the investigation is optimized plotting temperatures, speed and mixing time in a prototype industrial mixer, which allowed markedly, reduce the mixing time by 75%.

To measure statistic ally the study variables were tested twelve treatments plus a control treatment that was not was beaten in the industrial mixer prototype but by hand, these treatments were repeated three times over three days, respectively. For

statistical analysis we used design of randomized complete block with a factorial arrangement  $T \times V \times t + 1$ , where the "T" represents theta temperature, the factor "V" represents the speed factor and beaten "t" represents the mixing time.

Quantitative variables analyzed at the end of the whipping stage were retained in mass percentage 5mm mesh openings, 3 mm and 1mm, and the percentage obtained as a final product and as final product mixture in the retentate + mesh opening 1mm. Qualitative variables analyzed in the final product were the color, aroma, flavor and more acceptable grain.

The determination of the significant difference was performed by the Tukey test for treatment and factors DMS. We also carried out the graphs of the interactions that were significant in the analysis of variance. To assess non-parametric variables such as color, aroma, taste and granulometry of the final product, Friedman test used 5%.

The three treatments behaved better in the investigation were the T5 (125 ° C measure with clay at 95 r.p.m. for 5 min), T3 (124 ° C measure with whipped at 125 rpm for 5 min) and the control being elT5 best treatment (125 ° C measure with whipped at 95 rpm for 5 min) because it is the treatment that the mechanical beating, produces the lowest percentage of clusters (12.25%) and the highest percentage of natural sugar, so as a final product (44.88%) and as a mixture (60.67%), in this treatment is that it behaves better with respect to most quantitative variables taken into account for this research work. Qualitative variables all behave similarly for all treatments under study positions, in plotting the temperature, velocity and mixing time does not affect the color, aroma, and flavor and size distribution of the final product.

## **CAPÍTULO I**

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1.INTRODUCCIÓN**

A pesar que la panela desde hace décadas ha sido el producto de mayor incidencia en la alimentación en zonas rurales y de bajos ingresos, en los últimos años su consumo se populariza en todos los estratos sociales; haciendo que la producción nacional aumente y a futuro la agroindustria panelera se pueda convertir en una de las principales agroindustrias del país.

La importancia de investigar y crear nuevas alternativas tecnológicas para el servicio de un sector de la producción, es evidente para el desarrollo de cualquier agroindustria. Tal es el caso del presente estudio, realizado con el fin de proporcionar una herramienta técnica que permita mejorar los rendimientos de azúcar natural producida por los centros paneleros de la provincia y del país.

La agroindustria panelera se debe desarrollar aplicando tecnologías adecuadas, que hagan más eficiente el proceso productivo, para bajar costos de producción, obtener un producto de óptima calidad que sea competitivo en cualquier mercado nacional e internacional, y garantizar buenos rendimientos con un mínimo impacto ambiental, esto se logra en la mayoría de procesos optimizando los mismos.

Bajo este último criterio polémico anotado existe de entre todas las etapas del proceso panelero una que es verdaderamente un punto crítico, aún nada resuelto, y se trata de la etapa de batido. En esta etapa, si no se realizan controles técnicos de proceso, se evidencian pérdidas y bajos rendimientos del producto final. Se

estima que en la producción de panela granula, que por cada 10 quintales de panela granulada, de 3 a 4 son conglomerados o terrones que se forman.

El batido es una etapa que debe ser evaluada y optimizada para mantener la calidad del producto. En esta etapa, un producto originalmente de calidad puede perderla, como es lo más natural en la mayoría y porque no decirlo en todas las agroindustrias paneleras, por el descuido tecnológico y de proceso que se aplica. Se pueden aplicar controles de masa de miel, temperaturas a la entrada y salida del producto, velocidad de agitación y tiempo de la misma, al hacer esto se obtendrá un producto de buena calidad, misma que se manifiesta en el color, olor, sabor y granulometría del producto final.

Por lo antes dicho, desarrollar alternativas para evaluar y optimizar la etapa de batido, se convierte en una prioridad para el sector panelero, y una solución de uno de los problemas técnicos más importantes, que causan pérdidas económicas a esta agroindustria.

## **1.2.OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Evaluar la etapa de batido para optimizar el proceso de elaboración de panela granulada en la empresa agroindustrial panelera “Gardenia” del cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las condiciones de operación inicial y final de batido tradicional en la producción de panela granulada.
- Evaluar la velocidad y tiempo de batido en función de la temperatura de punteo, utilizando un prototipo de batidora industrial.
- Evaluar el nivel de pérdidas que se presentan al final del proceso de producción de panela granulada.
- Evaluar el producto final, mediante análisis sensorial.

### **1.3.HIPÓTESIS**

- Ho: La velocidad y tiempo de batido así como la temperatura de punteo de la meladura de caña en la etapa de batido, influyen en la granulometría, humedad y densidad de panela granulada obtenida al final del batido.
- Hi: La velocidad y tiempo de batido así como la temperatura de punteo de la meladura de caña en la etapa de batido, no influyen en la granulometría, humedad y densidad de panela granulada obtenida al final del batido.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. LA CAÑA

##### 2.1.1. Definición

Define Polo P. (2005) que la caña de azúcar pertenece a la familia *Placea* y al género *Saccharum*. Dentro de este género se considera que existen seis especies, dos silvestres y cuatro domesticadas; las silvestres corresponden a *S. spontaneum* y *S. robustum* y las domesticadas *S. edule*, *S. barberi*, *S. sinensis* y *S. officinarum* L., de las cuales se derivan las variedades de caña de azúcar cultivadas hoy en día. (p 4)

La misma fuente indica que “El género *Saccharum* cuenta con seis diferentes especies, siendo la más conocida y utilizada para el consumo y producción de panela *Saccharum officinarum* L.”

##### 2.1.2. Variedades de uso panelero

Según Osorio, G. (2007). El mejoramiento genético en caña panelera está orientado a la caracterización y adaptación de variedades de alto rendimiento y agroindustrialmente deseables, que se adapten a las condiciones de manejo de las áreas paneleras. (p 53)

Enríquez O. (2004). Señala que en la provincia de Imbabura la superficie cultivada de caña destinada a la producción de panela, para cada variedad es aproximadamente la siguiente: (p 48).

- C.B (Campus Brasil): 261 Has.

- P.R (Puerto Rico): 33 Has.
- Otras: 7Has.

Los datos anteriores reflejan una sola tendencia con respecto a la utilización de variedades de caña para uso panelero en la provincia, tendencia que es marcada por dos variedades por excelencia: C.B (Campus Brasil) y P.R (Puerto Rico). Sin embargo si bien en cierto la variedad de caña es importante también lo es las condiciones en las que llegue esta al centro panelero.

## **2.2. AGROINDUSTRIA PANELERA**

### **2.2.1. Descripción**

Mujica, V.; Guerra, M.; Soto, N. (2008), afirman que la agroindustria panelera es del tipo rural, tradicional y artesanal en todo el mundo, caracterizándose por una producción poco organizada en la cual no se controlan las condiciones de proceso ni las características del producto terminado. (p 598)

Quezada W. (2007), manifiesta que “la agroindustria panelera es el lugar fijo e inteligente donde ocurren una serie de operaciones continuas de transformación de la caña para obtener panela y otros edulcorantes que se realizan desde actividades de cultivo, cosecha, transporte, pos cosecha, procesamiento, empaque y comercialización.( p 18). Esta agroindustria es vista como una de las de menor importancia siendo categorizada siempre como una agroindustria artesanal-tradicional.

### **2.2.2. Agroindustria panelera en el Ecuador**

A través de todo nuestro territorio se puede evidenciar una constante con respecto a la gran mayoría de agroindustrias paneleras instaladas en ciertas provincias, y es el limitado control que se le da a todo su sistema productivo, desde la cosecha de la caña de azúcar hasta el empaque y distribución del producto final.

Freire, A.; Landázuri, R. (2007), expresan que es ampliamente reconocido el atraso del sector panelero en el Ecuador, considerado más, como una producción artesanal que técnica. La nula competencia que presentan los derivados de la agroindustria panelera en el mercado los mantiene en condiciones desfavorables frente a su principal competidor, el azúcar de mesa producida en los ingenios azucareros. (p10)

Según Játiva, J.; Collahuazo, K. (2007), solo un pequeño segmento de la producción panelera se desarrolla de forma industrial en el país, el resto se realiza en establecimientos pequeños con capacidades inferiores a los 300 kg de panela por hora, lo cual no les permite ampliarse fácilmente. (p14)

### 2.2.3. **Agroindustria panelera en la provincia de Imbabura**

Freire, A.; Landázuri, R. (2007); asegura que en el país y en la provincia la agroindustria panelera se desarrolla de manera artesanal en su mayoría, siendo la panela en bloque el producto tradicional de consumo para todos los estratos sociales, por esta razón existe falta de tecnologías adecuadas para la producción, pocas investigaciones sobre nuevos usos, presentaciones y ausencia de normas de calidad. (p 9-10)

La misma fuente afirma que “las provincias más destacadas en la actividad panelera son: Imbabura, Bolívar, Pichincha (Santo Domingo, Nanegalito, Pacto, El Paraíso, etc.), Pastaza (Tarquí, Las Américas), Manabí, Guayas, Napo, Morona Santiago y otras en menor cantidad”.

Si bien es cierto existen provincias que se destacan en la producción panelera, existen ciertas falencias que son comunes en estos centros paneleros entre estas tenemos:

- Trapiches móviles (que se construyen y empiezan a operar de un día para otro).

- Plantas con techos de paja, pisos de tierra, estructuras de madera en donde transitan libremente todo tipo de animales.
- Centros paneleros que añaden compuestos químicos no permitidos, para obtener un producto claro.
- Plantas con operarios maltratados y mal pagados.
- Y por último la mayor parte de estos se encuentran en sitios en donde los accesos son riesgosos y difíciles.

### **2.3. DERIVADOS DE LA AGROINDUSTRIA PANELERA**

Quezada W. (2007), afirma que en la mayoría de fábricas paneleras se obtiene panela y muy escasamente azúcar. También se puede procesar miel, turrónes, bocadillos, otros. (p 37)

#### **2.3.1. Panela**

Según Aldana, H.; Ospina, J. (2001), la panela se define técnicamente como: “un producto derivado de la molienda de la caña de azúcar en el que se deja cristalizar toda la masa del jugo o jarabe sin proceder a refinar, para lograr una concentración de azúcares entre 80-85%, compuesta de melazas y azúcar morena de granos finos cristalizados, formando una torta higroscopia”. (p 289)

Mujica, V.; Guerra, M.; Soto, N. (2008). Define “La panela es un edulcorante natural obtenido por concentración del jugo de caña de azúcar en establecimientos denominados trapiches o centrales paneleros, y presentado bajo distintas formas” (p 598)

Mientras Quezada W., (2007), expresa la panela es un producto sólido moldeado obtenido de la concentración del jugo de caña, nutritivo por sus azúcares y minerales, edulcorante altamente energético, compuesto en gran proporción por sacarosa y en pequeña cantidad por azúcares invertidos. (p 40)

Sin embargo desde otro punto de vista la panela puede describirse como: azúcar no centrifugado caracterizado por su singular color, producto de la evaporación del jugo de caña.

### 2.3.2. **Miel Hidrolizada**

Pronatta. (2002), define a la miel hidrolizada como: “un producto obtenido de la evaporación de los jugos de la caña hasta cuando haya alcanzado una concentración entre 70 y 75 °Brix o temperaturas de punteo entre 102 a 110 °C y se caracteriza por poseer un alto valor nutritivo por su composición energética de minerales y vitaminas. (p 9)

Quezada W.(2007) denomina a la miel hidrolizada como: un líquido viscoso, producto de la concentración de sustancias azucaradas de la caña, constituido en mayor cantidad por azúcares invertidos y en menor cantidad por sacarosa, de sabor agridulce, translucido, altamente soluble en agua y color café claro brillante y/o amarillo almíbar. (p 37)

Unas de las características importantes en la elaboración de miel hidrolizada, es la adición de ácido cítrico para bajar el pH y proporcionar a la miel la acidez propia de esta que le permite adquirir una viscosidad muy peculiar.

### 2.3.3. **Azúcar Natural**

Mujica, V.; Guerra, M.; Soto, N. (2008), señala que la panela granulada o azúcar natural es una nueva presentación del papelón (azúcar no refinada), con ventajas frente a la tradicional forma de bloque, elaborada a nivel artesanal bajo

condiciones de proceso no estandarizadas que proveen un producto de calidad variable. (p 599)

Según Quezada W. (2007) el azúcar natural es: “un sólido granulado que está constituido casi en su totalidad por sacarosa, de sabor dulce, soluble en agua de color amarillo pardo, obtenido por cristalización natural.”(p 46)

El azúcar natural es considerado de mejor calidad conforme su granulometría disminuye, es decir mientras más fino sea el grano de azúcar, este se considera de mejor calidad, es por eso que los rendimientos de azúcar en el proceso de elaboración de este producto son muy importantes.

#### 2.3.3.1. Requisitos mínimos

A continuación, en el cuadro 2.1 se presenta los requisitos mínimos que debe presentar la panela granulada según el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (INCOTEC), y en el cuadro 2.2 requisitos de la panela granulada según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

Cuadro 2.1: Requisitos de la panela

Requisito	Valor	
	Mínimo	Máximo
Color en % T (550 nm)	30	85
Azúcares reductores en %	5,5	12
Sacarosa en %	73	83
Proteína en % (%N * 6,25)	0,2	-
Cenizas en %	0,8	1,9
Plomo expresado como Pb en mg/kg	-	0,2
Arsénico expresado como As en mg/kg	-	0,1
SO <sub>2</sub>	Negativo	
Colorantes	Negativo	

Fuente: INCOTEC – NTC 1311

Cuadro2.2: Requisitos de la Panela Granulada

Requisito	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Color en T (550 nm)	30	75	NTE INEN 268
Azúcar reductor %	5,5	10	NTE INEN 266
Sacarosa %	75	83	NTE INEN 266
Humedad %	-	3	NTE INEN 265
pH	5,9	-	

Fuente: INEN – NTE 2332

## 2.4. CALIDAD DE LA PANELA

### 2.4.1. Calidad

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) define a la calidad como “la aptitud para el uso”; es decir que tan adecuado es un producto para su utilización.

La enciclopedia interactiva Wikipedia([es.wikipedia.org/wiki/Calidad](https://es.wikipedia.org/wiki/Calidad)) define a la calidad como una herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permite que esta sea comparada con cualquier otra de su misma especie.

La calidad puede ser vista también como una medida, que permite direccionar el mejoramiento de un determinado producto, si tomamos como ejemplo una presentación de panela granulada que consideramos “perfecta”, podemos tomar a la calidad como una medida que establezca que tan cerca se encuentra nuestro producto con respecto a esa presentación.

### 2.4.2. Variables que influyen en la calidad de la panela

Las variables que afectan a la producción de panela se pueden clasificar como:

- Variables de producto: Son las que afectan directamente a la calidad o presentación del producto.
- Variables complementarias: Son las que, además de afectar al producto afectan el proceso.

- Variables de proceso: Son aquellas que no afectan el producto pero si afectan al proceso.

Las mismas que se resumen en el cuadro 2.3:

Cuadro 2.3: Variables que afectan la calidad de la panela

AREA	VARIABLE	CLASIFICACION
Materia prima	Grado de madurez	de producto
	Variedad	de producto
	Terreno de donde proviene	de producto
	Número de corte	de producto
	Tiempo de almacenamiento	de producto
	pH del jugo	Complementaria
	°Brix	de producto
Proceso	Molienda	de producto
	Pre limpieza	de proceso
	Gradiente de temperatura en la clarificación	Complementaria
	°Brix finales	Complementaria
	Instrumentos de medida	Complementaria
	Tiempo de moldeo	de producto
	Material de las pailas	Complementaria
	Subjetividad del melero	Complementaria
	Visibilidad	Complementaria
	Tipo de combustible	de proceso
	Asepsia	de producto
	<b>Batido</b>	<b>de producto</b>
	°T de aplicación del cadillo	de producto
	Tiempo de concentración del jugo	de producto
	Adición de cal	de producto
	Gradiente de temperatura	de producto
	Calidad y cantidad de cadillo a adicionar	complementaria
Limpieza del jugo	de proceso	
Servicios	Agua	complementaria
	Energía	de proceso
Empaque	Cartón/Plástico	de producto
	Papel	de producto

Fuente: Carrera, 2004 citado por MOSQUERA, A.; CARRERA, E.; VILLADA, S. 2007. p 19

Dentro de esta clasificación de variables que afectan la calidad de panela se consideró de mayor importancia las de producto en vista de ser las que tienen mayor influencia sobre la calidad del producto final, dentro de las cuales se encuentra el batido.

Según Mujica, V.; Guerra, M.; Soto, N. (2008) .Existen varios factores importantes asociados al proceso de producción de panela, entre estos: pH, método de encalado, velocidad de calentamiento, temperatura de punteo, este último factor puede ser utilizado como un indicador del punto en el cual se debe detener el calentamiento e iniciar la etapa de batido. (p 599)

## **2.5. PUNTEO MELADURA DE CAÑA**

### **2.5.1. Punteo**

Quezada W. (2007). Indica que el punteo significa establecer el punto ideal para sacar el producto de las pailas de punteo. Se lo puede establecer en función de la temperatura de ebullición del producto, o de acuerdo a la experiencia del melero (p 78).

El establecimiento de la temperatura óptima de punteo depende del sitio en donde se encuentra el centro panelero, en vista de que la temperatura de ebullición de cualquier fluido es inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar en el que se encuentre dicho fluido.

### **2.5.2. Sobresaturación**

Mc Cabe, W.; Smith, J.; HarriotP. (1998), afirman que la sobresaturación es la diferencia de concentración entre la disolución sobresaturada en la que el cristal está creciendo y la de la disolución en equilibrio con el cristal.(p 933).

Freixedas, F.; Costa Bauzá, A.; Sohnle, O. (2000) indica que “el tiempo necesario para que una disolución homogénea (esto es, una disolución que no contiene ninguna fase sólida) aparezcan partículas observables de la nueva fase, depende sobre todo de la sobresaturación”.

Quezada W. (2007), indica que el cristal de azúcar se forma por el método natural a sobresaturación de 1,4 a 1,5 a presión atmosférica en la zona lábil. La cristalización se origina al hincharse el producto concentrado, previa a la agitación en la tina de batido. (p 80)

### 2.5.3. **Inversión de la sacarosa**

Según Quezada, W. (2007). Azúcar invertido, es el rompimiento de la molécula de sacarosa por hidrólisis, en dos moléculas de glucosa y fructosa en partes iguales. La inversión se produce por efecto de ácidos, enzimas y altas temperaturas. (p 33)

Fennema O.R. (1985). Dice también que la excepcional susceptibilidad de la sacarosa a la hidrólisis debe ser tenida en cuenta siempre que este azúcar se encuentre presente en un alimento. Por calentamiento, sea en la caramelización o en la elaboración de un producto de confitería, pequeñas cantidades de ácido presente o el propio incremento de la temperatura pueden provocar su hidrólisis, liberándose D-glucosa y D-fructosa. (p 106)

La misma fuente indica que estos azúcares reductores pueden sufrir reacciones de deshidratación y producir, eventualmente, aromas y colores característicos, sean deseables o no.

La inversión de la sacarosa en el proceso de elaboración de azúcar natural, es relativamente controlada por la adición de cal apagada al jugo en las primeras pailas de concentración, haciendo que el jugo ácido eleve su pH neutralizando parcialmente la acidez original y que adquiere el jugo durante el proceso.

#### 2.5.4. **Temperatura de punteo**

Aranda, J. (2007), asegura que el “punteo” de panela se obtiene dependiendo de la altura sobre el nivel del mar entre 118 - 125 °C, la cual corresponde a un porcentaje de sólidos solubles entre 88 - 94 °Brix, para panela en bloque y 122 - 128 °C para panela granulada. (p 15).

Según García, H.; Van Zanten, C. (2003), certifica que se saca la miel de la paila punteadora a la batea con una temperatura un poco más alta de lo acostumbrado para hacer panela en bloque (si tradicionalmente se saca el punto a 120°C, para granular se deja hasta 125°C aproximadamente. (p 6)

Mosquera, A.; Carrera, E.; Villada, S. (2007), dice que el operario encargado de manejar las mieles (melero) debe tener un criterio claro del momento en que se debe retirar la miel del fondo; para el punteo se recomienda utilizar un método físico que garantice un buen producto, para esto se debe sacar la miel, siempre a la misma temperatura (120 a 128 °C) y concentración de sólidos solubles (88 y 94 ° Brix). Por esta razón, es necesario el uso de termocuplas para conocer permanentemente la temperatura de las mieles y el momento oportuno para su retiro (p 26).

Mientras que Mujica, V.; Guerra, M.; Soto, N. (2008), asevera que existen divergencias acerca de la temperatura de punteo ideal, mientras unos autores afirman que debe encontrarse entre 130 - 133 °C, otros afirman que la temperatura debe estar entre 124 a 126 °C. Esto se debe posiblemente a que la temperatura de ebullición, y por tanto la de punteo, dependen de la altura sobre el nivel del mar del sitio donde se elabore la panela (p 599). La misma fuente afirma que de allí la importancia de estudiar en las zonas productoras de panela o con potencial productor, el efecto de la temperatura de punteo sobre la calidad del producto.

Sin embargo a pesar de tener temperaturas establecidas de punteo, la medición de la temperatura en esta etapa se la sigue realizando de forma subjetiva, sin ningún

instrumento de medición, solo basándose en características peculiares que tiene la miel en esta etapa (color, textura).

## **2.6. BATIDO DE MELADURA DE CAÑA**

### **2.6.1. Batido manual**

Osorio, G. (2007) afirma que: “el batido se lo realiza intensiva e intermitentemente, hasta que el producto se enfrié, pierde capacidad de adherencia y adquiere la textura para el moldeo”. (p 122)

Según Quezada W. (2007) “El batido se realiza con el fin de enfriar el producto, evitar que se quemé especialmente mejorar el color por efecto de la oxigenación del mismo. Puesto que los azúcares, a mayor contacto con el oxígeno, se logra aclarar el mismo”. (p 78)

Pronatta. (2002.) manifiesta que en el batido se agitan las mieles, una vez han alcanzado el punto de panela y han sido sacadas de la hornilla, con el propósito de cambiarles la textura y estructura y hacerles perder su capacidad de adherencia. Al incorporarles aire a las mieles, los cristales de sacarosa crecen, adquieren porosidad y la panela cuando se enfría adquiere su característica de sólido compacto”. (p 17)

Por otra parte Mosquera, A.; Carrera, E.; Villada, S. (2007) manifiestan que “un mal batido o un batido prolongado afectará la presentación de la panela porque se introduce una gran cantidad de aire que al compactarse dificulta las etapas finales del proceso”. (p 19)

El batido tradicional se caracteriza por generar rendimientos de tiempo y mano de obra muy bajos, debido al rudimentario sistema manual que se aplica en los centros paneleros, generando a la vez bajos rendimientos en productos derivados de esta agroindustria como el azúcar natural.

### 2.6.2. **Batido mecánico**

Es la acción de revolver de forma rápida y enérgica con movimientos circulares para mezclar una sustancia hasta que espese y aumente su volumen hasta obtener una preparación homogénea.

*[http://www.euroresidentes.com/Alimentos/diccionario\\_gastronomico/batir.htm](http://www.euroresidentes.com/Alimentos/diccionario_gastronomico/batir.htm)*

La alternativa de batir miel de caña de forma mecánica, es una estrategia nueva ya probada de forma experimental e industrial en varios centros de estudio superior e agroindustrias paneleras, dando hasta el momento resultados en su mayoría satisfactorios. Sin embargo uno de los problemas que todavía presenta este tipo de batido es la no estandarización de los parámetros que se pueden controlar en esta etapa; como temperaturas de punteo, tiempos de batido, volúmenes estándar de batido, flujos de aire de enfriamiento, velocidades de batido, entre otros. Lo que provoca que no se avance de manera acelerada con respecto a la optimización total de esta etapa tan importante para esta agroindustria.

#### 2.6.2.1. **Prototipo**

Játiva, J.; Collahuazo, K. (2007). Define “un prototipo es una maquina o aparato que reduce el esfuerzo necesario para realizar un trabajo, en casi todas las maquinas podemos encontrar: mecanismos, actuadores, dispositivos de regulación, mando o control, estructura, motor y circuitos”. (p 80)

Por otra parte Sandoval, G.; Mora, W.; Tuz, C. (2002) explican que se pueden considerar a los prototipos como diseños de máquinas a pequeña escala que se construyen para aliviar el esfuerzo del hombre en el trabajo, aligerar la producción, perfeccionar los acabados y producir bienes o productos en serie.

El prototipo que se utilizó en el presente trabajo investigativo, fue el medio necesario para proyectarse a la construcción de una maquina con una capacidad de

producción superior, capaz de satisfacer las necesidades y requerimientos de una pequeña o mediana empresa.

- **Descripción**

El prototipo mecánico que se utilizó en este proyecto tiene las siguientes características principales:

- No sufre deformación inherente a los elementos que la conforman.
- La fuerza es transmitida desde el motor a través de un sistema de poleas es decir por contacto directo.
- Todas las partes que se encuentran en contacto directo con el producto (miel y panela granulada) son de acero inoxidable, siendo las demás que no están en contacto con el producto de hierro, aluminio o caucho correspondientemente.

Una descripción mecánica más detallada del prototipo se especifica en el Anexo 22 y Anexo 23

## **2.7. BATIDO DE PANELA GRANULADA**

Mujica, V.; Guerra, M.; Soto, N. (2008) manifiesta que “la miel se bate durante 15 minutos en una bandeja de acero inoxidable, enfriando simultáneamente con un ventilador para lograr su granulación, y se continúa con el enfriamiento por 20 minutos adicionales, para posteriormente tamizar y envasar”.(p 600)

Mosquera, A.; Carrera, E.; Villada, S. (2007), recomiendan realizar el batido en recipientes de acero inoxidable mediante agitación vigorosa e intermitentemente con una pala de madera durante aproximadamente 15 minutos. Después de un periodo de agitación inicial de unos tres a cuatro minutos, las mieles se dejen en

reposo; gracias al aire incorporado, comienzan a crecer en la batea; se reinicia la agitación; este proceso se repite dos o tres veces. (p 24)

Játiva, J.; Collahuazo, K. (2007). Por otra parte explican que cuando la miel ha llegado a un estado ideal, la operación de batido se efectúa en recipientes de madera (batea), manualmente con remas y sirve para enfriar la miel, darle el color, la consistencia y textura requerida, después se obtiene el grano para cernir de acuerdo a la granulación o presentación que se desee obtener. (p 15)

Pronatta. (2002), dice que una vez cristalizada la miel, se debe esperar aproximadamente 18 minutos para que la panela se seque con la ayuda del aire y algunas veces de ventiladores eléctricos de aspas, colgados del techo en la sección de pulverizado. (p 3)

Quezada W. (2007), afirma que formados los cristales es conveniente enfriar el producto para facilitar el tamizado. Tamices metálicos son los más convenientes para obtener un grano uniforme. (p 80)

La mayor diferencia que existe entre el batido para panela en bloque y para azúcar natural es, independientemente de otros aspectos es el tiempo de batido, ya que el tiempo para conseguir la granulación del azúcar es superior al que se necesita para enfriar la miel hasta el punto de panela en bloque.

#### 2.7.1. Enfriamiento

Generalmente el enfriamiento de la panela granulada se lo realiza durante la etapa de batido, en esta investigación se realizó un enfriamiento acelerado, a través de un ventilador axial, el cual incorporaba aire directamente a la masa batida, las condiciones promedio del aire incorporado se presentan en el cuadro 2.4

**Cuadro 2.4: Condiciones de aire incorporado a la masa batida**

Característica Fluido	Humedad Relativa (%)	Flujo Volumétrico (l/h)	Temperatura (°C)	
			Inicial	Final
Aire	80	2200	20	48

Fuente: Tesistas

Conforme la masa batida se va enfriando a la vez pierde humedad (secado) de forma acelerada, originando una masa granulada (cristalizada) a partir de una masa líquida muy viscosa.

McCabe, W.; Smith, J.; Harriot, P. Asegura que en general el secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. (1998). La misma fuente afirma que “El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y, con frecuencia, el producto que se extrae de un secadero pasa a ser empaquetado” (p 821).

Por otra parte Geankoplis, C. (1998) manifiesta que en el secado, al agua casi siempre se elimina en forma de vapor con aire, además el secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial los alimentos), se usa también como técnica de preservación. (p 579)

### 2.7.2. **Cristalización**

Según McCabe, W.; Smith, J.; Harriot, P. (1998) “La cristalización es la formación de partículas sólidas a partir de una fase homogénea”. (p 925)

Geankoplis, C. (1998), define que la cristalización es un proceso de separación sólido-líquido en el que hay transferencia de masa de un soluto de la solución líquida a una fase cristalina sólida pura. Un ejemplo importante es la producción

de sacarosa de azúcar de remolacha, donde la sacarosa se cristaliza en una solución acuosa (p816).

La cristalización de la meladura de caña para elaborar panela granulada, se genera a partir de intervalos de tiempo de reposo de la masa batida, provocando un ligero aumento de volumen de la masa a cristalizar (hinchamiento) debido al aire incorporado a la misma, además el aire incorporado proporciona a la masa una oxigenación constante lo que hace aclarar su color.

### 2.7.3. **Optimización**

Según Figuera, P. (2006), manifiesta: “la palabra (optimización) utilizada en sentido estricto se refiere simultáneamente a la optimización de la media y la reducción de la variación”. (p 31)

Tobar, A.; Mota, A. (2007). Asegura que la optimización consiste en el análisis detallado de las actividades que integran al proceso, con el fin de buscar las condiciones, los medios y la mejor ruta, para lograr el máximo rendimiento, y la mejor utilización de los recursos, y así de cumplir con los objetivos establecidos.(p 54)

En esta investigación se utilizó un prototipo de batidora industrial para optimizar los tiempos y velocidades de batido así como las temperaturas de punteo, en la producción de panela granulada. Para así eliminar el subjetivismo que tienen con respecto a el “punto de miel”, tiempo y velocidad de batido la mayor parte de agroindustrias paneleras en el país y en la provincia, además de contribuir a una producción más continua, sin un excesivo esfuerzo físico por parte de los operarios, obteniendo así un producto final más homogéneo que tenga una mínima cantidad de conglomerados, con características funcionales y nutricionales que le permitan llegar a cualquier mercado nacional o extranjero.

## **2.8. TAMIZADO**

Es un método físico para separar mezclas. Consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz, cedazo o cualquier cosa con la que se pueda colar. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz o colador atravesándolo y las grandes quedan atrapadas por el mismo. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Tamizado>).

Quezada W. (2007), manifiesta que para el formado de los cristales es conveniente enfriar para facilitar el tamizado. Tamices metálicos son los más convenientes para obtener un grano uniforme. Se pueden utilizar varios tamices y obtener productos de varios tamaños (diferente malla), según las exigencias del mercado. (p 85).

### **2.8.1. Uniformidad de cristales**

McCabe, W.; Smith, J.; Harriot, P. (1998), aseguran que si los cristales se comercializan como un producto acabado, la aceptación por los consumidores exige cristales individuales, resistentes, de tamaño uniforme que no formen conglomerados y que no se aglomeren en el envase.( p 925).

Por otra parte Geankoplis, C. (1998). Explica que la uniformidad del tamaño del cristal es indispensable para evitar apelmazamientos en el empaque, para facilitar la descarga y para un comportamiento uniforme en su uso. Por lo general los cristales secos se tamizan para determinar los tamaños de las partículas y se registra el porcentaje retenido en cada uno de los tamaños de malla. (p 816 - 822)

La uniformidad de cristales de azúcar se realiza separando la masa granulada mediante mallas con diferentes aberturas, este procedimiento permite categorizar al azúcar según su granulometría y a su vez esto define el costo del azúcar en el mercado.

### 2.8.2. **Formación de conglomerados**

Quezada, W. (2007). Afirma que la cantidad de conglomerados en la cristalización de azúcar por el método natural, es considerable, que pueden ser aprovechados para otros usos; o en su defecto desintegrarlos y envasarlos como azúcar natural. (p 85)

En el tamizado de la panela granulada se confirma los conglomerados o terrones (falsos granos) que se consideran pérdidas o azúcar de baja calidad. Esto se produce porque el tamizado no se realiza inmediatamente o porque la temperatura de concentración estuvo demasiado alta y el producto tiene menor humedad.

La formación de agregados, conglomerados o terrones de azúcar es la principal razón por la cual los paneleros no se arriesgan a producir panela granulada o azúcar natural, debido a que la formación de estos es elevada en la producción artesanal de azúcar, lo que hace elevar su precio y no ser competitivos con relación al azúcar blanca sulfitada.

### 2.8.3. **Empaque y Almacenamiento**

García, H.; Van Zanten, C. (2003), Cuando la panela se haya enfriado completamente se procede a empacar. Generalmente se empaca primero por bultos para poderla almacenarla, ya que durante la molienda no queda tiempo para dosificarla en bolsas pequeñas. (p13).

Cuando se realiza el empaque y almacenamiento en bultos es recomendable que estas no estén unos sobre otros en cantidades mayores a 5 bultos, ya que la panela granulada puede aplastarse. Además es importante tener en cuenta en toda agroindustria las buenas prácticas de manufactura (BPM) para la manipulación de un producto alimenticio, sobretodo en esta etapa final del proceso en donde el azúcar es muy susceptible a contaminarse.

Pronatta. Col. (2002), Explica que la panela almacenada en bodegas cuya humedad relativa es baja y empacadas en envases adecuados, puede conservarse en buen estado durante largo tiempo (1 año aproximadamente), permitiendo posiblemente una regulación de su precio de venta y abriendo la posibilidades de exportación con seguridad de conservar sus características. (p 15).

## **CAPÍTULO III**

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1.MATERIALES**

##### **3.1.1. Materia prima e insumos**

- Meladura de jugo de caña

##### **3.1.2. Materiales y equipos de laboratorio**

- Prototipo de batidora industrial
- Ventilador
- Balanza
- Termómetro digital
- Cronómetro
- Tubos de plomería
- Tamices con diferente abertura de malla (5, 3 y 1 mm)
- Mesa de madera pequeña
- Jarra plástica graduada
- Bolsas plásticas
- Bolsas herméticas de plástico
- Maletín de recolección de muestras
- Cucharas de madera
- Hojas de recolección de datos
- Cinta adhesiva
- Utensilios de limpieza

## 3.2.MÉTODOS

### 3.2.1. Localización

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, sector La Merced, en la agroindustria panelera “GARDENIA”.

Las condiciones ambientales según el departamento de meteorología del Ilustre Municipio de Ibarra, son las siguientes:

**Cuadro 3.1: Condiciones ambientales**

<b>Provincia</b>	Imbabura
<b>Cantón</b>	Antonio Ante
<b>Parroquia</b>	San Roque
<b>Lugar</b>	La Merced
<b>Altitud</b>	2387 m.s.n.m.
<b>Latitud Norte</b>	0°27'39,5"
<b>Longitud Oeste</b>	78°00'42,5"
<b>Temperatura promedio anual</b>	19,4 °C
<b>Humedad relativa</b>	80 %
<b>Pluviosidad</b>	250 a 500 (mm) año

Fuente: Departamento de meteorología del Ilustre Municipio de Antonio Ante.

En el cuadro 3.1 se observa las condiciones ambientales en donde se realizó la investigación, datos importantes que hay que tomar en cuenta para la elaboración de panela granulada, ya que la temperatura es inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar.

### 3.2.2. Factores en estudio

**FACTOR T: Temperatura de punteo**

**T<sub>1</sub>:** 124 °C

**T<sub>2</sub>:** 125 °C

**T<sub>3</sub>:** 126 °C

**FACTOR V: Velocidad de batido**

**V1:** 125 rpm

**V2:** 95 rpm

**FACTOR t: Tiempo de batido**

**t<sub>1</sub>: 5 min** (1:15 min batido -1:15min reposo - 2:30 min batido)

**t<sub>2</sub>: 6 min** (1:15 min batido -1:15min reposo - 3:30 min batido)

Temperaturas, velocidades y tiempos determinados a través de pruebas preliminares.

- **Tratamientos.**

Del análisis combinatorio de los factores T, V y t (Temperatura de punteo, Velocidad y tiempo de batido) respectivamente, se dispusieron 12 tratamientos a los mismos se les añade tratamiento testigo, estos se detallan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3.2: Tratamientos en estudio**

<b>TRAT.</b>	<b>SIMB.</b>	<b>COMBINACIONES</b>
<b>T1</b>	$T_1V_1t_1$	Meladura con 124 °C batida a 95 rpm durante 5 min
<b>T2</b>	$T_1V_1t_2$	Meladura con 124 °C batida a 95 rpm durante 6 min
<b>T3</b>	$T_1V_2t_1$	Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 5 min
<b>T4</b>	$T_1V_2t_2$	Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 6 min
<b>T5</b>	$T_2V_1t_1$	Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min
<b>T6</b>	$T_2V_1t_2$	Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 6 min
<b>T7</b>	$T_2V_2t_1$	Meladura con 125 °C batida a 125 rpm durante 5 min
<b>T8</b>	$T_2V_2t_2$	Meladura con 125 °C batida a 125 rpm durante 6 min
<b>T9</b>	$T_3V_1t_1$	Meladura con 126 °C batida a 95 rpm durante 5 min
<b>T10</b>	$T_3V_1t_2$	Meladura con 126 °C batida a 95 rpm durante 6 min
<b>T11</b>	$T_3V_2t_1$	Meladura con 126 °C batida a 125 rpm durante 5 min
<b>T12</b>	$T_3V_2t_2$	Meladura con 126 °C batida a 125 rpm durante 6 min
<b>TESTIGO</b>		Sin especificaciones

- **Diseño Experimental.**

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres repeticiones y arreglo factorial  $T \cdot V \cdot t + 1$ , donde “T” representa la temperatura de punteo de la meladura, “V” representa la velocidad de batido y “t” el tiempo de batido.

- ❖ Características del experimento.

Tratamientos: 13  
 Repeticiones: 3  
 Unidad experimental: 39  
 Tamaño de unidad experimental: Cada unidad experimental consto de 1.5 l de meladura de jugo de caña.

❖ Esquema del Análisis de varianza.

**Cuadro 3.3: Análisis de varianza**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Total	38
Repeticiones	2
Tratamientos	12
Factor T	2
Factor V	1
Factor t	1
T*V	2
T*t	2
V*t	1
T*V*t	2
Testigo vs otros	1
Error experimental	24

CV %

• **Análisis Funcional**

Tratamientos:	Tukey al 5%
Factor T:	DMS (Diferencia Mínima Significativa)
Factor V:	DMS (Diferencia Mínima Significativa)
Factor t:	DMS (Diferencia Mínima Significativa)

Para la evaluación de las variables no paramétricas se utilizó la prueba de FRIEDMAN en el producto final.

### 3.2.3. Variables cuantitativas

#### ❖ Al final de la etapa de batido

- Humedad de azúcar.
- Densidad de azúcar.

#### ❖ En la etapa de tamizado

- Porcentaje de azúcar en malla de 5mm.
- Porcentaje de azúcar en malla de 3mm.
- Porcentaje de azúcar en malla de 1mm.
- Porcentaje de azúcar como producto final.
- Porcentaje de azúcar como mezcla (% producto final+ % retenido en malla 1 mm).

### 3.2.4. Variables cualitativas evaluadas en el producto final

Las variables evaluadas una vez obtenido el producto final fueron las siguientes.

- Color
- Aroma
- Sabor
- Textura

### 3.2.5. Descripción de las variables cuantitativas y cualitativas

#### 3.2.5.1. Variables cuantitativas

Las variables determinadas mediante análisis de laboratorio fueron la humedad y densidad del azúcar, mientras que los porcentajes de azúcar retenida en cada malla, fueron evaluados en función de la masa total de azúcar obtenida. La

descripción detallada de las variables cuantitativas evaluadas en la investigación se expone a continuación.

- **Porcentaje de azúcar en malla de 5 mm**

Es el resultado de la relación entre la masa de azúcar retenida en el tamiz de abertura de malla 5 mm después del tamizado, y la masa total obtenida de azúcar en cada tratamiento, esta variable es una de las más importantes ya que determina el porcentaje de conglomerados que se generan en el batido, se estableció el porcentaje retenido utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Re (5 mm)} = \frac{\text{(Masa retenida en malla 5mm)}}{\text{(Total masa azúcar natural)}} * 100$$

- **Porcentaje de azúcar en malla de 3 mm**

Esta variable hace relación a la masa de azúcar retenida en el tamiz de abertura de malla 3 mm después del tamizado, y la masa total obtenida de azúcar en cada tratamiento, esta variable fija el porcentaje de azúcar que tiene una calidad menor que el azúcar retenido en tamices con abertura más pequeña, pero que tampoco constituyen conglomerados relativamente grandes como para no poder ser comercializados como azúcar natural de segunda calidad, se estableció el porcentaje retenido utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Re (3 mm)} = \frac{\text{(Masa retenida en malla 3mm)}}{\text{(Total masa azúcar natural)}} * 100$$

- **Porcentaje de azúcar en malla de 1 mm**

Es una variable que hace relación a la masa de azúcar retenida en el tamiz de abertura de malla 1 mm después del tamizado, y la masa total obtenida de azúcar en cada tratamiento, es una variable de mucha importancia porque establece un porcentaje de azúcar que tiene mucha aceptación en el mercado, ya sea como granos de azúcar con una dimensión entre 1 mm a 3mm, o como mezcla con el azúcar que atravesó este tamiz para aumentar el rendimiento obtenido, se estableció el porcentaje retenido utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Re (1 mm)} = \frac{\text{(Masa retenida en malla 1mm)}}{\text{(Total masa azúcar natural)}} * 100$$

- **Porcentaje de azúcar como producto final**

Esta variable conjuntamente con la de porcentaje retención en malla de 5 mm más importantes para la investigación, hace relación a la masa de azúcar más fina que se obtiene terminado el tamizado, es decir una vez que la masa de azúcar que ha traspasado los tres tamices con diferentes aberturas, es el azúcar con mejores características con respecto a su granulometría, se estableció el porcentaje de azúcar obtenido como producto final utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Producto final} = \frac{\text{(Masa de producto final)}}{\text{(Total masa azúcar natural)}} * 100$$

- **Porcentaje de azúcar obtenida como mezcla (% PF + % 1 mm)**

También constituye una variable importante hace relación a la mezcla (masa de azúcar retenida en el tamiz de abertura de malla 1 mm + masa de azúcar obtenido como producto final), y la masa total obtenida de azúcar en cada tratamiento, constituye un tipo de presentación diferente aunque no menos aceptable que el azúcar obtenido como producto final, con esta mezcla se consigue aumentar el rendimiento de azúcar obtenido, este porcentaje se determina utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Mezcla} = \frac{(\text{Masa de producto final} + \text{Masa retenida en malla 1mm})}{(\text{Total masa azúcar natural})} * 100$$

- **Humedad de azúcar**

Es el resultado del análisis físico de humedad en el laboratorio, consiste en determinar la pérdida de masa correspondiente a las sustancias volatilizadas, de las cuales en este caso la principal es el agua, una vez terminada la etapa de batido se recogió como muestra en cada tratamiento de 150 g de azúcar natural sin tamizar, sellada herméticamente, la misma que fue llevada al laboratorio para su ulterior análisis, el análisis se realizó en el laboratorio de uso múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de la Universidad Técnica del Norte, el instrumento utilizado fue una balanza con sensor infrarrojo la técnica utilizada fue la (AOAC 967.19).

- **Densidad relativa de azúcar**

Constituye el resultado del análisis físico de densidad relativa en el laboratorio, consiste en determinar la masa de azúcar natural que ocupa una unidad de volumen de la misma, relacionada con la densidad de un fluido de referencia que

normalmente es agua. Se utilizó la misma muestra del análisis de humedad pero antes de realizar este análisis, mismo que se realizó en el laboratorio de uso múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de la Universidad Técnica del Norte, la técnica utilizada fue la (AOAC 925.46).

### 3.2.5.2. Variables cualitativas

Las variables cualitativas se analizaron en el producto final, estableciendo las características sensoriales del mismo para cada tratamiento, en esta investigación se analizaron las variables: color, aroma, sabor y textura utilizando la prueba no paramétrica de FRIEDMAN, que sirve para analizar la calidad estética relacionada con el análisis sensorial. Este análisis se realizara mediante un panel de degustación en la que participaran ocho degustadores tomados al azar, de esta manera se conoce la aceptación o rechazo del producto. La fórmula de FRIEDMAN que se empleo es la siguiente:

$$X^2 = \frac{12}{r \cdot t(t+1)} \Sigma R^2 - 3r(t+1)$$

Dónde:

$X^2$  = Chi – cuadrado

$R$  = rangos

$t$  = tratamientos

$r$  = número de degustadores

Cada característica se estableció dependiendo de los sentidos de cada panelista, con esta información se determina si el producto se acepta o rechaza. A continuación se define cada una de las variables cualitativas.

- **Color**

Propiedad de percepción que producen en los ojos los rayos de luz reflejados por un cuerpo. Está relacionado con las cualidades sensoriales, la composición química y, por lo tanto, es uno de los factores que define la calidad de un producto alimentario, además determina la aceptación o rechazo del mismo. El color característico del azúcar obtenido mediante la incorporación de clarificantes químicos suele ser de amarillo claro hasta amarillo ámbar. El azúcar en cuyo proceso se ha incluido clarificantes naturales presenta un color que va desde marrón claro hasta marrón oscuro.

En esta investigación se experimentó con un batido mecánico el cual le concedía al azúcar natural un color amarillo claro, producto de la oxigenación por el batido.

- **Aroma**

El aroma es un determinante en la calidad y aceptación organoléptica de un alimento. El aroma característico de la panela es suave de los azúcares del jugo de caña concentrado y muy agradable al olfato. Aunque el aroma es relativamente no diferenciable entre las distintas presentaciones de panela se lo considera por depender del empaque para mantenerse.

- **Sabor**

El sabor es la sensación que ciertas cosas producen en el sentido del gusto. El sabor característico de la panela es dulce, pudiendo también presentar un sabor astringente o metálico, salado, etc., lo cual depende en gran medida de las condiciones de cultivo de la caña, variedad y composición química del suelo. Se toma en cuenta esta variable porque se trata de un producto alimenticio, y el sabor es uno de los indicadores más importantes para categorizar un alimento de calidad.

- **Textura**

La panela granulada debe presentar uniformidad en su textura, tamaño del grano de azúcar; es decir sin conglomerados. Su forma se asemeja a un cristal de azúcar de mesa cristalina y poco duro a esta azúcar. La panela granulada es una mezcla de azúcares: fino, mediano, ligero, grueso y depende del lugar donde se elabore y del mercado al cual está destinada.

### **3.3.MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO**

Para realizar la investigación referente a la evaluación y optimización de la etapa de batido, se trabajó en tres etapas:

- PRIMERA ETAPA: Se empezó con la evaluación del batido tradicional en la agroindustria panelera GARDENIA, determinando las condiciones de operación inicial y final de esta etapa.
- SEGUNDA ETAPA: Esta etapa consistió en la construcción del prototipo de batidora industrial, y determinar con pruebas preliminares el valor fijo de los factores a evaluarse.
- TERCERA ETAPA: En esta etapa se comenzó con el batido mecánico de meladura de caña de azúcar, poniendo a prueba todos los factores que se tomaron en cuenta para la investigación.

#### **3.3.1. Evaluación de la etapa de batido de meladura de caña.**

El cuadro 3.3 muestra la producción de panela y azúcar natural en la provincia de Imbabura, además de los clarificantes que utilizan y el criterio para determinar la calidad del producto final que obtienen:

**Cuadro 3.4: Producción panelera de diferentes cantones de Imbabura**

<b>Cantón</b>	<b>Paneleros</b>	<b>Producto</b>	<b>Sustancias clarificantes (blanqueadoras)</b>	<b>Calidad mercado</b>
<b>ANTONIO ANTE</b>	Eriberto Ruiz	Panela, Azúcar	*Y, ** S, ***C.	Color, Peso
		Azúcar	Y, S, C.	Color, Peso
<b>IBARRA</b>	Vicente Gordillo	Panela	Y, S, cal.	Color, Forma
	Emiliano Suárez	Panela	Y, S, C, cal.	Color, Forma
	Leonardo Díaz	Panela, Azúcar	Y, S, C, cal, profol.	Color
<b>COTACACHI</b>	Raúl Paredes	Panela	Y, S, C, cal.	Color, Peso, Forma
	Medardo Garcés	Panela	Y, S, C.	Color, Peso, Forma
	Humberto Lara	Panela	Yausabara	Forma, Peso
<b>URCUQUI</b>	Hugo Yépez	Panela,	Y, S, C, cal.	Color
	Antonio Montalvo	Panela, Azúcar	Y, S, C, cal.	Color
	Marco Montalvo	Panela	Y, S, C, cal.	Color
	Fernando Yépez	Panela	Y, S, C, cal.	Color, Peso

Fuente: FREIRE, A.; LANDÁZURI, R. 2007. p 103

\*: Yausabara \*\*: Sulfoclarol \*\*\*: Cementina

El cuadro 3.4 muestra algo evidente y es que el derivado de la agroindustria panelera que más se produce es la panela en bloque, sin embargo la razón principal por la cual los paneleros no elaboran azúcar natural es que los rendimientos son muy bajos, por la aparición de conglomerados durante el batido.

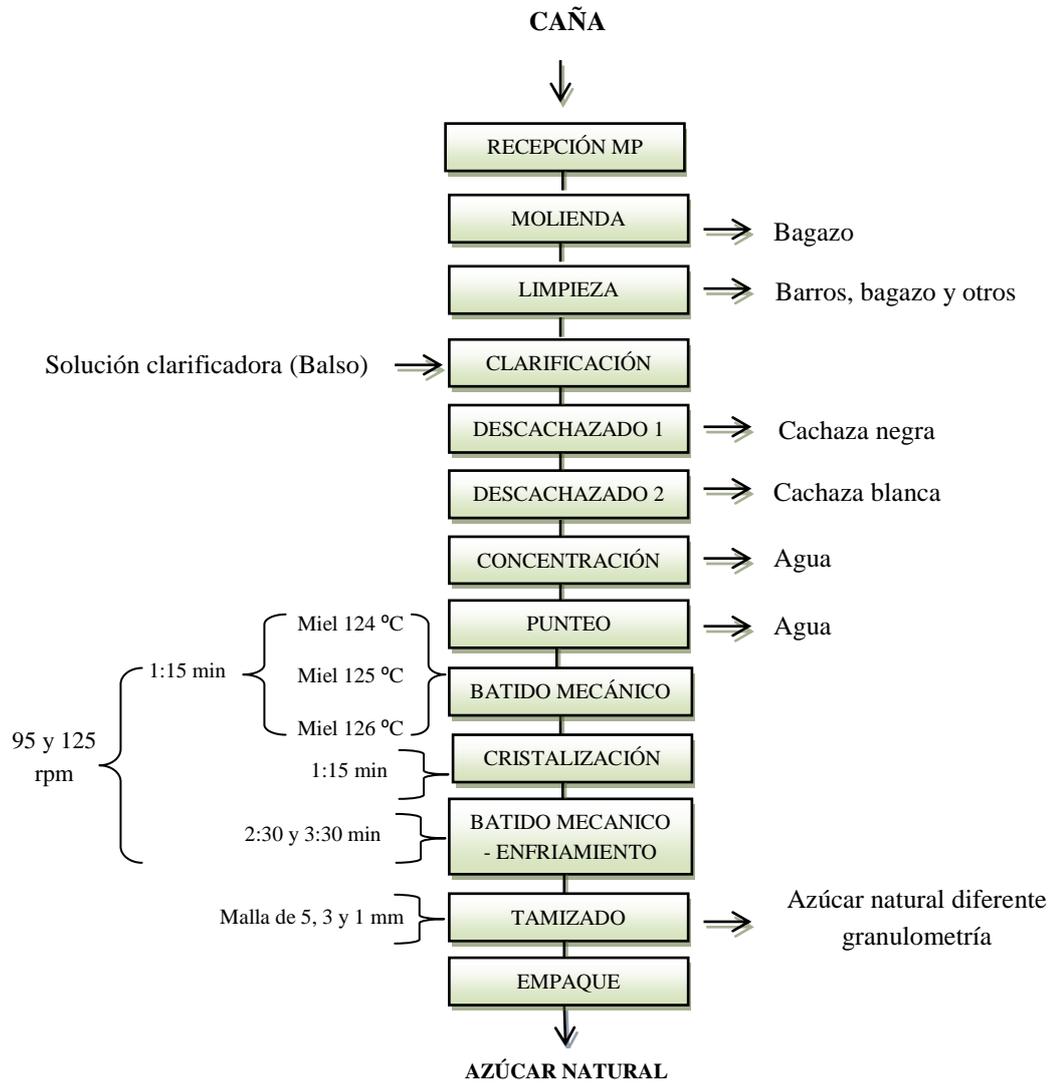
El batido practicado por los paneleros en las pocas agroindustrias que producen azúcar natural es completamente manual, lo cual no les garantiza obtener un producto homogéneo en cuanto a granulometría se refiere, además el esfuerzo manual necesario al batir meladura para producir azúcar natural es elevado.

Los tiempos de batido manual son muy variados, sin embargo como las capacidades de producción en todas estas paneleras son pequeñas (menor a 200 libras por hora) se tienen tiempos de 30 min en promedio.

Con relación a temperaturas y velocidades de batido, no se tiene un control objetivo que permita inspeccionar de mejor manera el proceso, la escasa evaluación que se hace es de forma subjetiva sin parámetros precisos de control.

A pesar de que la panela en bloque es el principal producto que se produce en las paneleras de la provincia, el azúcar natural presenta ciertas ventajas con respecto a la panela en bloque, tales como fácil dosificación, mayor estabilidad en el almacenamiento y mayor solubilidad.

### 3.3.2. Diagrama de proceso para la elaboración de azúcar natural



### 3.3.3. Descripción del proceso de elaboración de azúcar natural

- **Recepción de la caña**

La materia prima es adquirida de los diferentes cañaverales existentes en la zona, las variedades de caña para elaborar panela y azúcar natural que se producen en este sector en su mayoría son: Campus Brasil y Puerto Rico, las dos variedades con características relativamente iguales al momento de ser procesadas. En esta agroindustria no existe ningún tipo de control objetivo (peso, control de calidad) en la etapa de recepción de materia prima.



Fotografía 3.1: Recepción de caña

- **Molienda o extracción del jugo**

La extracción del jugo se realizó en un molino de rodillos (trapiche), cuyo porcentaje de extracción en peso (% Ep) no está establecido debido a la falta de control en el momento de la recepción de la materia prima, y en la tina de recepción de jugo de caña, sin embargo los operarios afirmaron que en ese molino el porcentaje de extracción es de 65% aproximadamente.



Fotografía 3.2: Molino extractor

- **Limpieza**

Inmediatamente después de la molienda existe dos pree limpiadores, los cuales facilitan la limpieza del jugo extraído separando ciertas materias extrañas del mismo como barros, bagazo, piedras entre otros, y el jugo de caña en este punto está listo para seguir con la siguiente etapa de clarificación.



Fotografía 3.3: Prelimpiador de hormigón

- **Clarificación**

Una vez recibido el jugo de caña limpio en la tina de recepción se precalienta a una temperatura que oscila entre 50 a 55 °C, añadiendo a esta temperatura el clarificador natural y el artificial (cal y sulfoclarol); existen varios mucilagos vegetales que se utiliza para clarificar el jugo de caña algunos de estos son: Yausabara (*Pavoniasepium St. Hil*), balso (*Heliocarpusamericanus L.*), el cadillo negro (*Triumfetta lappula L.*). En esta agroindustria se utiliza desde siempre el Yausabara (*Pavoniasepium St. Hil*) el cual tampoco está sometido a ningún tipo de control (peso, dosificación, control de calidad).



Fotografía 3.4: Mucilago de balso



Fotografía 3.5: Tina de clarificación

- **Descachazado 1 y 2**

Una vez añadido el mucilago y aditivos químicos como el sulfoclarol ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) y cal apagada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , las impurezas se aglutinan por efecto combinado de calor y clarificantes, las mismas que se retiran por flotación en forma manual, a esta aglutinación en la superficie libre del jugo se la conoce como “cachaza”, y al retiro de esta aglutinación se la denomina descachazado, primero se lo realiza una vez que el jugo alcance su punto de ebullición en donde se retira la denominada “cachaza negra”, el proceso de ebullición continua y se separa la cachaza de color amarilla blanquecina “cachaza blanca”.



Fotografía 3.6: Retiro de cachaza (descachazado)

- **Concentración**

A través de un sistema de tinas de evaporación, el jugo de caña gradualmente aumenta los sólidos en el disolvente para disminuir su volumen final, de la misma manera el agua retenida en el jugo se evapora por el incremento de temperatura, el paso del jugo de una tina a otra se lo realiza de forma manual, en la agroindustria panelera donde se realizó la investigación se contaba con 5 tinas de evaporación, en donde no existía control de temperaturas ni volúmenes de jugo, el mínimo control que se realizaba era subjetivo, la concentración termina con la determinación del estado del jugo para entrar a la siguiente etapa de punteo.



Fotografía 3.7: Tinas de concentración

- **Punteo**

Es el estado óptimo en el que tiene que estar la miel para elaborar azúcar natural, sin embargo existen rangos recomendados de temperatura a las cuales se debe puntear la meladura para elaborar azúcar natural, no obstante estos rangos difieren mucho con relación a la altura sobre el nivel del mar del sitio donde se elabore azúcar natural, por lo tanto la temperatura de punteo ideal debe ser establecida por cada panelero en sus instalaciones.

La temperatura óptima para puntear la meladura en esta agroindustria panelera donde se realizó esta investigación fue inicialmente en un rango de 123 a 127 °C, sin embargo a 123 °C la masa cristalizada no pasaba por el tamiz de mayor abertura de malla, es decir era muy húmeda la masa como para granular y ser tamizada con relativa facilidad, en cambio que a 127 °C, la miel experimentaba demasiada inversión con relación a los azúcares, lo que ocasionaba que una cantidad de conglomerados elevada. Es por eso que se escogió tres temperaturas como niveles del factor temperatura de punteo y estas son: 124°C, 125°C y 126°C. Una vez llegada la miel a cualquiera de estas temperaturas de acuerdo a cada

tratamiento, se recogía 1,5l de meladura para inmediatamente proceder con el batido mecánico.



Fotografía 3.8: Punto de panela (punteo)



Fotografía 3.9: Punto de panela (punteo)

- **Batido**

Punto crítico para la obtención de azúcar natural de calidad, en la gran mayoría de paneleras de Imbabura se lo realiza de forma manual. En la agroindustria panelera donde se realizó este proyecto elaboran azúcar natural ocasionalmente, cuando existen pedidos de este producto, los tiempos de batido dependen de la cantidad

de miel batida, para una paila de 150 lb el tiempo bordea los 30 min, siendo estas razones las que motivaron a la realización de este proyecto investigativo.

El volumen de 1,5l de meladura recogidos de la paila de punteo se vertían en el recipiente de batido los cuales cubrían la platina del eje de batido, el batido se iniciaba durante 1:15 min para todos los tratamientos sin excepción, este tiempo se requería para alcanzar el punto en el que la miel batida podía incrementar su volumen (hinchamiento) con facilidad, y así comenzar la cristalización. La velocidad de batido se escogió de la siguiente manera:

Para el escogimiento de la velocidad con la que se debe batir la miel en el prototipo de batidora, se tomaron en cuenta tres criterios:

- El primero con relación a investigaciones anteriores relacionadas con el batido de panela que establecían velocidades de 120 a 150 r.p.m. (SANDOVAL, G.; MORA, W.; TUZ, C. 2002), y un valor relativamente extremo de 1200 r.p.m. (JATIVA, J.; COLLAHUAZO, K. 2007).
- El segundo con relación a la velocidad con la que se bate manualmente en el recipiente de batido del prototipo, estableciendo un valor preliminar de entre 70 y 80 r.p.m.
- El tercero en función de la velocidad del prototipo con una sola relación de transmisión, durante pruebas preliminares esta velocidad fue de 750 r.p.m.

Finalmente a partir de los cálculos de la relación de transmisión de las poleas del prototipo de batidora (ver ANEXO 23), se establecieron dos velocidades que fueron consideradas como niveles del factor velocidad, y estas son 95 y 125 r.p.m.



**Fotografía 3.10: Batido mecánico de meladura**

- **Cristalización**

El batido que se efectúa a la meladura de caña, en la producción de azúcar natural, no es continuo existe un punto en el cual se debe dejar de batir para permitir la cristalización de la masa de miel, este reposo se caracteriza por el incremento de volumen (hinchamiento) de la masa batida, debido a la incorporación de aire en la masa, el tiempo de reposo así como el número de estos dependen del criterio del panelero.

Luego de 1:15 minutos de batido la masa de panela batida incrementa su volumen (hinchamiento), el tiempo de reposo que se debe dejar la masa a cristalizarse es de 1:15 min para todos los tratamientos sin excepción, tiempo que fue determinado con anterioridad mediante pruebas preliminares, tomando en cuenta el máximo incremento de volumen que puede alcanzar la masa batida.



Fotografía 3.11: Cristalización en recipiente de batido

- **Batido – enfriamiento**

Luego del reposo se continúa con el batido hasta obtener cristales de azúcar, el punto en el cual se debe dejar de batir la masa cristalizada está a criterio de cada panelero, siendo personal la decisión de parar o seguir batiendo, cabe indicar que si se continua con el batido el contenido de conglomerados también aumenta, debido al aglutinamiento de la masa húmeda presente todavía en la masa cristalizada.

En esta investigación el punto de azúcar natural se obtenía en el prototipo en un tiempo de 2:30 a 3:30 min luego de la cristalización durante las pruebas preliminares, es por eso que se establecieron estos tiempos más los tiempos que se consideraron anteriormente en el batido, como niveles del factor tiempo de batido y estos son:  $(1:15+1:15+2:30 = \mathbf{5 \text{ min}})$  y  $(1:15+1:15+3:30 = \mathbf{6 \text{ min}})$ .



**Fotografía 3.13: Batido - Enfriamiento de meladura cristalizada**

- **Tamizado**

Una vez batida la masa, se tamiza en un cedazo de abertura que permita obtener azúcar natural con características aceptables de granulometría, y que poder ser comercializada sin dificultad. En la investigación se utilizaron tres tamices los cuales tenían diferente abertura de malla, y las masas retenidas en cada malla fueron variables evaluadas para determinar la eficiencia del batido mecánico experimentado.



**Fotografía 3.14: Tamizado**

- **Empaque**

La presentación final del producto se la hizo en fundas plásticas, que permitían una apreciación total de la panela granulada obtenida. El empaque se lo hizo en las cuatro presentaciones finales que se obtuvieron en función su granulometría, luego fueron embaladas en cajas de cartón corrugado.



Fotografía 3.15: Empaque final

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Existen marcadas diferencias entre el batido tradicional (manual) y batido mecánico, entre las cuales se destacan el tiempo de batido y velocidad de batido, factores que controlados adecuadamente optimizan tiempos de producción estandarizando el proceso productivo de manera significativa. Estos factores se pusieron a prueba experimentalmente y se detallan a continuación:

#### 4.1.Evaluación de batido tradicional

Una de las principales características del batido manual es el esfuerzo necesario requerido por los operarios para poder granular la masa de meladura, lo que hace que la velocidad no sea constante, y se prolongue el tiempo de batido, haciendo menos eficiente el proceso productivo.

**Cuadro 4.1: Evaluación del batido tradicional**

<b><u>BATIDO TRADICIONAL (MANUAL)</u></b>					
<b>REPETICIONES</b>	<i>Temperatura de punteo (°C)</i>	<i>*Velocidad de batido (rpm)</i>	<i>Tiempo de batido (min)</i>		
			<i>B</i>	<i>R</i>	<i>B-E</i>
<b>I</b>	<b>125</b>	<b>70 - 80</b>	<b>2</b>	<b>1:30</b>	<b>7:30</b>
<b>II</b>	<b>125</b>	<b>70 - 80</b>	<b>2:3</b>	<b>1:30</b>	<b>8:10</b>
<b>III</b>	<b>125</b>	<b>70 - 70</b>	<b>2:2</b>	<b>1:30</b>	<b>7:50</b>

B=batido; R= reposo (hinchamiento); B-E= batido – enfriamiento

\* La velocidad en el batido manual no es constante para todo el tiempo de batido.

#### 4.2.Evaluación de batido mecánico

Al batir miel de caña de manera mecánica, se pueden tomar valores fijos para los factores que se quieran poner a prueba, en vista de las características de este batido, que no es dependiente del tiempo, lo que significa que la velocidad y tiempo de batido son constantes durante todo el batido.

**Cuadro 4.2: Evaluación del batido mecánico**

<b><u>BATIDO MECÁNICO</u></b>					
<b>REPETICIONES</b>	<i>Temperatura de punteo (°C)</i>	<i>**Velocidad de batido (rpm)</i>	<i>Tiempo de batido (min)</i>		
			<i>B</i>	<i>R</i>	<i>B-E</i>
<b>I</b>	<b>124 -125-126</b>	<b>95 - 125</b>	<b>1:15</b>	<b>1:15</b>	<b>2:30 - 3:30</b>
<b>II</b>	<b>124 -125-126</b>	<b>95 - 125</b>	<b>1:15</b>	<b>1:15</b>	<b>2:30 - 3:30</b>
<b>III</b>	<b>124 -125-126</b>	<b>95 - 125</b>	<b>1:15</b>	<b>1:15</b>	<b>2:30 - 3:30</b>

B=batido; R= reposo (hinchamiento); B-E= batido - enfriamiento

\*\* La velocidad en el batido mecánico es constante para todo el tiempo de batido.

### 4.3. Variables cuantitativas al final de la etapa de batido

#### 4.3.1. Porcentaje de azúcar en malla de 5 mm

**Cuadro 4.3: Variación del porcentaje de azúcar en malla de 5 mm**

Nº	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			$\Sigma$ trat	Media
		I	II	III		
T1	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	18,87	20,87	18,53	58,27	19,42
T2	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	21,70	20,93	17,93	60,55	20,18
T3	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	18,49	17,97	16,55	53,01	17,67
T4	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	25,95	28,10	25,71	79,76	26,59
T5	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	12,29	10,89	13,58	36,76	12,25
T6	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	25,70	32,50	26,51	84,71	28,24
T7	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	21,24	19,52	26,14	66,90	22,30
T8	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	19,85	17,25	23,72	60,82	20,27
T9	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	21,29	25,48	31,86	78,63	26,21
T10	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	32,27	30,63	40,18	103,08	34,36
T11	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	39,13	39,52	35,84	114,49	38,16
T12	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	26,46	26,95	28,95	82,35	27,45
TESTIGO		25,66	26,07	29,03	80,76	26,92
$\Sigma$ rep		308,89	316,68	334,53	960,11	24,62

**Cuadro 4.4: ADEVA**

<b>ADEVA</b>						
<b>F de V</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	
<b>Total</b>	38	1969,67			0,05	0,01
<b>Rep</b>	2	26,59	13,30	1,65 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>Trat</b>	12	1749,84	145,82	18,11**	2,18	3,03
<b>T</b>	2	912,77	456,38	56,68**	3,4	5,61
<b>V</b>	1	34,70	34,70	4,31*	4,26	7,82
<b>t</b>	1	111,05	111,05	13,79**	4,26	7,82
<b>T*V</b>	2	3,86	1,93	0,24 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>T*t</b>	2	110,27	55,14	6,85**	3,4	5,61
<b>V*t</b>	1	206,14	206,14	25,60**	4,26	7,82
<b>T*V*t</b>	2	371,05	185,52	23,04**	3,4	5,61
<b>TES vs OTROS</b>	1	17,24	17,24	2,14 <sup>ns</sup>	4,26	7,82
<b>E exp</b>	24	193,24	8,05			

CV=11,53%

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo

ns : No significativo

Una vez realizado el ADEVA se determinó alta significación para: tratamientos, Temperatura de punteo, tiempo de batido, interacción T\*t (Temperatura de punteo\*tiempo de batido), interacción V\*t (Velocidad de batido\*tiempo de batido) e interacción T\*V\*t (Temperatura de punteo\*Velocidad de batido\*tiempo de batido), además se detectó significación estadística para Velocidad de batido.

En consecuencia al existir alta significación estadística se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y la prueba de DMS para los factores T (Temperatura de punteo), V (Velocidad de batido) y t (tiempo de batido), además de efectuar las gráficas de las distintas interacciones con alta significación

**Cuadro 4.5: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos (porcentaje de azúcar en malla de 5 mm)**

TRATAMIENTOS		MEDIA	RANGOS
<b>T5</b>	<b>T<sub>2</sub>V<sub>1</sub>t<sub>1</sub></b>	12,25	<b>a</b>
<b>T3</b>	<b>T<sub>1</sub>V<sub>2</sub>t<sub>1</sub></b>	17,67	<b>a</b>
<b>T1</b>	<b>T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>t<sub>1</sub></b>	19,42	<b>a</b>
<b>T2</b>	<b>T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>t<sub>2</sub></b>	20,18	b
<b>T8</b>	<b>T<sub>2</sub>V<sub>2</sub>t<sub>2</sub></b>	20,27	b
<b>T7</b>	<b>T<sub>2</sub>V<sub>2</sub>t<sub>1</sub></b>	22,30	b
<b>T9</b>	<b>T<sub>3</sub>V<sub>1</sub>t<sub>1</sub></b>	26,21	b
<b>T4</b>	<b>T<sub>1</sub>V<sub>2</sub>t<sub>2</sub></b>	26,59	b
<b>TESTIGO</b>		26,92	b
<b>T12</b>	<b>T<sub>3</sub>V<sub>2</sub>t<sub>2</sub></b>	27,45	b
<b>T6</b>	<b>T<sub>2</sub>V<sub>1</sub>t<sub>2</sub></b>	28,24	b
<b>T10</b>	<b>T<sub>3</sub>V<sub>1</sub>t<sub>2</sub></b>	34,36	c
<b>T11</b>	<b>T<sub>3</sub>V<sub>2</sub>t<sub>1</sub></b>	38,16	c

El cuadro 4.5 sobre la prueba de Tukey al 5% nos dice que, los tratamientos **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min), **T3** (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 5 min) y **T1** (Meladura con 124 °C batida a 95 rpm durante 5 min) con rango “a”, generan el menor porcentaje de masa retenida en la malla de abertura 5 mm (conglomerados) en el batido mecánico; comportándose de mejor manera el **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min) por tener la media más baja.

**Cuadro 4.6: Prueba de DMS para el factor T (Temperatura de punteo)**

FACTOR “T”	MEDIA	RANGOS
<b>T<sub>2</sub></b>	20,77	<b>a</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	20,97	<b>a</b>
<b>T<sub>3</sub></b>	31,55	b

Después de realizar la prueba de DMS para el factor **T** (Temperatura de punteo), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, por tanto **T<sub>2</sub>** (125°C) y **T<sub>1</sub>** (124°C) con rango “a” son los mejores niveles de

temperatura de punteo, al producir menor porcentaje de masa retenida en la malla de abertura 5 mm (conglomerados) en el batido mecánico, siendo  $T_2$  (125°C) con rango “a” el nivel de este factor que tiene la media más baja.

**Cuadro 4.7: Prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido)**

FACTOR “V”	MEDIA	RANGOS
$V_1$	23,44	a
$V_2$	25,41	b

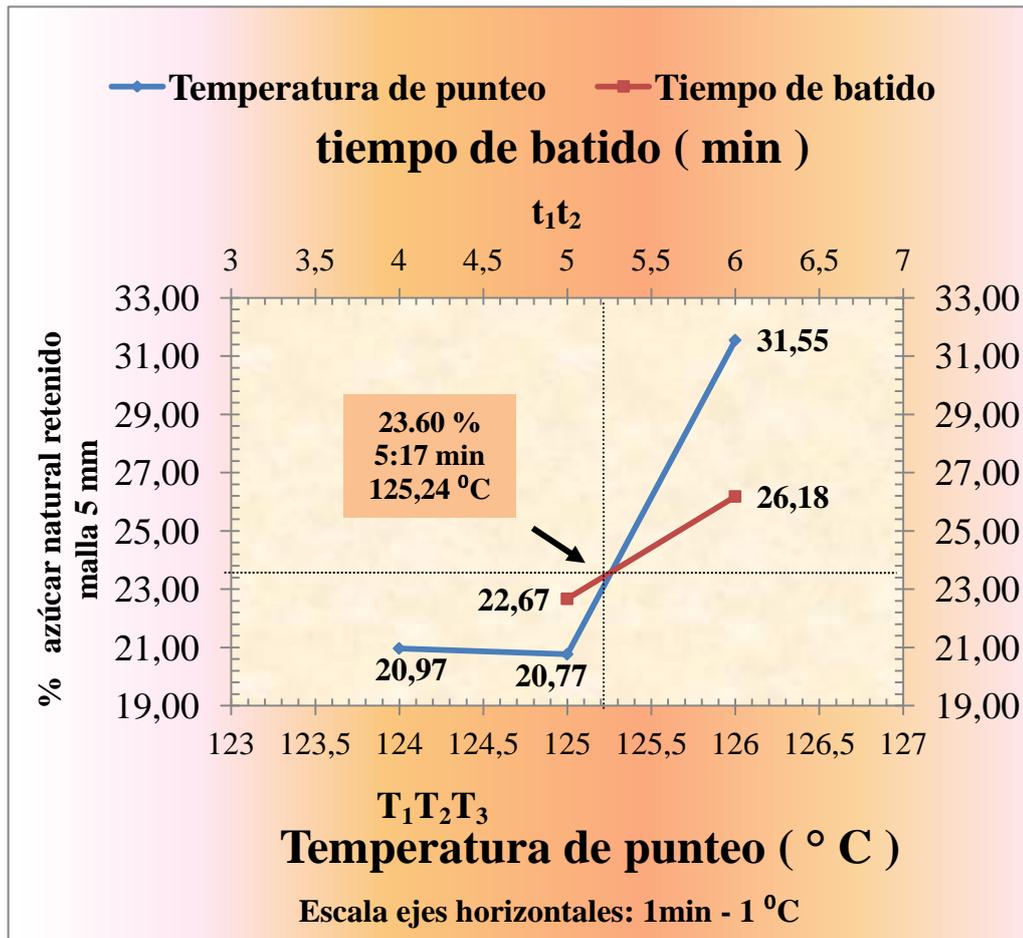
Una vez realizada la prueba de DMS para el factor **V** (Velocidad de batido), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, en consecuencia  $V_1$  (95 rpm) con rango “a”, produce el menor porcentaje de masa retenida en la malla de abertura 5 mm (conglomerados) en el batido mecánico.

**Cuadro 4.8: Prueba de DMS para el factor t (tiempo de batido)**

FACTOR “t”	MEDIA	RANGOS
$t_1$	22,67	a
$t_2$	26,18	b

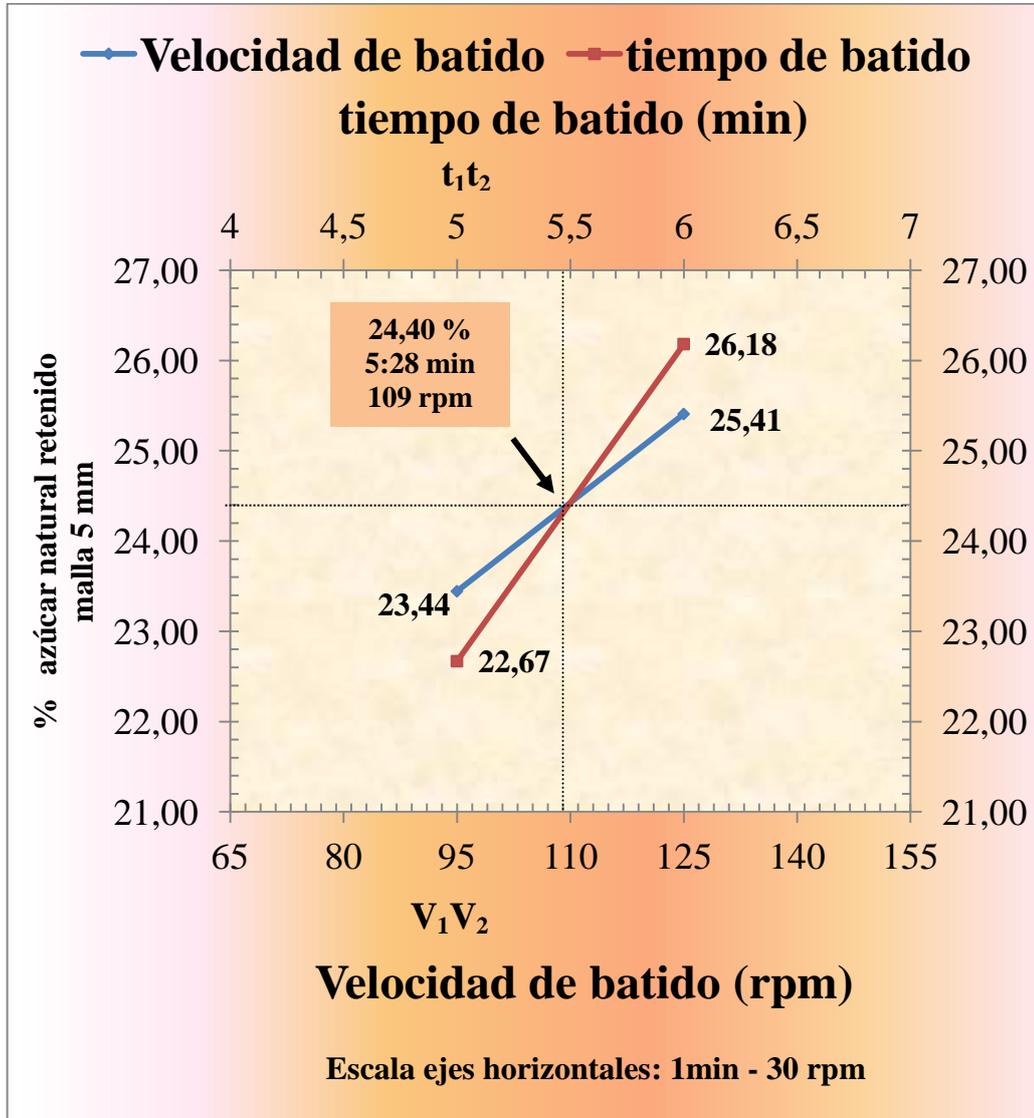
Una vez realizada la prueba de DMS para el factor **t** (tiempo de batido), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, en consecuencia  $t_1$  (5 min) con rango “a”, genera el menor porcentaje de masa retenida en la malla de abertura 5 mm (conglomerados) en el batido mecánico.

**Gráfico 4.1: Representación de la interacción T\*t (Temperatura de punteo \* tiempo de batido)**



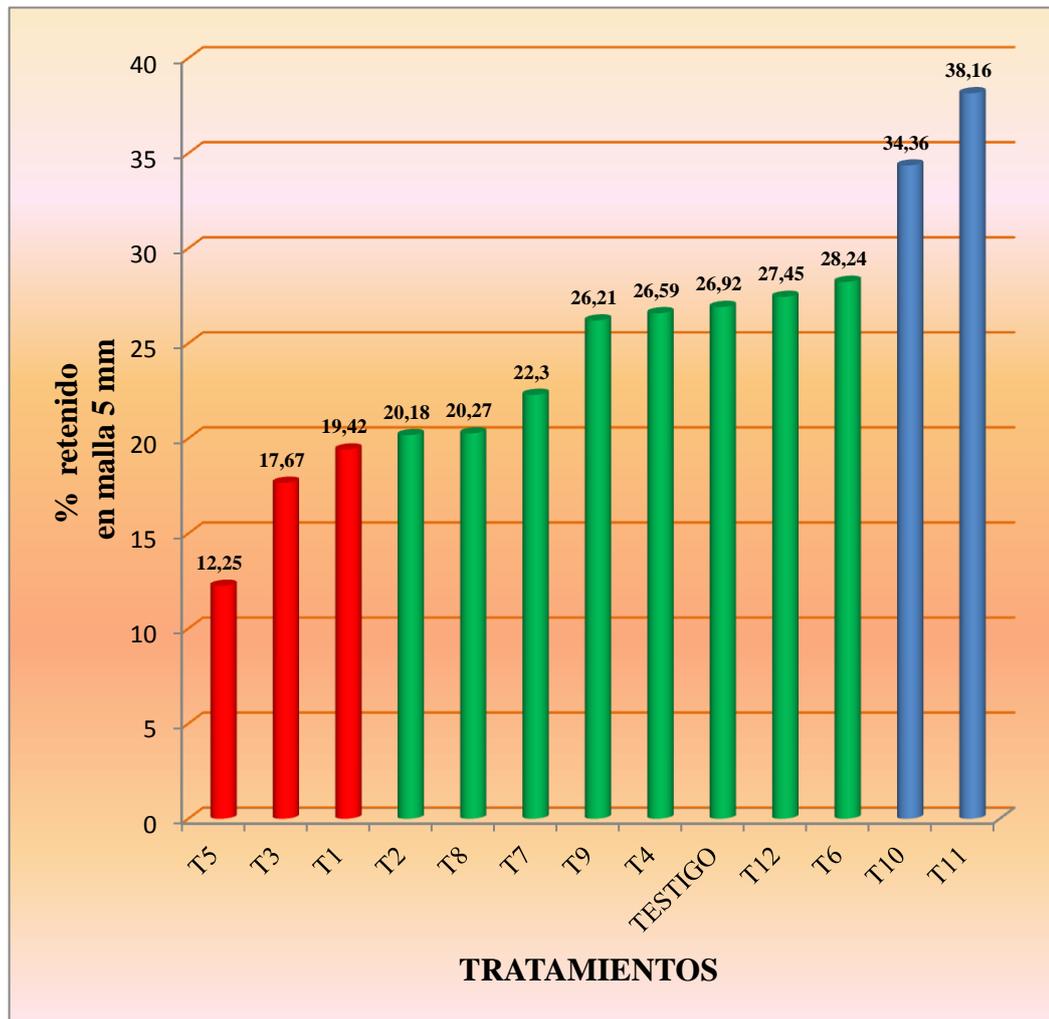
En el gráfico 4.1 se observa, que el punto crítico de la interacción entre los factores **T** (Temperatura de punteo) y **t** (tiempo de batido), en la variable porcentaje de azúcar retenida en la malla de abertura 5 mm es de 23,60 %. En consecuencia este valor interactúa entre los niveles **T<sub>2</sub>** (125 °C) y **t<sub>1</sub>** (5 min).

**Gráfico 4.2: Representación de la interacción V\*t (Velocidad de batido \* tiempo de batido)**



En el gráfico 4.2 se observa, que el punto crítico de la interacción entre los factores  $V$  (Velocidad de batido) y  $t$  (tiempo de batido), en la variable porcentaje de azúcar natural retenida en la malla de abertura 5 mm es de 24,40 %. En consecuencia este valor interactúa entre los niveles  $V_1$  (95 rpm) y  $t_1$  (5 min).

**Grafico 4.3: Comportamiento de las medias del porcentaje de azúcar enmalla de 5 mm**



El gráfico 4.3 confirma que el **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min), es el tratamiento que menor porcentaje de masa retenida en la malla de abertura 5 mm (conglomerados) origina durante el batido mecánico.

#### 4.3.2. Porcentaje de azúcar en malla de 3 mm

**Cuadro 4.9: Variación del porcentaje de azúcar en malla de 3 mm**

N°	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Σ trat	Media
		I	II	III		
T1	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	23,94	25,76	19,74	69,44	23,15
T2	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	19,79	24,13	23,86	67,79	22,60
T3	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	20,60	23,96	29,29	73,84	24,61
T4	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	30,08	25,97	24,24	80,29	26,76
T5	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	28,39	33,59	19,24	81,22	27,07
T6	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	20,03	18,05	22,03	60,11	20,04
T7	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	24,60	21,68	20,60	66,88	22,29
T8	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	23,53	25,93	25,51	74,97	24,99
T9	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	24,44	21,80	23,43	69,67	23,22
T10	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	24,46	22,94	21,05	68,45	22,82
T11	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	19,57	17,07	21,97	58,60	19,53
T12	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	23,54	33,89	27,05	84,48	28,16
<b>TESTIGO</b>		<b>10,98</b>	<b>15,09</b>	<b>10,41</b>	36,49	12,16
<b>Σ rep</b>		293,95	309,87	288,41	<b>892,24</b>	<b>22,88</b>

**Cuadro 4.10: ADEVA**

<b>ADEVA</b>						
<b>F de V</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	
<b>Total</b>	38	910,61			0,05	0,01
<b>Rep</b>	2	19,09	9,54	0,81 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>Trat</b>	12	608,25	50,69	4,29**	2,18	3,03
<b>T</b>	2	4,84	2,42	0,21 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>V</b>	1	13,92	13,92	1,18 <sup>ns</sup>	4,26	7,82
<b>t</b>	1	7,50	7,50	0,64 <sup>ns</sup>	4,26	7,82
<b>T*V</b>	2	11,97	5,99	0,51 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>T*t</b>	2	59,24	29,62	2,51 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>V*t</b>	1	115,20	115,20	9,76**	4,26	7,82
<b>T*V*t</b>	2	395,56	197,78	16,76**	3,4	5,61
<b>TES vs OTROS</b>	1	373,03	373,03	31,60**	4,26	7,82
<b>E exp</b>	24	283,27	11,80			

CV=15,02%

\*\* : Altamente significativo

ns : No significativo

Una vez realizado el ADEVA se determinó alta significación para: tratamientos, interacción V\*t (Velocidad\*tiempo de batido), interacción T\*V\*t (Temperatura de punteo\*Velocidad de batido\*tiempo de batido) y TESTIGO vs OTROS.

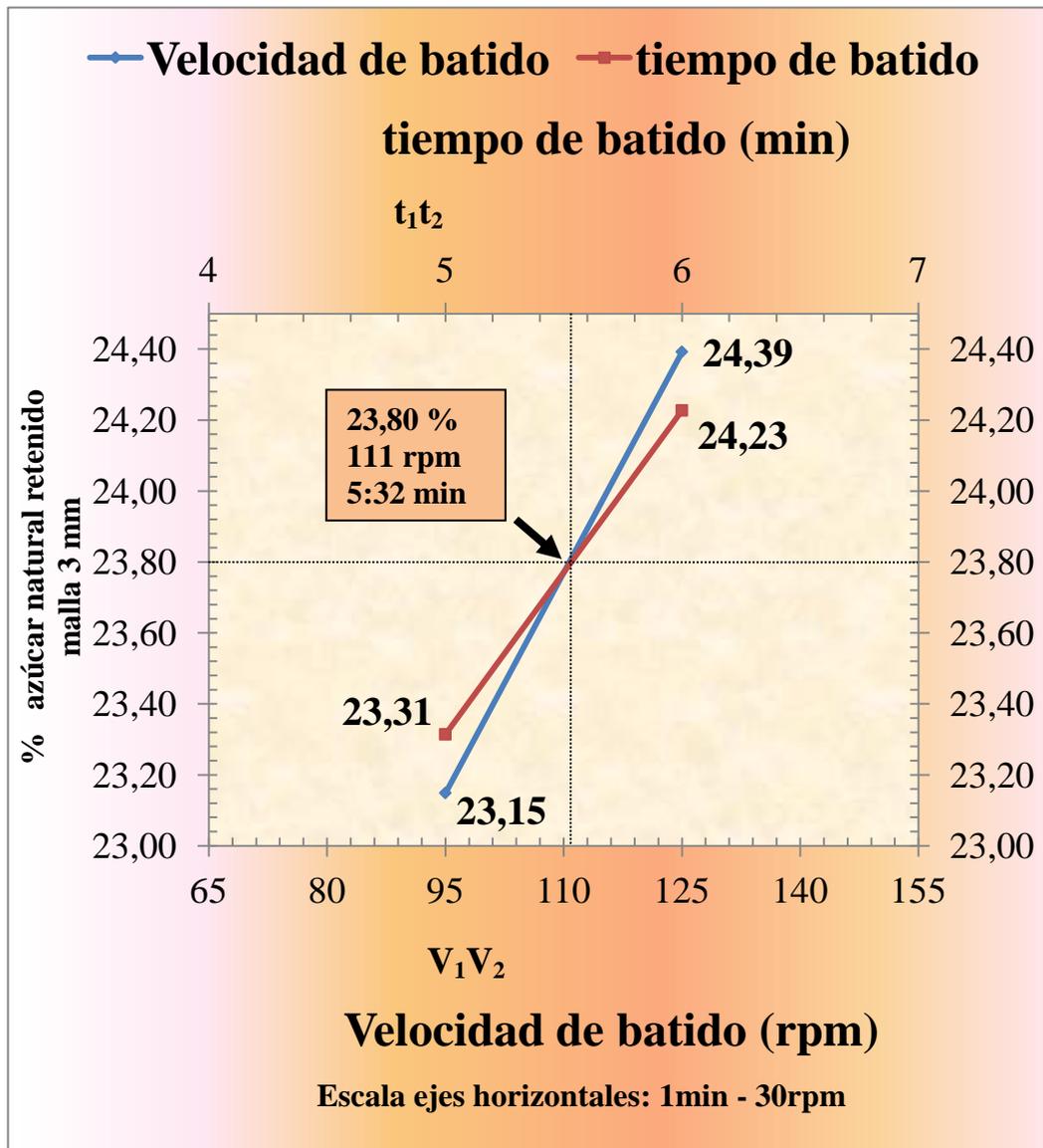
En consecuencia al existir alta significación estadística se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, además de esquematizar la interacción V\*t (Velocidad\*tiempo de batido).

**Cuadro 4.11: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos (porcentaje de azúcar en malla de 3 mm)**

°N	TRATAMIENTOS	Media	Rango
	<b>TESTIGO</b>	12,16	<b>a</b>
<b>T11</b>	<b>T3V2t1</b>	19,53	b
<b>T6</b>	<b>T2V1t2</b>	20,04	b
<b>T7</b>	<b>T2V2t1</b>	22,29	b
<b>T2</b>	<b>T1V1t2</b>	22,60	b
<b>T10</b>	<b>T3V1t2</b>	22,82	b
<b>T1</b>	<b>T1V1t1</b>	23,15	b
<b>T9</b>	<b>T3V1t1</b>	23,22	b
<b>T3</b>	<b>T1V2t1</b>	24,61	b
<b>T8</b>	<b>T2V2t2</b>	24,99	b
<b>T4</b>	<b>T1V2t2</b>	26,76	b
<b>T5</b>	<b>T2V1t1</b>	27,07	b
<b>T12</b>	<b>T3V2t2</b>	28,16	b

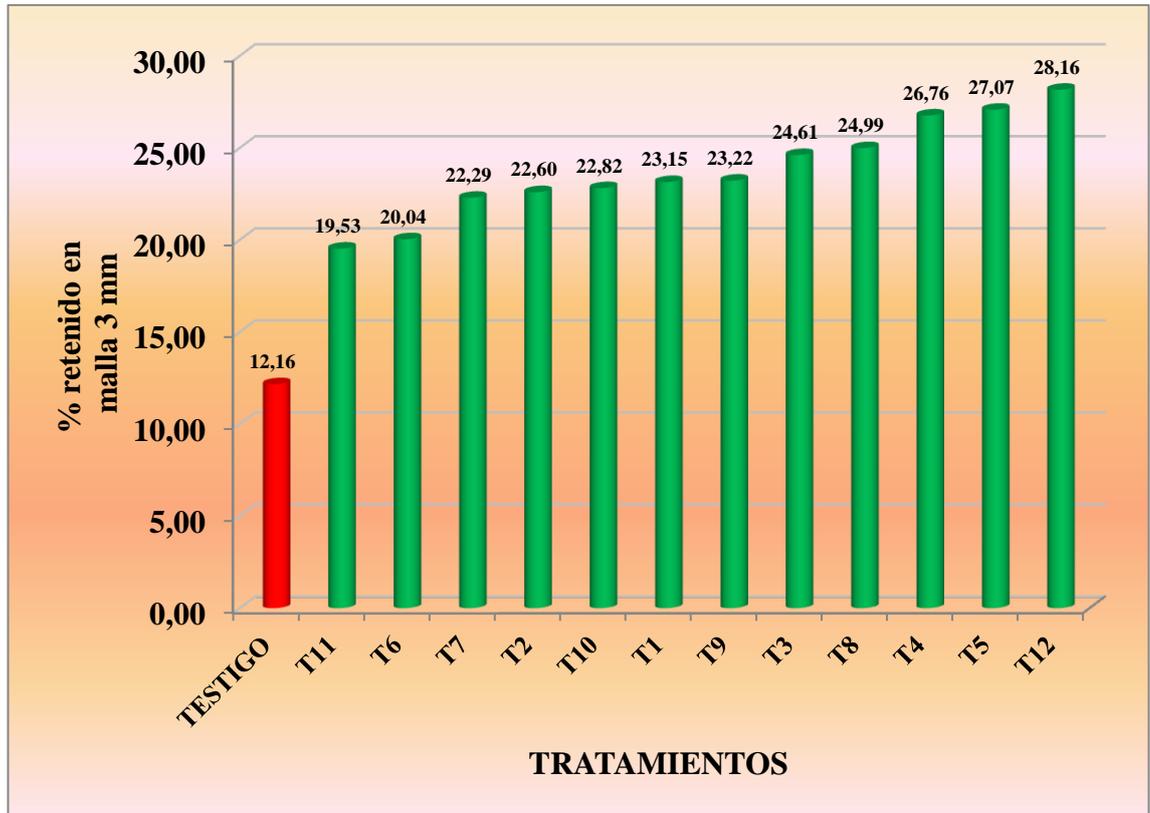
La lectura del cuadro 4.11 sobre la prueba de Tukey al 5 % informa que, todos los tratamientos a excepción del **TESTIGO** son estadísticamente iguales, es decir que todos los tratamientos a excepción del **TESTIGO** retienen la misma cantidad de azúcar natural en el tamiz de abertura 3 mm, aunque este azúcar tiene una granulometría entre 3 mm y 5 mm se puede comercializar como azúcar de segunda calidad es decir no son perdidas como los conglomerados retenidos en la malla de abertura 5 mm, sin embargo es de menor calidad que el azúcar con granulometría menor a 3 mm.

**Gráfico 4.4: Representación de la interacción V\*t (Velocidad de batido \* tiempo de batido).**



En el gráfico 4.4 se observa, que el punto crítico de la interacción entre los factores V (Velocidad de batido) y t (tiempo de batido), en la variable porcentaje de azúcar en la malla de 3 mm es de 23,80 %. En consecuencia este valor interactúa entre los niveles V<sub>2</sub> (125 rpm) y t<sub>1</sub> (5 min).

Gráfico 4.5: Comportamiento de la medias del porcentaje de azúcar en malla de 3mm



El gráfico 4.5 confirma que todos los tratamientos son estadísticamente iguales con respecto a la cantidad de azúcar natural retenida en malla de abertura 3 mm, siendo la media del **TESTIGO** la única que presenta diferencia estadística con respecto al resto de tratamientos.

#### 4.3.3. Porcentaje de azúcar retenido en malla de 1 mm

**Cuadro 4.12: Variación del porcentaje de azúcar en malla de 1 mm**

Nº	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Σ trat	Media
		I	II	III		
T1	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	15,33	17,70	15,50	48,53	16,18
T2	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	14,08	17,28	17,35	48,70	16,23
T3	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	20,16	19,56	25,47	65,18	21,73
T4	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	19,50	20,93	26,59	67,03	22,34
T5	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	16,00	11,66	19,72	47,37	15,79
T6	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	15,68	18,21	17,33	51,22	17,07
T7	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	19,47	17,37	19,28	56,11	18,70
T8	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	19,43	21,86	20,90	62,19	20,73
T9	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	18,74	16,21	19,27	54,22	18,07
T10	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	16,84	16,73	15,69	49,26	16,42
T11	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	15,22	13,52	17,20	45,93	15,31
T12	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	19,02	24,00	17,84	60,86	20,29
TESTIGO		9,58	12,26	8,57	30,41	10,14
Σ rep		219,05	227,28	240,68	687,01	17,62

**Cuadro 4.13: ADEVA**

ADEVA						
F de V	gl	SC	CM	Fc	Ft	
Total	38	526,17			0,05	0,01
Rep	2	18,35	9,18	1,77 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
Trat	12	383,26	31,94	6,15 <sup>**</sup>	2,18	3,03
T	2	15,80	7,90	1,52 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
V	1	93,47	93,47	18,01 <sup>**</sup>	4,26	7,82
t	1	13,34	13,34	2,57 <sup>ns</sup>	4,26	7,82
T*V	2	41,83	20,91	4,03 <sup>*</sup>	3,4	5,61
T*t	2	3,50	1,75	0,34 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
V*t	1	15,72	15,72	3,03 <sup>ns</sup>	4,26	7,82
T*V*t	2	199,60	99,80	19,23 <sup>**</sup>	3,4	5,61
TES vs OTROS	1	181,73	181,73	35,02 <sup>**</sup>	4,26	7,82
E exp	24	124,56	5,19			

CV=12,93%

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo

ns : No significativo

Después de realizado el ADEVA se detectó alta significación para: tratamientos, Velocidad de batido, interacción T\*V\*t (Temperatura de punteo\*Velocidad de batido\*tiempo de batido) y TESTIGO vs OTROS, además significación para la interacción T\*V (Temperatura de punteo\*Velocidad de batido),

En vista de que se determinó alta significación estadística se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y la prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido), además de efectuar las gráficas de la interacción con alta significación y significación.

**Cuadro 4.14: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos (porcentaje de azúcar en malla de 1 mm)**

TRATAMIENTOS		Media	Rango
<b>T4</b>	<b>T1V2t2</b>	22,34	<b>a</b>
<b>T3</b>	<b>T1V2t1</b>	21,73	<b>a</b>
<b>T8</b>	<b>T2V2t2</b>	20,73	<b>a</b>
<b>T12</b>	<b>T3V2t2</b>	20,29	<b>a</b>
<b>T7</b>	<b>T2V2t1</b>	18,70	<b>a</b>
<b>T9</b>	<b>T3V1t1</b>	18,07	<b>a</b>
<b>T6</b>	<b>T2V1t2</b>	17,07	<b>a</b>
<b>T10</b>	<b>T3V1t2</b>	16,42	<b>a</b>
<b>T2</b>	<b>T1V1t2</b>	16,23	<b>a</b>
<b>T1</b>	<b>T1V1t1</b>	16,18	<b>a</b>
<b>T5</b>	<b>T2V1t1</b>	15,79	<b>a</b>
<b>T11</b>	<b>T3V2t1</b>	15,31	<b>b</b>
<b>TESTIGO</b>		10,14	<b>b</b>

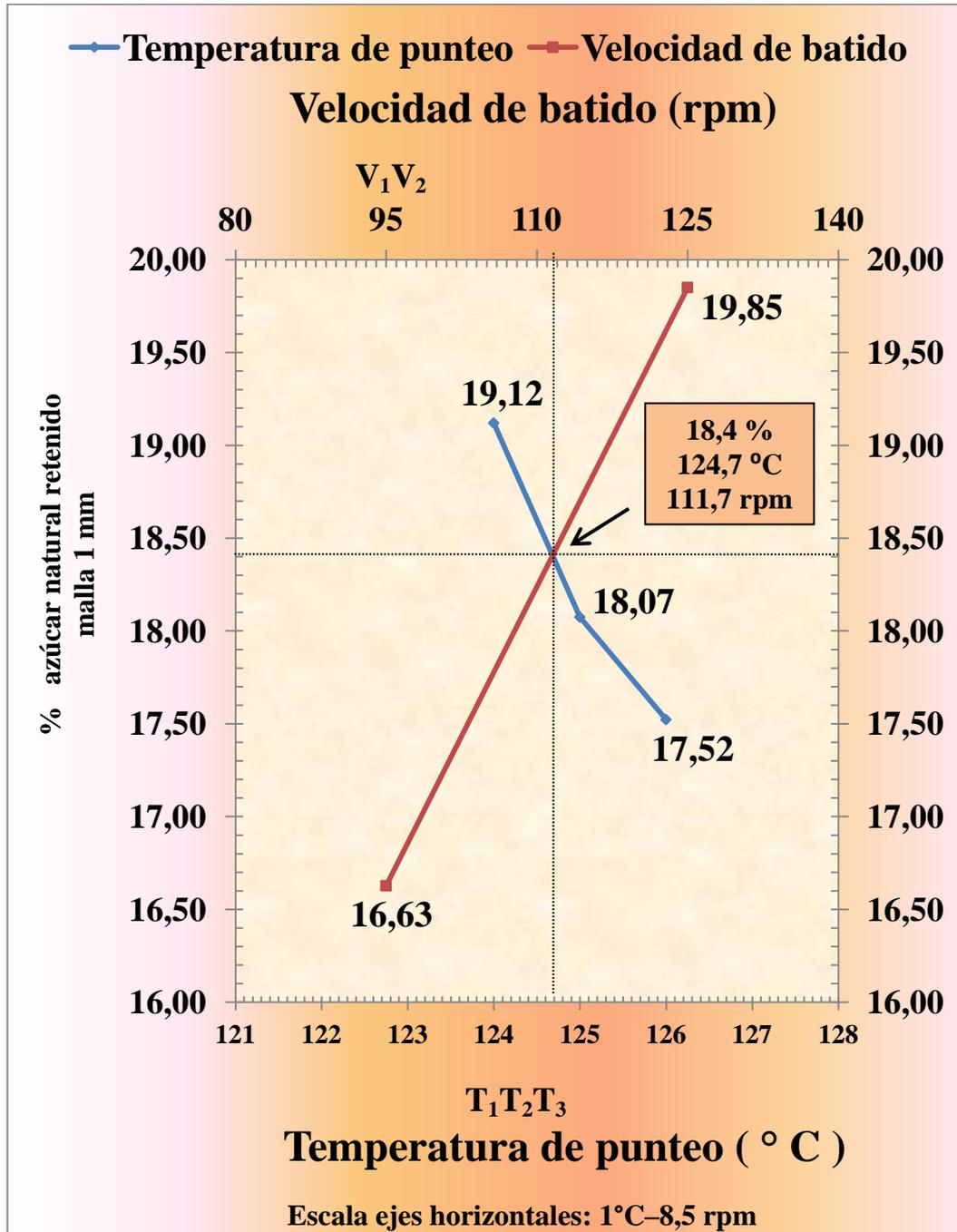
El cuadro 4.14 en donde se representa la prueba de Tukey al 5% nos expone que, existen 11 tratamientos que retienen porcentajes estadísticamente iguales de azúcar natural en el tamiz de abertura 1 mm, sin embargo el tratamiento que tiene la media más alta es el **T4** (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 6 min), la granulometría de la masa de azúcar natural retenida en este tamiz es muy aceptable y se puede comercializar con relativa facilidad.

**Cuadro 4.15: Prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido)**

<b>FACTOR “T”</b>	<b>MEDIA</b>	<b>RANGOS</b>
<b>V<sub>2</sub></b>	19,85	<b>A</b>
<b>V<sub>1</sub></b>	16,63	b

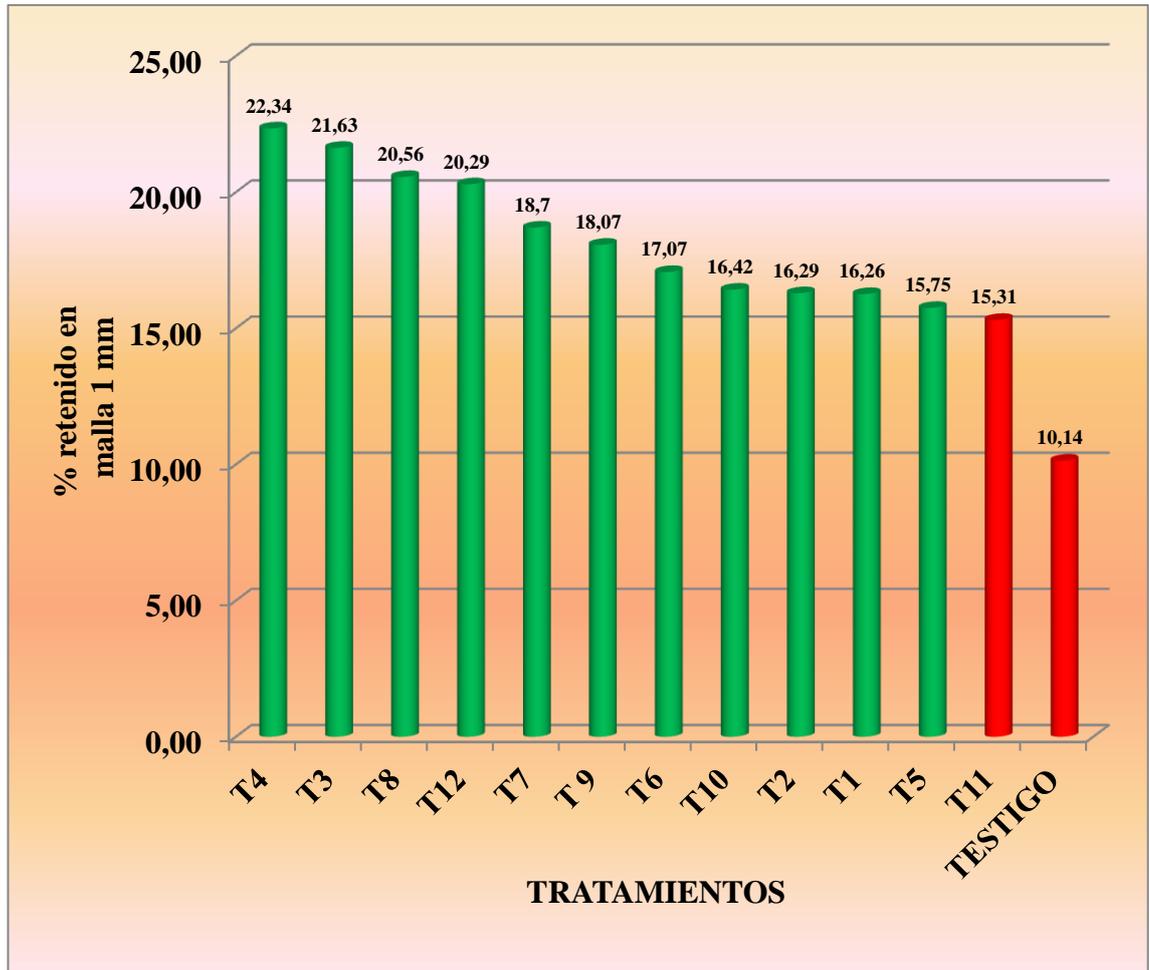
Una vez realizada la prueba de DMS para el factor **V** (Velocidad de batido), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, y que **V<sub>2</sub>** (125 rpm) con rango “**a**” es el mejor nivel de velocidad de batido, al producir mayor porcentaje de azúcar natural retenido en malla de abertura 1mm

Gráfico 4.6: Representación de la interacción T\*V (Temperatura de punteo\*Velocidad de batido)



En el gráfico 4.6 se observa, que el punto crítico de la interacción entre los factores T (Temperatura de punteo) y V (Velocidad de batido), en la variable porcentaje de azúcar natural retenida en malla de abertura 1 mm es de 18,4 %. En consecuencia este valor interactúa entre los niveles T<sub>1</sub> (124 °C) y V<sub>2</sub> (125 rpm).

**Gráfico 4.7: Comportamiento de la medias del porcentaje de azúcar natural retenida en malla de abertura 1 mm**



El gráfico 4.7 indica que el **T4** (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 6 min), es el tratamiento que retiene el mayor porcentaje de azúcar natural en el tamiz de abertura 1 mm.

#### 4.3.4. Porcentaje de azúcar como producto final

**Cuadro 4.16: Variación del porcentaje de azúcar como producto final**

Nº	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Σ trat	Media
		I	II	III		
T1	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	41,86	35,67	46,23	123,76	41,25
T2	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	44,43	37,67	40,86	122,96	40,99
T3	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	40,76	38,51	28,70	107,96	35,99
T4	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	24,46	25,00	23,45	72,92	24,31
T5	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	43,33	43,87	47,46	134,65	44,88
T6	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	38,59	31,24	34,13	103,96	34,65
T7	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	34,69	41,44	33,98	110,10	36,70
T8	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	37,18	34,96	29,87	102,02	34,01
T9	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	35,53	36,51	25,44	97,48	32,49
T10	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	26,43	29,69	23,09	79,21	26,40
T11	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	26,09	29,90	25,00	80,98	26,99
T12	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	30,98	15,16	26,17	72,31	24,10
TESTIGO		53,78	46,57	51,98	152,33	50,78
Σ rep		478,11	446,17	436,37	1360,65	34,89

**Cuadro 4.17: ADEVA**

<u>ADEVA</u>						
F de V	gl	SC	CM	Fc	Ft	
Total	38	2943,37			0,05	0,01
Rep	2	73,31	36,65	1,92 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
Trat	12	2411,27	200,94	10,51 <sup>**</sup>	2,18	3,03
T	2	684,59	342,29	17,91 <sup>**</sup>	3,4	5,61
V	1	372,08	372,08	19,46 <sup>**</sup>	4,26	7,82
t	1	286,62	286,62	14,99 <sup>**</sup>	4,26	7,82
T*V	2	93,30	46,65	2,44 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
T*t	2	6,33	3,17	0,17 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
V*t	1	0,12	0,12	0,01 <sup>ns</sup>	4,26	7,82
T*V*t	2	968,23	484,12	25,32 <sup>**</sup>	3,4	5,61
TES vs OTROS	1	820,41	820,41	42,92 <sup>**</sup>	4,26	7,82
E exp	24	458,80	19,12			

CV=12,53%

\*\* : Altamente significativo

ns: No significativo

Una vez realizado el ADEVA se determinó alta significación para: tratamientos, Temperatura de punteo, Velocidad de batido, tiempo de batido, interacción T\*V\*t (Temperatura de punteo\*Velocidad de batido\*tiempo de batido) e TESTIGO vs OTROS.

En consecuencia al existir alta significación estadística se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y la prueba de DMS para los factores T (Temperatura de punteo), V (Velocidad de batido) y t (tiempo de batido), además de efectuar las gráficas de la interacción con alta significación.

**Cuadro 4.18: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos (porcentaje de azúcar como producto final)**

TRATAMIENTOS		Media	Rango
TESTIGO		50,78	a
T5	T2V1t1	44,88	a
T1	T1V1t1	41,25	a
T2	T1V1t2	40,99	a
T7	T2V2t1	36,70	b
T3	T1V2t1	35,99	b
T6	T2V1t2	34,65	b
T8	T2V2t2	34,01	b
T9	T3V1t1	32,49	b
T11	T3V2t1	26,99	b
T10	T3V1t2	26,40	b
T4	T1V2t2	24,31	b
T12	T3V2t2	24,10	b

Una vez realizada la prueba de Tukey al 5% nos dice que, el tratamiento **TESTIGO** es el que mayor porcentaje de azúcar como producto final genera en el batido mecánico, sin embargo existen tres tratamientos que son estadísticamente iguales al tratamiento **TESTIGO** el **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min) el **T1** (Meladura con 124 °C batida a 95 rpm durante 5 min), y el

**T<sub>2</sub>** (Meladura con 124 °C batida a 95 rpm durante 6 min), este porcentaje de azúcar es el de menor granulometría obtenido en esta investigación, sin embargo esta panela granulada es muy fina y puede ser mezclada con el azúcar retenido en la malla de abertura 1 mm para incrementar el rendimiento de azúcar natural que se puede comercializar.

**Cuadro 4.19: Prueba de DMS para el factor T (Temperatura de punteo)**

FACTOR “T”	MEDIA	RANGOS
<b>T<sub>2</sub></b>	37,56	<b>a</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	35,63	<b>a</b>
<b>T<sub>3</sub></b>	27,50	b

Después de realizar la prueba de DMS para el factor **T** (Temperatura de punteo), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, y que **T<sub>2</sub>** (125 °C) y **T<sub>1</sub>** (124 °C) con rango “**a**” son los niveles de temperatura de punteo, que originan mayor porcentaje de azúcar natural como producto final en el batido mecánico, siendo **T<sub>2</sub>** (125 °C) el nivel que tiene la media más alta.

**Cuadro 4.20: Prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido)**

FACTOR “t”	MEDIA	RANGOS
<b>V<sub>1</sub></b>	36,78	<b>a</b>
<b>V<sub>2</sub></b>	30,35	b

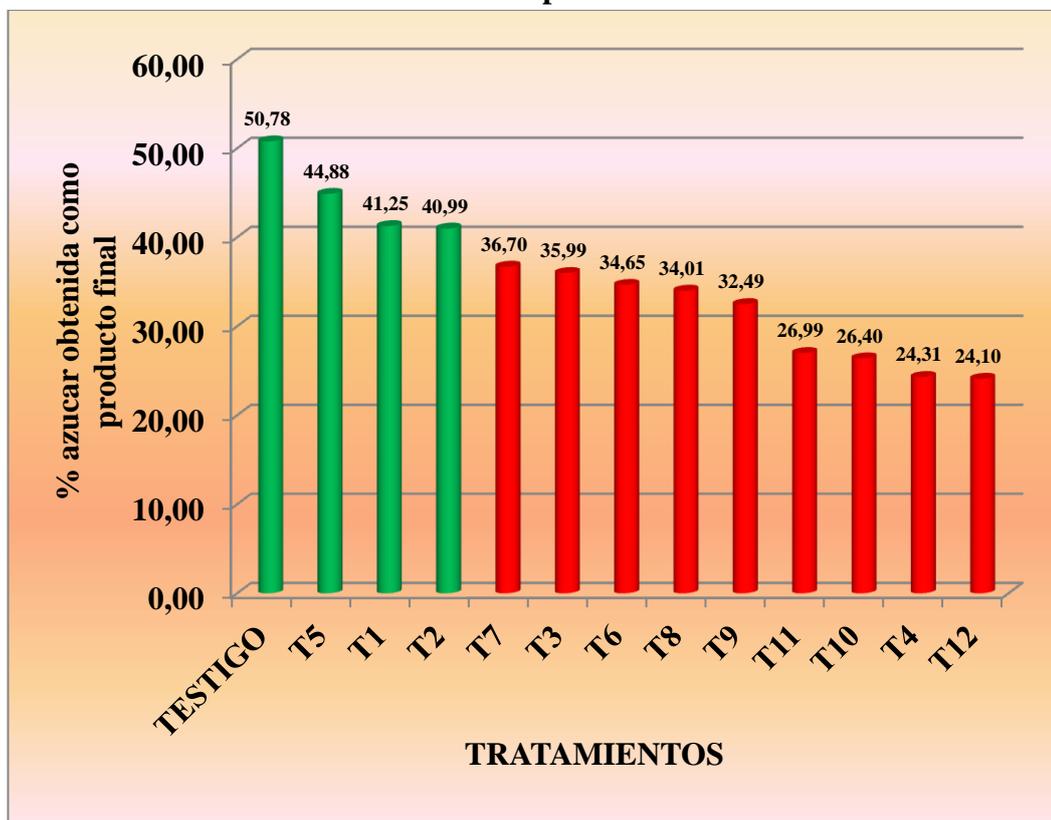
Una vez realizada la prueba de DMS para el factor **V** (Velocidad de batido), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, en consecuencia **V<sub>1</sub>** (95 rpm) con rango “**a**” es el nivel de velocidad de batido, que produce mayor porcentaje de azúcar natural como producto final en el batido mecánico.

**Cuadro 4.21: Prueba de DMS para el factor t (tiempo de batido)**

FACTOR “t”	MEDIA	RANGOS
t <sub>1</sub>	36,39	a
t <sub>2</sub>	30,74	b

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor **t** (tiempo de batido), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, en consecuencia **t<sub>1</sub>** (5 min) con rango “**a**” es el nivel de tiempo de batido, que produce mayor porcentaje de azúcar natural como producto final en el batido mecánico.

**Grafico 4.8: Comportamiento de la medias del porcentaje de azúcar natural obtenido como producto final**



El gráfico anterior confirma que el tratamiento **TESTIGO**, es el tratamiento que genera mayor porcentaje de azúcar como producto final en el batido mecánico.

4.3.5. Porcentaje de azúcar obtenida como mezcla (% PF + % 1 mm)

**Cuadro 4.22: Variación del porcentaje de azúcar como mezcla (% PF + % 1 mm)**

Nº	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Σ trat	Media
		I	II	III		
T1	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	57,19	53,37	61,73	172,29	57,43
T2	T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	58,50	54,94	58,21	171,65	57,22
T3	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	60,92	58,07	54,16	173,15	57,72
T4	T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	43,97	45,93	50,05	139,95	46,65
T5	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	59,32	55,52	67,18	182,02	60,67
T6	T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	54,27	49,45	51,46	155,18	51,73
T7	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	54,16	58,80	53,25	166,21	55,40
T8	T <sub>2</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	56,62	56,82	50,77	164,21	54,74
T9	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub>	54,27	52,72	44,71	151,70	50,57
T10	T <sub>3</sub> V <sub>1</sub> t <sub>2</sub>	43,27	46,42	38,78	128,47	42,82
T11	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	41,30	43,41	42,20	126,91	42,30
T12	T <sub>3</sub> V <sub>2</sub> t <sub>2</sub>	50,00	39,16	44,01	133,16	44,39
<b>TESTIGO</b>		<b>63,36</b>	<b>58,83</b>	<b>60,55</b>	182,74	60,91
<b>Σ rep</b>		697,16	673,45	677,05	<b>2047,66</b>	<b>52,50</b>

**Cuadro 4.23: ADEVA**

<b>ADEVA</b>						
F de V	gl	SC	CM	Fc	Ft	
<b>Total</b>	38	1943,05			0,05	0,01
<b>Rep</b>	2	25,11	12,55	0,89 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>Trat</b>	12	1580,31	131,69	9,36 <sup>**</sup>	2,18	3,03
<b>T</b>	2	832,69	416,34	29,60 <sup>**</sup>	3,4	5,61
<b>V</b>	1	92,58	92,58	6,58 <sup>*</sup>	4,26	7,82
<b>T</b>	1	176,28	176,28	12,53 <sup>**</sup>	4,26	7,82
<b>T*V</b>	2	24,24	12,12	0,86 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>T*t</b>	2	12,51	6,25	0,44 <sup>ns</sup>	3,4	5,61
<b>V*t</b>	1	13,14	13,14	0,93 <sup>ns</sup>	4,26	7,82
<b>T*V*t</b>	2	428,88	214,44	15,24 <sup>**</sup>	3,4	5,61
<b>TES vs OTROS</b>	1	229,89	229,89	16,34 <sup>**</sup>	4,26	7,82
<b>E exp</b>	24	337,63	14,07			

CV=7,14

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo

ns: No significativo

Una vez realizado el ADEVA se determinó alta significación para: tratamientos, Temperatura de punteo, tiempo de batido, interacción T\*V\*t (Temperatura de punteo\*Velocidad de batido\*tiempo de batido) y TESTIGO VS OTROS, además de existir significación estadística al 5 % para Velocidad de batido.

En consecuencia al existir alta significación estadística se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y la prueba de DMS para los factores T (Temperatura de punteo), V (Velocidad de batido) y t (tiempo de batido).

**Cuadro 4.24: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos - porcentaje de azúcar obtenida como mezcla (% PF + % 1 mm)**

TRATAMIENTOS		Media	Rango
<b>TESTIGO</b>		60,91	<b>a</b>
<b>T5</b>	<b>T2V1t1</b>	60,67	<b>a</b>
<b>T3</b>	<b>T1V2t1</b>	57,72	<b>a</b>
<b>T1</b>	<b>T1V1t1</b>	57,43	<b>a</b>
<b>T2</b>	<b>T1V1t2</b>	57,22	<b>a</b>
<b>T7</b>	<b>T2V2t1</b>	55,40	<b>a</b>
<b>T8</b>	<b>T2V2t2</b>	54,74	<b>a</b>
<b>T6</b>	<b>T2V1t2</b>	51,73	<b>a</b>
<b>T9</b>	<b>T3V1t1</b>	50,57	<b>a</b>
<b>T4</b>	<b>T1V2t2</b>	46,65	<b>b</b>
<b>T12</b>	<b>T3V2t2</b>	44,39	<b>b</b>
<b>T10</b>	<b>T3V1t2</b>	42,82	<b>b</b>
<b>T11</b>	<b>T3V2t1</b>	42,30	<b>b</b>

Una vez realizada la prueba de Tukey al 5% se concluye que, el tratamiento **TESTIGO** con un rango “a” es el que mayor porcentaje de azúcar como mezcla (% PF + % 1 mm) genera en el batido mecánico, sin embargo existen ocho tratamientos que son estadísticamente iguales al tratamiento **TESTIGO** siendo el **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min) el tratamiento que tiene la media más cercana a la del **TESTIGO** por lo tanto es el tratamiento que en el prototipo de batidora mecánica funciona de mejor manera, este porcentaje de

azúcar natural es el que tiene una granulometría que puede ser comercializada sin problemas.

**Cuadro 4.25: Prueba de DMS para el factor T (Temperatura de punteo)**

FACTOR “T”	MEDIA	RANGOS
T <sub>2</sub>	55,64	a
T <sub>1</sub>	54,75	a
T <sub>3</sub>	45,02	b

Después de realizar la prueba de DMS para el factor T (Temperatura de punteo), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, y que T<sub>2</sub> (125 °C) y T<sub>1</sub> (124 °C) con rango “a” son los niveles de temperatura de punteo, que originan el mayor porcentaje de azúcar como mezcla en el batido mecánico, siendo T<sub>2</sub> (125 °C) el nivel de este factor que tiene la media más alta.

**Cuadro 4.26: Prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido)**

FACTOR “t”	MEDIA	RANGOS
V <sub>1</sub>	53,41	a
V <sub>2</sub>	50,20	b

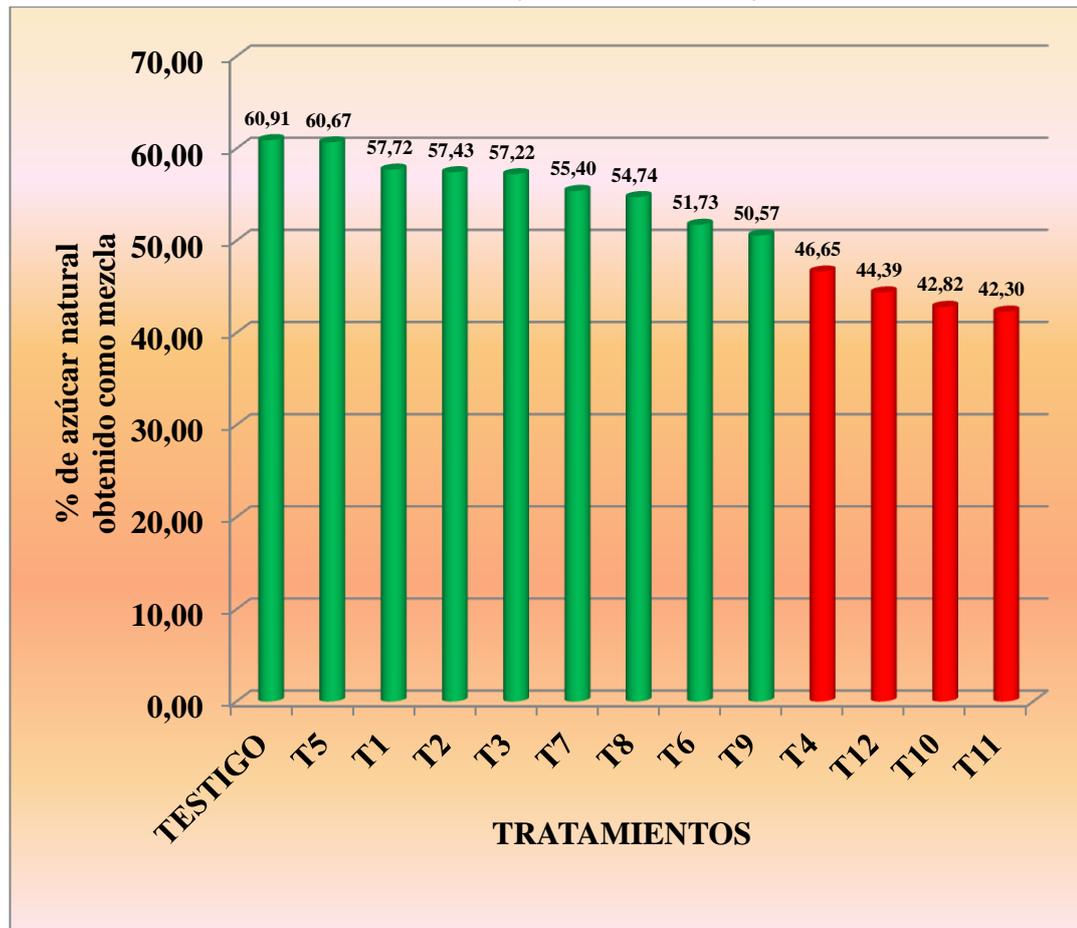
Una vez realizada la prueba de DMS para el factor V (Velocidad de batido), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, en consecuencia V<sub>1</sub> (95 rpm) con rango “a”, es el nivel de velocidad de batido que produce mayor porcentaje de azúcar natural como mezcla en el batido mecánico.

**Cuadro 4.27: Prueba de DMS para el factor t (tiempo de batido)**

FACTOR “t”	MEDIA	RANGOS
t <sub>1</sub>	54,02	a
t <sub>2</sub>	49,59	b

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor  $t$  (tiempo de batido), se determinó que existe diferencia significativa para los niveles de este factor, en consecuencia  $t_1$  (5 min) con rango “a”, es el nivel de tiempo de batido que genera mayor porcentaje de azúcar natural como mezcla en el batido mecánico.

**Grafico 4.9: Comportamiento de la medias del porcentaje de azúcar como mezcla (% PF + % 1 mm)**



El grafico 4.9 confirma que el tratamiento **TESTIGO**, es el tratamiento que genera mayor porcentaje de panela granulada como mezcla en el batido mecánico, además se puede verificar los ocho tratamientos que le siguen en orden jerárquico son estadísticamente iguales, siendo el **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min) el tratamiento que tiene la media más cercana a la del **TESTIGO** por lo tanto es el tratamiento que en el prototipo de batidora mecánica funciona de mejor manera.

#### 4.3.6. Porcentaje de humedad de azúcar sin tamizar

Una vez realizado el análisis estadístico para el porcentaje de humedad de azúcar natural sin tamizar, no se encontró diferencia significativa para ningún tratamiento con respecto a esta variable, lo que quiere decir que la temperatura de punteo, velocidad y tiempo de batido no influyen el porcentaje de humedad de azúcar natural sin tamizar, sin embargo el porcentaje de humedad obtenida en cada tratamiento no sobrepasa en promedio el 3,35 %, lo mismo sucede en el promedio general con una humedad de 2,91 %, estos valores son muy cercanos a la humedad promedio exigida por la NORMA INEN 2 332:2002 el cual es como máximo 3 % de humedad en el producto final, con lo cual estamos eliminando relativamente una etapa más que se suele añadir en el proceso de elaboración de azúcar natural que es la del secado.

En consecuencia como el tratamiento que se comportó de mejor manera en la investigación fue **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min) en el prototipo de batidora industrial, la humedad de azúcar natural que maneja ese tratamiento es en promedio 2,7 %, que es un porcentaje menor al que la NORMA INEN 2 332:2002 establece como valor máximo que es el 3 %. Los resultados de porcentajes de humedad de azúcar natural sin tamizar se detallan en el ANEXO 19.

#### 4.3.7. Densidad de azúcar sin tamizar

Después de realizado el análisis estadístico para la densidad de azúcar natural sin tamizar, no se encontró diferencia significativa para ningún tratamiento con respecto a esta variable, lo que quiere decir que la temperatura de punteo, velocidad y tiempo de batido no influyen en la densidad del azúcar natural sin tamizar, lo que indica que la relación de masa/volumen en panela granulada es estadísticamente igual para todos los tratamientos, sin embargo cabe indicar que la densidad relativa promedio para el tratamiento que se comportó de mejor manera de la investigación **T5**(Meladura con 125 °C batida a 95 r.p.m. durante 5 min), tiene un promedio superior al resto de tratamientos con respecto a la densidad relativa y es de 0,95 , lo que significa que tiene una densidad de 0.95 g/cm<sup>3</sup>o 0.95 Kg/l. Los resultados sobre densidad de azúcar natural sin tamizar se detallan en el ANEXO 20.

#### 4.4.Análisis de variables evaluadas en el producto final

##### ❖ *VARIABLES CUALITATIVAS*

Forman parte de estas variables, aquellas cuya evaluación es determinada por los sentidos, se realiza mediante una apreciación de un grupo de personas, e indican el nivel de aceptación que tiene un producto.

Los resultados de éste análisis se determinaron estadísticamente según la prueba no paramétrica de Friedman, la misma que se describe a continuación:

$$X^2 = \frac{12}{b \cdot t(t + 1)} \sum R^2 - 3b(t + 1)$$

Donde

**b** = Numero de Panelistas

**R** = Rangos

**t** = Tratamientos

Los resultados cuya granulometría para la respectiva degustación se especifican a continuación son los siguientes:

- Azúcar Natural GRUESA (Azúcar natural retenida en malla de abertura 3mm).
- Azúcar Natural LIGERA (Azúcar natural retenida en malla de abertura 1mm).
- Azúcar Natural MEDIANA (Azúcar natural obtenida como mezcla (retenido en malla de abertura 1 mm + producto final)).
- Azúcar Natural FINA (Azúcar natural obtenida como producto final).

**Cuadro 4.28: Evaluación sensorial para el azúcar natural con diferente textura**

VARIABLE	GRUESA	LIGERA	MEDIANA	FINA	X <sup>2</sup> t
<b>COLOR</b>	X <sup>2</sup> c 20,35 <sup>ns</sup>	X <sup>c</sup> c 3,82 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 5,27 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 8,03 <sup>ns</sup>	<b>21,0</b>
<b>AROMA</b>	X <sup>2</sup> c 1,98 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 5,14 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 3,21 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 5,14 <sup>ns</sup>	<b>21,0</b>
<b>SABOR</b>	X <sup>2</sup> c 1,50 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 3,91 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 3,11 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 3,75 <sup>ns</sup>	<b>21,0</b>
<b>TEXTURA</b>	X <sup>2</sup> c 3,73 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 5,44 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 4,18 <sup>ns</sup>	X <sup>2</sup> c 2,48 <sup>ns</sup>	<b>21,0</b>

El cuadro 4.28 señala que no existe significación estadística para el azúcar natural GRUESA, LIGERA, MEDIANA, FINA, por ende todos los tratamientos se comportan de la misma manera con respecto a las variables color, aroma, sabor y textura.

#### 4.5. Análisis granulométrico para los tres mejores tratamientos.

A continuación se presenta un análisis detallado del rendimiento de azúcar natural obtenida en función de la masa retenida en los tamices con diferente abertura de malla.

**Cuadro 4.29: Análisis granulométrico de campo para los tres mejores tratamientos**

Granulometría	Características	Tratamientos	Rend. (% masa retenida)
<b>5mm</b> 	Esta presentación se refiere a los conglomerados retenidos en esta abertura de malla (perdidas), es recomendable obtener un porcentaje mínimo de estos.	<b>T5</b> (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min)	<b>12,25</b>
		<b>T3</b> (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 5 min)	<b>17,67</b>
		<b>TESTIGO</b>	<b>26,92</b>
<b>3mm</b> 	El porcentaje retenido en esta malla se considera como azúcar de segunda, se puede comercializar sin embargo es recomendable obtener un mínimo porcentaje.	<b>T5</b> (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min)	<b>27,07</b>
		<b>T3</b> (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 5 min)	<b>24,61</b>
		<b>TESTIGO</b>	<b>12,16</b>
<b>1mm</b> 	A partir de esta malla el azúcar natural obtenido se puede comercializar con relativa facilidad, y un alto porcentaje es lo que se desea obtener.	<b>T5</b> (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min)	<b>15,79</b>
		<b>T3</b> (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 5 min)	<b>21,73</b>
		<b>TESTIGO</b>	<b>10,14</b>
<b>Producto final</b> 	Este es el azúcar natural propiamente dicho, en esta investigación se obtuvo un azúcar muy fino, se recomienda obtener un máximo porcentaje.	<b>T5</b> (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min)	<b>44,88</b>
		<b>T3</b> (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 5 min)	<b>35,99</b>
		<b>TESTIGO</b>	<b>50,78</b>
<b>Mezcla (1mm + Producto final)</b> 	Esta es la presentación de azúcar natural final que se obtuvo, la presentación es como mezcla para incrementar el rendimiento.	<b>T5</b> (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min)	<b>60,67</b>
		<b>T3</b> (Meladura con 124 °C batida a 125 rpm durante 5 min)	<b>57,72</b>
		<b>TESTIGO</b>	<b>60,91</b>

Una vez determinados los tres mejores tratamientos, mediante la prueba de Tukey se procedió a realizar el análisis de granulometría en laboratorio, los resultados se detallan a continuación:

**Cuadro 4.30: Análisis granulométrico de laboratorio para los tres mejores tratamientos**

Retención de partículas	Unid	Resultado		
		T5(T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub> )	TESTIGO	T3(T <sub>1</sub> V <sub>2</sub> t <sub>1</sub> )
<b>Tamiz N° 20</b> (850 um – 0,85mm)	%	<b>37,16</b>	<b>31,67</b>	<b>54,45</b>
<b>Tamiz N° 30</b> (600 um-0,6mm)	%	<b>5,13</b>	<b>3,43</b>	<b>20,12</b>
<b>Tamiz N° 40</b> (425 um - 0,425 mm)	%	<b>43,36</b>	<b>18,77</b>	<b>17,10</b>
<b>Tamiz N° 50</b> (300 um - 0,3 mm)	%	<b>14,15</b>	<b>43,34</b>	<b>7,71</b>
<b>Tamiz N° 60</b> (250 um - 0,250 mm)	%	<b>0,19</b>	<b>2,78</b>	<b>0,62</b>

Según el cuadro 4.30 se observa que, según el Laboratorio de Análisis de alimentos de la Pontificia Universidad Católica de Ibarra, la granulometría del azúcar obtenida como producto final se puede subcategorizar aún más dependiendo de la malla estándar que se utilice, siendo este análisis solo una característica más del azúcar natural que se obtuvo en esta investigación, el mismo que se puede comercializar con relativa facilidad independientemente de la granulometría que indica este análisis.

#### 4.6. Análisis físico químico para el mejor tratamiento

Cuadro 4.31: Análisis físico químico del mejor tratamiento T5 (T<sub>2</sub>V<sub>1</sub>t<sub>1</sub> - Meladura con 125 °C batida a 95 r.p.m. durante 5 min).

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Metodología utilizada
		T5 (T <sub>2</sub> V <sub>1</sub> t <sub>1</sub> )	
Azúcares Reductores libres	%	6,04	AOAC 906.01
Sólidos solubles (como Sacarosa)	%	88,83	AOAC 932.14
Humedad	%	2,11	AOAC 967.19
pH	-	5,88	AOAC 981.12
Densidad	Kg/l	0,95	AOAC 925.46

El cuadro 4.31r indica que el mejor tratamiento **T5** (T<sub>2</sub>V<sub>1</sub>t<sub>1</sub> -Meladura con 125 °C batida a 95 r.p.m. durante 5 min), se ajusta a los requerimientos de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN – NTE 2332, por lo tanto el azúcar natural procesado es adecuado para su comercialización y consumo.

#### 4.7. Comportamiento de la Concentración del jugo de la caña en función de la temperatura de ebullición.

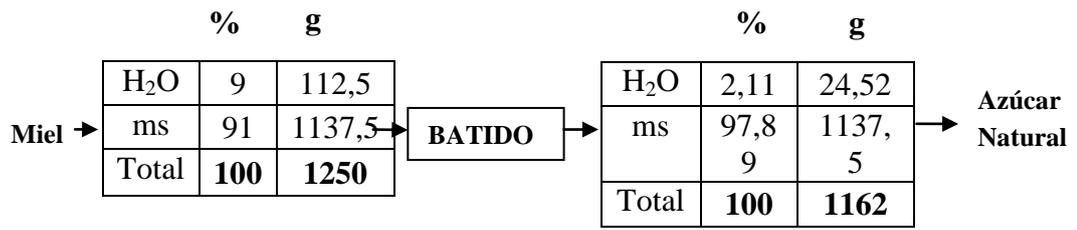
La concentración del jugo de la caña tiene una relación directa con la temperatura de ebullición de la solución azucarada. Es decir, a mayor concentración del jugo, mayor será el punto de ebullición de la solución. Esto se observa en el cuadro 4.32

**Cuadro 4.32: Comportamiento de la Concentración del jugo de la caña en función de la temperatura de ebullición**

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Concentración °Brix</b>
Jugo de la caña (Puerto Rico)	23	19
Clarificación	55	20.5
Descachaza 1	77	22.5
	84	23.25
Descachaza 2	89	25.5
	93	35.9
Concentración	96	45
	97	48.5
	99	55
	100	58.5
	103	72.5
	106	82
	115	86
Punteo	120	88.5
	123	90
	124	91.5
	125	92
	126	92.5
	127	93

#### **4.8. Balance de materiales para el mejor tratamiento**

El balance de materiales fue calculado en función de datos promedio de las tres repeticiones para el mejor tratamiento **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min), solo en la etapa de batido.



## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1.CONCLUSIONES

Una vez realizada la investigación acerca de la **“EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA ETAPA DE BATIDO EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PANELA GRANULADA EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL PANELERA “GARDENIA” DEL CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA”**, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La utilización de prototipos para agroindustrias tan incipientes como la panelera en nuestro país, no solo permiten la transferencia de tecnologías al sector agroindustrial, sino que incrementan significativamente el nivel de competitividad de las pequeñas agroindustrias paneleras con respecto a los grandes Ingenios Azucareros, principales competidores y dominadores del mercado.
- En esta investigación se determinó la temperatura de punteo (sobre los 125°C), es un factor importante en la formación de conglomerados (perdidas), se pueden reducirse si se optimiza la temperatura de punteo. Ya que la meladura de caña es un fluido muy sensible a la inversión de sacarosa.
- La velocidad batido es directamente proporcional a la formación de conglomerados, denominándose velocidades menores a 100 r.p.m. las aconsejables para batir miel y obtener los mejores rendimientos para panela granulada.
- El tiempo de batido es directamente proporcional a la formación de conglomerados, y una de las grandes ventajas de los prototipos es que

incremento la eficiencia de esta etapa del proceso de manera muy representativa se reduce el tiempo de batido de 9 a 5min.

- El flujo de aire que se adiciona a la masa batida en esta investigación a través de un ventilador axial, permitió la evacuación de la humedad de forma más acelerada por parte de la masa batida, mejorando a su vez la formación de azúcar natural y reduciendo el tiempo de proceso.
- La incorporación de aire mediante un ventilador axial mejora significativamente sus características organolépticas obteniendo un producto más claro debido a que los azúcares al oxidarse aclaran el color del producto.
- El mejor tratamiento es **T5** (Meladura con 125 °C batida a 95 rpm durante 5 min) debido a que en el batido mecánico genera el menor porcentaje de conglomerados (12,25 %) y el mayor porcentaje de panela granulada, tanto como producto final (44,88%) y como mezcla (60,67%).
- La temperatura de punteo óptima para batir meladura de caña en este prototipo, es de 125 °C, cabe indicar que este valor es el óptimo para esta panelera, si se quiere optimizar la temperatura de punteo en otra panelera, se tiene que determinar de manera similar a la presente investigación, debido a que la temperatura de ebullición varía de manera inversamente proporcional a la altura en la que se encuentre la agroindustria panelera.
- La velocidad óptima para batir miel fue de 95 r.p.m., siendo necesario para llegar a esta conclusión la puesta a prueba de velocidades que se encontró en fuentes bibliográficas con valores distintos como 120 a 150 r.p.m. (Sandoval, G. et al. 2002), 1200 rpm (Jativa, J. y Collahuazo, K. 2007) y 750 r.p.m. (Autores).

- El tiempo óptimo para batir miel en este prototipo fue de 5 min, sin embargo este tiempo puede variar en función del manejo que se le dé al experimento, es decir el tiempo puede variar si se somete a la miel a un hinchamiento más prolongado o más corto, o si se bate la meladura con una velocidad mayor o menor.
- Cuando la caña que se utiliza como materia prima, ha sido quemada previamente durante el corte, no se puede granular, debido a la inversión de la sacarosa, los meleros se refieren a este respecto como miel “melcochuda”, este problema se puede controlar con la adición de cal, sin embargo un exceso de cal oscurece la miel obteniendo un producto final muy oscuro.
- Las variables cualitativas evaluadas en el trabajo investigativo realizado no reportaron ninguna diferencia para los tratamientos en estudio, es decir el color, aroma, sabor y granulometría no dependen de la Temperatura de punteo, Velocidad de batido y Tiempo de batido, para todos los tratamientos en estudio.
- La granulometría evaluada en el campo mediante mallas de diferente abertura (5mm, 3mm y 1mm), constituyen datos más reales que los obtenidos en el laboratorio, en vista de que la granulometría evaluada en laboratorio es a través de mallas cuya abertura es menor a 1 mm, en consecuencia no aportaron datos relevantes para la investigación.

## 5.2.RECOMENDACIONES

De la experiencia práctica adquirida con esta investigación se recomienda:

- Realizar una nueva investigación en el prototipo utilizado en este trabajo, evaluando niveles de flujo de aire incorporado a la masa batida y su influencia en la formación de conglomerados, así como su efecto en el color del producto final.
- Realizar adecuaciones al recipiente de batido utilizado en esta investigación, tales como cambiar la forma del recipiente de forma cilíndrica a una forma circular o cónica, con esto se evita que se acumule en producto en los extremos del envase. Además de que el envase debe tener una altura muy baja a manera de paila, para permitir una rápida evacuación de la humedad por parte de la miel batida. Por último se puede probar con un envase de batido de doble camisa con flujo de agua fría como fluido de enfriamiento, y evaluar el efecto de este flujo en la formación de conglomerados.
- Todo lo que se pueda hacer en el batido no tiene ninguna relevancia, si en las anteriores etapas no se controla el proceso, como en el punteo, clarificación, y pree limpieza. Por otra parte se debe realizar estudios sobre mejora de infraestructura de las agroindustrias paneleras en el país, caracterizadas siempre por su deficiente manejo en el proceso, personal y producto final.
- Realizar estudios sobre la clarificación natural con mucilagos vegetales, y su efecto en el color del producto final, evaluando si se puede aclarar de mejor manera el dulce con un mucilago específico, o si es necesario aclarar más la miel con un batido mecánico.
- Realizar un estudio de mercado, evaluando el nivel de aceptación que existe para panela en bloque y para azúcar natural, para incentivar a los

paneleros de la provincia a procesar solo el producto que tenga más aceptación y sea más competitivo.

- Realizar una investigación acerca de la trituración de conglomerados en diferentes molinos, para aumentar el rendimiento de azúcar natural obtenido.
- Realizar una nueva investigación evaluando tiempos de cristalización (hinchamiento), y su influencia en la formación de conglomerados y azúcar natural.
- Efectuar un nuevo trabajo investigativo evaluando velocidades de batido inferiores a 95 r.p.m., y su influencia en la formación de conglomerados y azúcar natural.
- Se realicen estudios acerca de la forma de ejes de batido, de manera que permitan la ruptura de los conglomerados que se formen en la etapa, para aumentar el rendimiento de azúcar natural obtenida.
- Usar esta investigación como referencia para construir una batidora con mayor capacidad, y que se utilice en forma industrial.
- Realizar un estudio de costos de producción para panela y azúcar natural, en la agroindustria panelera donde se realizó este trabajo, tanto con batido mecánico como con batido manual, y determinar cuál es más conveniente.
- Realizar estudios sobre la dureza de los conglomerados, y su facilidad para triturarlos, tanto en el batido manual como en el batido mecánico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, L. (2010). *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*. Tesis Ing. Alim. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato.
- Aldana, H., y Ospina, J. (2001). *Enciclopedia Agropecuaria Ingeniería y Agroindustria*. Bogotá: Terranova
- Aranda, J. (2007). *Azúcares, mieles y frutos secos*. Universidad del Valle. Cali- Colombia.
- CIMPA (centro de investigación para el mejoramiento de la industria panelera). (1992). *Manual para elaboración de panela y otros productos derivados de la caña*. Valle del Cauca, Colombia.
- De Los Reyes, J. (2011). *Plan de implementación y desarrollo de buenas prácticas de manufactura en la elaboración de panela granulada y en bloque en la planta panelera Gardenia*. Tesis Ing. Agroind. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Enríquez, O.D. (2004). *Análisis técnico de la agroindustria panelera de los cantones Ibarra y Urcuqui*. Tesis Ing. Agroind., Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Feigenbaum, A. (1986). *Control total de la Calidad*. México D.F: Continental S.A.

- Figuera, P. (2006). *Optimización de productos y procesos industriales*. Barcelona: Gestión 2000.
- Fonseca, E. (2004). *Producción más limpia en el subsector panelero*. Federación Nacional de Productores de Panela FEDEPANELA. Colombia.
- Freire, A.; Landázuri, R. (2007). *Determinación de requisitos mínimos de calidad para panela, azúcar orgánico y miel hidrolizada en la provincia de Imbabura*. Tesis Ing. Agroind. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.
- Freixedas, F.; Costa Bauzá, A.; Sohnell, O. (2000). *Cristalización en Disolución*. Barcelona: Reverté S.A.
- Garcia, H.; Van Zanten, C. (2003). *Elaboración manual de la panela granulada*. PRODUMEDIOS. Colombia.
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. México D.F: Continental S.A.
- Hayes, G. (1987). *Manual de datos para ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas Icontec (Col.). (1990). NTC 1311 *Productos Agrícolas. Panela*. Segunda actualización. Bogotá, Colombia.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización Inen (Ec.). (2001). NTE INEN 2 332:2002 *Panela granulada. Requisitos*. Quito, Ecuador.

- Jativa, J.; Collahuazo, K. (2007). *Construcción de un prototipo mecánico de batido para mejorar el proceso de producción de panela granulada artesanal. Proyecto Tecnología de Producción Mecánica*. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional.
- McCabe, W.; Smith, J.; Harriot, P. (1998). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Linden G.; Lorient D. (1994). *Bioquímica Agroindustrial*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Mosquera, A.; Carrera, E.; Villada, S. (2007). *Variables que afectan la calidad de la panela procesada en el departamento del Cauca*. Universidad del Cauca. Valle del Cauca, Colombia.
- Mujica, V.; Guerra, M.; Soto, N. (2008). *Efecto de la variedad, lavado de la caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada*. INTERCIENCIA. Carácas, Venezuela.
- Narváez, J. (2009). *Manual de buenas prácticas de manufactura trapiche el Manantial*. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Nariño, Colombia.
- Osorio, G. (2007). *Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas - BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- en la producción de Caña y Panela*. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias. Antioquia, Colombia.
- Polo, P.A. (2000). *Caracterización de la floración en 306 variedades de caña de azúcar (Saccharum spp.) con fines de mejoramiento para dos localidades de la zona cañera de Guatemala*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Gua., Universidad San Carlos de Guatemala.

- Prada, L. (2002). *Mejoramiento en la calidad de miel y panela*. Bogotá: Produmedios.
- PRONATTA (Programa Nacional De Transferencia De Tecnología Agropecuaria). (2002). *Guía para la elaboración de panela*. Mocoa, Colombia.
- Quezada, W. (2007). *Guía Técnica De Agroindustria Panelera*. Ibarra: Creadores Gráficos.
- Ramos, H. (2011). *En la industria del azúcar crece la inversión*, REVISTA LIDERES, Quito (Ecuador); Oct. 3:32
- Romo, A.; Jiménez, A.; García, H. S.F. *Caracterización nutricional de la panela granulada*. CORPOICA. Colombia.
- Sandoval, B. (1996). Manejo de jugos, limpieza, clarificación y concentración. II Encuentro Internacional sobre la Agroindustria Panelera. Puyo, Ecuador.
- Sandoval, G.; Mora, W.; Tuz, C. (2002). *Producción mecánica de panela granulada*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Ambato, Ecuador.
- Sandoval, G.; Valverde, N. (1999). *Tecnología agroindustriales de la panela: manejo de jugos, limpieza, clarificación, evaporación, concentración y procesamiento de panela granulada*. ECUARURAL, Ecuador.
- Secretaría Distrital De Salud (Col.). (2006). *Calidad fisicoquímica de panelas*. Laboratorio de Salud Pública. Bogotá, Colombia.

## ANEXOS

### **Anexo 1. Hoja de encuesta para evaluación sensorial del azúcar natural con granulometría GRUESA, LIGERA, MEDIANA Y FINA.**

#### **GUIA INSTRUCTIVA PARA EVALUAR AZÚCAR NATURAL BATIDA EN UN PROTOTIPO DE BATIDORA INDUSTRIAL**

La presente investigación pretende brindar al consumidor un producto con un alto valor nutritivo, además que sustituya al azúcar blanca conservando las propiedades nutricionales de la materia prima (Caña de azúcar) convirtiendo el azúcar natural en un producto de calidad.

El objetivo de esta encuesta es evaluar los diferentes tratamientos de la investigación realizada, mediante la obtención de datos reales, que reflejen la calidad del producto final. Por lo que pedimos valorar cada muestra con absoluta responsabilidad y seriedad, ya que de esto dependerá obtener el mejor tratamiento.

Sírvase evaluar detenidamente cada muestra, luego marque con una X en los atributos que usted crea que está correcto, basándose en la siguiente información:

#### **CARACTERISTICAS A EVALUARSE**

- **COLOR:** En esta investigación el color aceptable del producto final es amarillo claro por efecto del batido.
- **AROMA:** El aroma característico del azúcar natural es suave relacionado a los azúcares del jugo de caña concentrado. Para evaluar esta característica deberá percibir el olor de la muestra de café, en los intervalos de cada tratamiento.
- **GRANULOMETRIA:** El azúcar natural debe presentar forma de cristal, cuyo tamaño puede variar desde: fino, mediano, ligero y grueso. Siendo el tamaño fino y mediano el de mayor aceptación en el mercado.
- **SABOR:** El sabor característico del azúcar natural es dulce, pudiendo también presentar un sabor astringente o metálico, salado, etc. Lo cual depende en gran medida de las condiciones del cultivo de la caña, variedad y composición química del suelo.

## HOJA DE EVALUACIÓN

PRODUCTO: AZÚCAR NATURAL – GRUESA

FECHA: \_\_\_\_\_

### COLOR:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Muy agradable													
Agradable													
Poco agradable													
Desagradable													

### AROMA:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Característico													
No característico													

### SABOR:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Característico													
No característico													

### GRANULOMETRÍA:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Muy agradable													
Agradable													
Poco agradable													
Desagradable													

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

FIRMA

\_\_\_\_\_

## HOJA DE EVALUACIÓN

PRODUCTO: AZÚCAR NATURAL – LIGERA

### COLOR:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Muy agradable													
Agradable													
Poco agradable													
Desagradable													

### AROMA:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Característico													
No característico													

### SABOR:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Característico													
No característico													

### GRANULOMETRÍA:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Muy agradable													
Agradable													
Poco agradable													
Desagradable													

OBSERVACIONES:

---

---

FIRMA

---

## HOJA DE EVALUACIÓN

PRODUCTO: AZÚCAR NATURAL – MEDIANA

### COLOR:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Muy agradable													
Agradable													
Poco agradable													
Desagradable													

### AROMA:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Característico													
No característico													

### SABOR:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Característico													
No característico													

### GRANULOMETRÍA:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Muy agradable													
Agradable													
Poco agradable													
Desagradable													

OBSERVACIONES:

---

---

FIRMA

---

## HOJA DE EVALUACIÓN

PRODUCTO: AZÚCAR NATURAL – FINA

### COLOR:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Muy agradable													
Agradable													
Poco agradable													
Desagradable													

### AROMA:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Característico													
No característico													

### SABOR:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Característico													
No característico													

### GRANULOMETRÍA:

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Muy agradable													
Agradable													
Poco agradable													
Desagradable													

OBSERVACIONES:

---



---



---

FIRMA

---

**Anexo 2. Fotografías durante la evaluación sensorial realizada por los panelistas.**



Anexo 3. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Color. Azúcar natural GRUESA

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	6,00	5,50	4,50	6,00	8,50	3,50	8,50	4,00	46,50	2162,25	5,81
T2	6,00	5,50	11,00	6,00	2,50	3,50	8,50	10,50	53,50	2862,25	6,69
T3	6,00	5,50	4,50	6,00	2,50	9,00	3,00	4,00	40,50	1640,25	5,06
T4	6,00	10,50	11,00	12,50	8,50	3,50	8,50	10,50	71,00	5041	8,88
T5	6,00	10,50	4,50	6,00	8,50	9,00	3,00	4,00	51,50	2652,25	6,44
T6	6,00	10,50	4,50	6,00	13,00	3,50	3,00	4,00	50,50	2550,25	6,31
T7	12,50	10,50	11,00	12,50	8,50	12,50	8,50	10,50	86,50	7482,25	10,81
T8	6,00	5,50	4,50	6,00	8,50	12,50	3,00	4,00	50,00	2500	6,25
T9	6,00	2,00	4,50	6,00	8,50	9,00	8,50	4,00	48,50	2352,25	6,06
T10	6,00	2,00	11,00	6,00	8,50	3,50	8,50	4,00	49,50	2450,25	6,19
T11	12,50	10,50	4,50	6,00	2,50	9,00	12,50	10,50	68,00	4624	8,50
T12	6,00	10,50	11,00	6,00	8,50	9,00	12,50	10,50	74,00	5476	9,25
T13	6,00	2,00	4,50	6,00	2,50	3,50	3,00	10,50	38,00	1444	4,75
$\Sigma$	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	728,00	43237,00	7,00
$X^2 = 20,35^{ns}$				5% 21,0				1% 26,2			

No significativo: ns

Al realizar la prueba de Friedman para la característica color de los tratamientos de Azúcar natural GRUESA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales

Anexo4. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Aroma. Azúcar natural GRUESA

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	7,00	5,50	7,00	7,00	5,50	5,50	6,00	7,00	50,50	2550,25	6,31
T2	7,00	12,00	7,00	7,00	5,50	5,50	6,00	7,00	57,00	3249	7,13
T3	7,00	5,50	7,00	7,00	12,00	5,50	6,00	7,00	57,00	3249	7,13
T4	7,00	12,00	7,00	7,00	5,50	5,50	6,00	7,00	57,00	3249	7,13
T5	7,00	5,50	7,00	7,00	5,50	5,50	6,00	7,00	50,50	2550,25	6,31
T6	7,00	5,50	7,00	7,00	5,50	5,50	6,00	7,00	50,50	2550,25	6,31
T7	7,00	5,50	7,00	7,00	12,00	5,50	6,00	7,00	57,00	3249	7,13
T8	7,00	5,50	7,00	7,00	5,50	12,00	6,00	7,00	57,00	3249	7,13
T9	7,00	12,00	7,00	7,00	5,50	5,50	6,00	7,00	57,00	3249	7,13
T10	7,00	5,50	7,00	7,00	5,50	5,50	6,00	7,00	50,50	2550,25	6,31
T11	7,00	5,50	7,00	7,00	12,00	5,50	12,50	7,00	63,50	4032,25	7,94
T12	7,00	5,50	7,00	7,00	5,50	12,00	12,50	7,00	63,50	4032,25	7,94
T13	7,00	5,50	7,00	7,00	5,50	12,00	6,00	7,00	57,00	3249	7,13
$\Sigma$	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	728,00	41008,50	7,00
$X^2 = 1,98^{ns}$				<b>5%</b>				<b>1%</b>			
				<b>21,0</b>				<b>26,2</b>			

No significativo: ns

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Aroma de los tratamientos de Azúcar natural GRUESA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 5. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Sabor. Azúcar natural GRUESA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	5,00	6,00	7,00	51,00	2601	6,38
T2	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	5,00	12,5 0	7,00	57,50	3306,25	7,19
T3	7,00	7,00	7,00	7,00	11,5 0	5,00	6,00	7,00	57,50	3306,25	7,19
T4	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	5,00	6,00	7,00	51,00	2601	6,38
T5	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	11,5 0	6,00	7,00	57,50	3306,25	7,19
T6	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	11,5 0	6,00	7,00	57,50	3306,25	7,19
T7	7,00	7,00	7,00	7,00	11,5 0	5,00	6,00	7,00	57,50	3306,25	7,19
T8	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	5,00	6,00	7,00	51,00	2601	6,38
T9	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	11,5 0	6,00	7,00	57,50	3306,25	7,19
T10	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	5,00	6,00	7,00	51,00	2601	6,38
T11	7,00	7,00	7,00	7,00	11,5 0	5,00	6,00	7,00	57,50	3306,25	7,19
T12	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	11,5 0	12,5 0	7,00	64,00	4096	8,00
T13	7,00	7,00	7,00	7,00	11,5 0	5,00	6,00	7,00	57,50	3306,25	7,19
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	40950,0 0	7,00
$X^2 = 1,50^{ns}$				5% 21,0				1% 26,2			

No significativo: ns

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Sabor de los tratamientos de Azúcar natural GRUESA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 6. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo a la Granulometría. Azúcar natural GRUESA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	10,5 0	3,50	10,5 0	7,00	1,50	4,50	1,50	10,0 0	49,00	2401	6,13
T2	10,5 0	9,00	4,00	7,00	5,50	4,50	6,50	10,0 0	57,00	3249	7,13
T3	4,50	3,50	4,00	7,00	11,0 0	4,50	6,50	3,50	44,50	1980,2 5	5,56
T4	10,5 0	3,50	4,00	7,00	5,50	4,50	6,50	10,0 0	51,50	2652,2 5	6,44
T5	10,5 0	9,00	10,5 0	7,00	1,50	10,5 0	1,50	3,50	54,00	2916	6,75
T6	1,00	12,5 0	10,5 0	7,00	5,50	4,50	6,50	10,0 0	57,50	3306,2 5	7,19
T7	10,5 0	12,5 0	4,00	7,00	11,0 0	10,5 0	6,50	3,50	65,50	4290,2 5	8,19
T8	4,50	9,00	4,00	7,00	5,50	10,5 0	6,50	10,0 0	57,00	3249	7,13
T9	4,50	3,50	4,00	7,00	11,0 0	10,5 0	6,50	10,0 0	57,00	3249	7,13
T10	4,50	3,50	10,5 0	7,00	11,0 0	4,50	12,0 0	3,50	56,50	3192,2 5	7,06
T11	10,5 0	3,50	4,00	7,00	5,50	13,0 0	12,0 0	10,0 0	65,50	4290,2 5	8,19
T12	4,50	9,00	10,5 0	7,00	11,0 0	4,50	12,0 0	3,50	62,00	3844	7,75
T13	4,50	9,00	10,5 0	7,00	5,50	4,50	6,50	3,50	51,00	2601	6,38
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41220, 50	7,00
$X^2 = 3,73^{ns}$				5% 21,0				1% 26,2			

No significativo: ns

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Granulometría de los tratamientos de Azúcar natural GRUESA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales

**Anexo 7. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Color. Azúcar natural LIGERA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	7,00	8,00	4,00	6,50	2,00	10,5 0	2,00	6,50	46,50	2162,25	5,81
T2	7,00	8,00	10,5 0	6,50	7,50	4,00	8,50	6,50	58,50	3422,25	7,31
T3	7,00	8,00	10,5 0	6,50	2,00	4,00	2,00	13,0 0	53,00	2809	6,63
T4	7,00	8,00	4,00	13,0 0	7,50	4,00	8,50	6,50	58,50	3422,25	7,31
T5	7,00	8,00	4,00	6,50	7,50	10,5 0	8,50	6,50	58,50	3422,25	7,31
T6	7,00	12,0 0	10,5 0	6,50	2,00	4,00	8,50	6,50	57,00	3249	7,13
T7	7,00	12,0 0	4,00	6,50	12,5 0	4,00	8,50	6,50	61,00	3721	7,63
T8	7,00	3,00	10,5 0	6,50	7,50	10,5 0	8,50	6,50	60,00	3600	7,50
T9	7,00	3,00	4,00	6,50	7,50	10,5 0	8,50	6,50	53,50	2862,25	6,69
T10	7,00	3,00	10,5 0	6,50	7,50	10,5 0	8,50	6,50	60,00	3600	7,50
T11	7,00	12,0 0	4,00	6,50	12,5 0	4,00	8,50	6,50	61,00	3721	7,63
T12	7,00	3,00	10,5 0	6,50	7,50	10,5 0	8,50	6,50	60,00	3600	7,50
T13	7,00	3,00	4,00	6,50	7,50	4,00	2,00	6,50	40,50	1640,25	5,06
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41231,5 0	7,00
$X^2 = 3,82^{ns}$				5% 21,0				1% 26,2			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Color de los tratamientos de Azúcar natural LIGERA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 8. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Aroma. Azúcar natural LIGERA**

TRAT.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDIA
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	7,00	12,00	4,50	7,00	5,50	11,50	6,50	6,50	60,50	3660,25	7,56
T2	7,00	5,50	4,50	7,00	5,50	5,00	6,50	6,50	47,50	2256,25	5,94
T3	7,00	12,00	11,00	7,00	12,00	11,50	6,50	6,50	73,50	5402,25	9,19
T4	7,00	5,50	4,50	7,00	5,50	5,00	6,50	13,00	54,00	2916	6,75
T5	7,00	5,50	11,00	7,00	5,50	5,00	13,00	6,50	60,50	3660,25	7,56
T6	7,00	5,50	4,50	7,00	12,00	5,00	6,50	6,50	54,00	2916	6,75
T7	7,00	5,50	11,00	7,00	5,50	5,00	6,50	6,50	54,00	2916	6,75
T8	7,00	5,50	11,00	7,00	5,50	11,50	6,50	6,50	60,50	3660,25	7,56
T9	7,00	12,00	4,50	7,00	5,50	5,00	6,50	6,50	54,00	2916	6,75
T10	7,00	5,50	4,50	7,00	5,50	5,00	6,50	6,50	47,50	2256,25	5,94
T11	7,00	5,50	11,00	7,00	12,00	5,00	6,50	6,50	60,50	3660,25	7,56
T12	7,00	5,50	4,50	7,00	5,50	11,50	6,50	6,50	54,00	2916	6,75
T13	7,00	5,50	4,50	7,00	5,50	5,00	6,50	6,50	47,50	2256,25	5,94
$\Sigma$	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	728,00	41392,00	7,00
$X^2 = 5,14^{ns}$				<b>5%</b> <b>21,0</b>				<b>1%</b> <b>26,2</b>			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Aroma de los tratamientos de Azúcar natural LIGERA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 9. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Sabor. Azúcar natural LIGERA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	4,00	7,00	5,00	7,00	5,00	11,5 0	6,50	7,00	53,00	2809	6,63
T2	4,00	7,00	11,5 0	7,00	5,00	5,00	6,50	7,00	53,00	2809	6,63
T3	4,00	7,00	5,00	7,00	11,5 0	5,00	6,50	7,00	53,00	2809	6,63
T4	10,5 0	7,00	5,00	7,00	11,5 0	5,00	6,50	7,00	59,50	3540,25	7,44
T5	10,5 0	7,00	5,00	7,00	5,00	5,00	13,0 0	7,00	59,50	3540,25	7,44
T6	4,00	7,00	11,5 0	7,00	11,5 0	5,00	6,50	7,00	59,50	3540,25	7,44
T7	10,5 0	7,00	5,00	7,00	11,5 0	11,5 0	6,50	7,00	66,00	4356	8,25
T8	4,00	7,00	5,00	7,00	5,00	5,00	6,50	7,00	46,50	2162,25	5,81
T9	10,5 0	7,00	11,5 0	7,00	5,00	11,5 0	6,50	7,00	66,00	4356	8,25
T10	10,5 0	7,00	5,00	7,00	5,00	5,00	6,50	7,00	53,00	2809	6,63
T11	4,00	7,00	5,00	7,00	5,00	11,5 0	6,50	7,00	53,00	2809	6,63
T12	4,00	7,00	5,00	7,00	5,00	5,00	6,50	7,00	46,50	2162,25	5,81
T13	10,5 0	7,00	11,5 0	7,00	5,00	5,00	6,50	7,00	59,50	3540,25	7,44
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41242,5 0	7,00
$X^2 = 3,91^{ns}$				<b>5% 21,0</b>				<b>1% 26,2</b>			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Sabor de los tratamientos de Azúcar natural LIGERA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 10. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo a la Granulometría. Azúcar natural LIGERA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	12,5 0	4,00	5,50	7,00	2,50	3,00	2,00	11,5 0	48,00	2304	6,00
T2	12,5 0	9,50	1,50	7,00	7,00	3,00	6,50	5,00	52,00	2704	6,50
T3	6,50	4,00	11,0 0	7,00	2,50	9,00	6,50	5,00	51,50	2652,2 5	6,44
T4	6,50	9,50	5,50	7,00	11,5 0	3,00	6,50	11,5 0	61,00	3721	7,63
T5	6,50	9,50	11,0 0	7,00	7,00	9,00	11,5 0	5,00	66,50	4422,2 5	8,31
T6	6,50	12,5 0	5,50	7,00	11,5 0	9,00	11,5 0	5,00	68,50	4692,2 5	8,56
T7	6,50	12,5 0	1,50	7,00	2,50	9,00	2,00	5,00	46,00	2116	5,75
T8	6,50	4,00	11,0 0	7,00	11,5 0	13,0 0	6,50	5,00	64,50	4160,2 5	8,06
T9	6,50	4,00	5,50	7,00	7,00	9,00	2,00	11,5 0	52,50	2756,2 5	6,56
T10	6,50	4,00	5,50	7,00	7,00	3,00	6,50	11,5 0	51,00	2601	6,38
T11	1,00	4,00	11,0 0	7,00	2,50	9,00	11,5 0	5,00	51,00	2601	6,38
T12	6,50	4,00	5,50	7,00	11,5 0	3,00	11,5 0	5,00	54,00	2916	6,75
T13	6,50	9,50	11,0 0	7,00	7,00	9,00	6,50	5,00	61,50	3782,2 5	7,69
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41428, 50	7,00
$X^2 = 5,44^{ns}$				5% 21,0				1% 26,2			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Granulometría de los tratamientos de Azúcar natural LIGERA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 11. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Color. Azúcar natural MEDIANA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	6,50	8,00	2,50	7,00	7,50	8,00	7,00	7,00	53,50	2862,25	6,69
T2	6,50	8,00	12,0 0	7,00	2,50	2,50	7,00	7,00	52,50	2756,25	6,56
T3	6,50	12,5 0	7,50	7,00	2,50	8,00	1,50	7,00	52,50	2756,25	6,56
T4	6,50	2,50	7,50	7,00	7,50	2,50	7,00	7,00	47,50	2256,25	5,94
T5	6,50	8,00	7,50	7,00	7,50	2,50	7,00	7,00	53,00	2809	6,63
T6	6,50	8,00	12,0 0	1,00	7,50	8,00	7,00	7,00	57,00	3249	7,13
T7	6,50	8,00	2,50	13,0 0	12,0 0	8,00	7,00	7,00	64,00	4096	8,00
T8	6,50	8,00	7,50	7,00	12,0 0	12,5 0	7,00	7,00	67,50	4556,25	8,44
T9	13,0 0	2,50	12,0 0	7,00	2,50	12,5 0	7,00	7,00	63,50	4032,25	7,94
T10	6,50	2,50	2,50	7,00	12,0 0	8,00	7,00	7,00	52,50	2756,25	6,56
T11	6,50	12,5 0	7,50	7,00	2,50	8,00	12,5 0	7,00	63,50	4032,25	7,94
T12	6,50	8,00	2,50	7,00	7,50	8,00	12,5 0	7,00	59,00	3481	7,38
T13	6,50	2,50	7,50	7,00	7,50	2,50	1,50	7,00	42,00	1764	5,25
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41407,0 0	7,00
$X^2 = 5,27^{ns}$			5% 21,0					1% 26,2			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Color de los tratamientos de Azúcar natural MEDIANA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 12. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Aroma. Azúcar natural MEDIANA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	7,00	5,50	4,00	7,00	4,50	12,0 0	6,00	7,00	53,00	2809	6,63
T2	7,00	5,50	4,00	7,00	4,50	5,50	6,00	7,00	46,50	2162,25	5,81
T3	7,00	5,50	10,5 0	7,00	11,0 0	12,0 0	6,00	7,00	66,00	4356	8,25
T4	7,00	12,0 0	4,00	7,00	4,50	5,50	6,00	7,00	53,00	2809	6,63
T5	7,00	12,0 0	4,00	7,00	4,50	12,0 0	6,00	7,00	59,50	3540,25	7,44
T6	7,00	5,50	10,5 0	7,00	11,0 0	5,50	6,00	7,00	59,50	3540,25	7,44
T7	7,00	5,50	4,00	7,00	11,0 0	5,50	6,00	7,00	53,00	2809	6,63
T8	7,00	5,50	4,00	7,00	4,50	5,50	6,00	7,00	46,50	2162,25	5,81
T9	7,00	12,0 0	10,5 0	7,00	4,50	5,50	6,00	7,00	59,50	3540,25	7,44
T10	7,00	5,50	10,5 0	7,00	11,0 0	5,50	6,00	7,00	59,50	3540,25	7,44
T11	7,00	5,50	10,5 0	7,00	4,50	5,50	12,5 0	7,00	59,50	3540,25	7,44
T12	7,00	5,50	4,00	7,00	11,0 0	5,50	12,5 0	7,00	59,50	3540,25	7,44
T13	7,00	5,50	10,5 0	7,00	4,50	5,50	6,00	7,00	53,00	2809	6,63
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41158,0 0	7,00
<b><math>X^2 = 3,21^{ns}</math></b>				<b>5% 21,0</b>				<b>1% 26,2</b>			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Aroma de los tratamientos de Azúcar natural MEDIANA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 13. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Sabor. Azúcar natural MEDIANA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	5,00	7,00	4,50	7,00	5,50	6,50	6,50	7,00	49,00	2401	6,13
T2	5,00	7,00	11,0 0	7,00	5,50	6,50	6,50	7,00	55,50	3080,2 5	6,94
T3	5,00	7,00	4,50	7,00	5,50	6,50	6,50	7,00	49,00	2401	6,13
T4	11,5 0	7,00	4,50	7,00	5,50	6,50	6,50	7,00	55,50	3080,2 5	6,94
T5	11,5 0	7,00	11,0 0	7,00	5,50	6,50	6,50	7,00	62,00	3844	7,75
T6	5,00	7,00	4,50	7,00	5,50	13,0 0	6,50	7,00	55,50	3080,2 5	6,94
T7	5,00	7,00	4,50	7,00	12,0 0	6,50	6,50	7,00	55,50	3080,2 5	6,94
T8	5,00	7,00	11,0 0	7,00	5,50	6,50	6,50	7,00	55,50	3080,2 5	6,94
T9	11,5 0	7,00	4,50	7,00	5,50	6,50	6,50	7,00	55,50	3080,2 5	6,94
T10	11,5 0	7,00	11,0 0	7,00	12,0 0	6,50	6,50	7,00	68,50	4692,2 5	8,56
T11	5,00	7,00	4,50	7,00	5,50	6,50	13,0 0	7,00	55,50	3080,2 5	6,94
T12	5,00	7,00	11,0 0	7,00	12,0 0	6,50	6,50	7,00	62,00	3844	7,75
T13	5,00	7,00	4,50	7,00	5,50	6,50	6,50	7,00	49,00	2401	6,13
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41145, 00	7,00
$X^2 = 3,11^{ns}$				5% 21,0				1% 26,2			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Sabor de los tratamientos de Azúcar natural MEDIANA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 14. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo a la Granulometría. Azúcar natural MEDIANA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	9,00	2,50	4,50	7,50	6,00	7,50	9,00	6,00	52,00	2704	6,50
T2	9,00	12,50	4,50	7,50	2,00	2,50	9,00	12,50	59,50	3540,25	7,44
T3	2,50	8,00	4,50	7,50	6,00	2,50	2,50	12,50	46,00	2116	5,75
T4	2,50	8,00	10,50	7,50	11,00	7,50	9,00	6,00	62,00	3844	7,75
T5	2,50	8,00	10,50	7,50	2,00	2,50	9,00	6,00	48,00	2304	6,00
T6	9,00	12,50	4,50	7,50	6,00	7,50	9,00	6,00	62,00	3844	7,75
T7	9,00	8,00	10,50	7,50	11,00	7,50	2,50	6,00	62,00	3844	7,75
T8	9,00	8,00	10,50	7,50	6,00	12,00	2,50	6,00	61,50	3782,25	7,69
T9	9,00	2,50	1,00	7,50	6,00	7,50	9,00	6,00	48,50	2352,25	6,06
T10	9,00	2,50	4,50	7,50	11,00	12,00	9,00	6,00	61,50	3782,25	7,69
T11	9,00	2,50	10,50	1,00	2,00	7,50	9,00	6,00	47,50	2256,25	5,94
T12	9,00	8,00	4,50	7,50	11,00	2,50	9,00	6,00	57,50	3306,25	7,19
T13	2,50	8,00	10,50	7,50	11,00	12,00	2,50	6,00	60,00	3600	7,50
$\Sigma$	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	728,00	41275,00	7,00
$X^2 = 4,18^{ns}$				5% 21,0				1% 26,2			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Granulometría de los tratamientos de Azúcar natural MEDIANA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 15. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Color. Azúcar natural FINA**

TRAT.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDIA
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	3,00	4,50	5,50	9,00	10,50	5,50	8,00	1,00	47,00	2209	5,88
T2	9,50	10,50	11,00	2,50	4,50	5,50	3,00	7,50	54,00	2916	6,75
T3	9,50	10,50	5,50	2,50	4,50	5,50	3,00	7,50	48,50	2352,25	6,06
T4	3,00	4,50	1,50	9,00	10,50	5,50	3,00	7,50	44,50	1980,25	5,56
T5	3,00	10,50	11,00	9,00	4,50	12,00	3,00	7,50	60,50	3660,25	7,56
T6	9,50	4,50	5,50	2,50	4,50	5,50	8,00	7,50	47,50	2256,25	5,94
T7	9,50	10,50	11,00	9,00	13,00	5,50	8,00	7,50	74,00	5476	9,25
T8	9,50	4,50	5,50	9,00	10,50	5,50	3,00	7,50	55,00	3025	6,88
T9	9,50	4,50	1,50	9,00	4,50	12,00	8,00	7,50	56,50	3192,25	7,06
T10	3,00	4,50	11,00	9,00	10,50	5,50	8,00	7,50	59,00	3481	7,38
T11	9,50	13,00	5,50	9,00	4,50	12,00	11,00	7,50	72,00	5184	9,00
T12	3,00	4,50	11,00	9,00	4,50	5,50	12,50	7,50	57,50	3306,25	7,19
T13	9,50	4,50	5,50	2,50	4,50	5,50	12,50	7,50	52,00	2704	6,50
$\Sigma$	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	728,00	41742,50	7,00
$X^2 = 8,03^{ns}$				5%				1%			
				21,0				26,2			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Color de los tratamientos de Azúcar natural FINA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 16. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Aroma. Azúcar natural FINA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	7,00	11,0 0	9,50	7,00	12,0 0	12,5 0	5,00	7,00	71,00	5041	8,88
T2	7,00	11,0 0	9,50	7,00	5,50	6,00	11,5 0	7,00	64,50	4160,2 5	8,06
T3	7,00	11,0 0	3,00	7,00	5,50	6,00	5,00	7,00	51,50	2652,2 5	6,44
T4	7,00	11,0 0	3,00	7,00	5,50	6,00	5,00	7,00	51,50	2652,2 5	6,44
T5	7,00	4,50	3,00	7,00	5,50	6,00	5,00	7,00	45,00	2025	5,63
T6	7,00	4,50	9,50	7,00	5,50	6,00	5,00	7,00	51,50	2652,2 5	6,44
T7	7,00	4,50	9,50	7,00	12,0 0	12,5 0	5,00	7,00	64,50	4160,2 5	8,06
T8	7,00	4,50	3,00	7,00	12,0 0	6,00	5,00	7,00	51,50	2652,2 5	6,44
T9	7,00	11,0 0	9,50	7,00	5,50	6,00	5,00	7,00	58,00	3364	7,25
T10	7,00	4,50	9,50	7,00	5,50	6,00	5,00	7,00	51,50	2652,2 5	6,44
T11	7,00	4,50	3,00	7,00	5,50	6,00	11,5 0	7,00	51,50	2652,2 5	6,44
T12	7,00	4,50	9,50	7,00	5,50	6,00	11,5 0	7,00	58,00	3364	7,25
T13	7,00	4,50	9,50	7,00	5,50	6,00	11,5 0	7,00	58,00	3364	7,25
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41392, 00	7,00
$X^2 = 5,14^{ns}$				5% 21,0				1% 26,2			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Aroma de los tratamientos de Azúcar natural FINA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 17. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo al Sabor. Azúcar natural FINA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	6,00	7,00	5,00	7,00	6,00	4,50	5,00	7,00	47,50	2256,25	5,94
T2	6,00	7,00	11,5 0	7,00	6,00	4,50	11,5 0	7,00	60,50	3660,25	7,56
T3	6,00	7,00	5,00	7,00	6,00	4,50	5,00	7,00	47,50	2256,25	5,94
T4	12,5 0	7,00	5,00	7,00	6,00	11,0 0	5,00	7,00	60,50	3660,25	7,56
T5	12,5 0	7,00	11,5 0	7,00	6,00	4,50	5,00	7,00	60,50	3660,25	7,56
T6	6,00	7,00	11,5 0	7,00	6,00	11,0 0	5,00	7,00	60,50	3660,25	7,56
T7	6,00	7,00	5,00	7,00	12,5 0	11,0 0	5,00	7,00	60,50	3660,25	7,56
T8	6,00	7,00	5,00	7,00	6,00	11,0 0	5,00	7,00	54,00	2916	6,75
T9	6,00	7,00	5,00	7,00	12,5 0	4,50	5,00	7,00	54,00	2916	6,75
T10	6,00	7,00	5,00	7,00	6,00	4,50	5,00	7,00	47,50	2256,25	5,94
T11	6,00	7,00	11,5 0	7,00	6,00	11,0 0	11,5 0	7,00	67,00	4489	8,38
T12	6,00	7,00	5,00	7,00	6,00	4,50	11,5 0	7,00	54,00	2916	6,75
T13	6,00	7,00	5,00	7,00	6,00	4,50	11,5 0	7,00	54,00	2916	6,75
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41223,0 0	7,00
<b><math>X^2 = 3,75^{ns}</math></b>				<b>5% 21,0</b>				<b>1% 26,2</b>			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Sabor de los tratamientos de Azúcar natural FINA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 18. Rangos obtenidos de las calificaciones de los panelistas a los tratamientos de acuerdo a la Granulometría. Azúcar natural FINA**

TRA T.	PANELISTAS								$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	MEDI A
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			
T1	5,50	4,50	10,5 0	8,00	7,50	12,0 0	8,00	8,00	64,00	4096	8,00
T2	5,50	11,0 0	4,00	8,00	7,50	3,50	8,00	8,00	55,50	3080,25	6,94
T3	12,0 0	4,50	10,5 0	8,00	2,00	8,50	3,00	8,00	56,50	3192,25	7,06
T4	5,50	4,50	4,00	8,00	7,50	8,50	3,00	8,00	49,00	2401	6,13
T5	5,50	11,0 0	4,00	8,00	7,50	3,50	3,00	8,00	50,50	2550,25	6,31
T6	5,50	11,0 0	10,5 0	1,50	7,50	3,50	8,00	8,00	55,50	3080,25	6,94
T7	12,0 0	11,0 0	4,00	8,00	2,00	8,50	3,00	8,00	56,50	3192,25	7,06
T8	5,50	4,50	4,00	8,00	2,00	8,50	8,00	8,00	48,50	2352,25	6,06
T9	12,0 0	4,50	4,00	8,00	7,50	3,50	8,00	8,00	55,50	3080,25	6,94
T10	5,50	4,50	10,5 0	8,00	12,5 0	12,0 0	3,00	1,50	57,50	3306,25	7,19
T11	5,50	4,50	10,5 0	8,00	7,50	3,50	12,5 0	1,50	53,50	2862,25	6,69
T12	5,50	11,0 0	4,00	8,00	12,5 0	3,50	11,0 0	8,00	63,50	4032,25	7,94
T13	5,50	4,50	10,5 0	1,50	7,50	12,0 0	12,5 0	8,00	62,00	3844	7,75
$\Sigma$	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	91,0 0	728,0 0	41069,5 0	7,00
$X^2 = 2,48^{ns}$				5%				1%			
				21,0				26,2			

Al realizar la prueba de Friedman para la característica Granulometría de los tratamientos de Azúcar natural FINA se encontró que no hay diferencia significativa lo que significa que los tratamientos para esta característica son todos iguales.

**Anexo 19.** Informe de resultados de porcentaje de humedad para los distintos tratamientos.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

## Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 34 - 2012

Ibarra, 20 de junio de 2012

**Análisis solicitado por:** Srta. Diana Aguilar  
**Número de muestras :** Treinta y Nueve. Panela Granulada  
**Fecha de recepción de las muestras:** 12 de junio de 2012  
**Método de Ensayo:** Humedad: AOAC 967.19  
 Densidad Relativa: AOAC 925.46

12 de mayo de 2012

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado						
		Testigo 1	T1V1t1	T1V1t2	T1V2t1	T1V2t2	T2V1t1	T2V1t2
Humedad	%	2,99	4,05	2,93	3,98	2,98	2,99	4,07
Densidad relativa	-----	0,836	0,848	0,908	0,873	0,769	1,069	0,748

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado					
		T2V2t1	T2V2t2	T3V1t1	T3V1t2	T3V2t1	T3V2t2
Humedad	%	3,05	3,01	1,99	2,94	3,99	3,05
Densidad relativa	-----	0,730	0,946	0,670	0,894	0,924	0,840

13 de mayo de 2012

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado						
		Testigo 1	T1V1t1	T1V1t2	T1V2t1	T1V2t2	T2V1t1	T2V1t2
Humedad	%	3,66	2,55	2,93	2,49	2,01	3,11	3,02
Densidad relativa	-----	0,820	0,745	0,838	0,802	0,750	0,832	0,840

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado					
		T2V2t1	T2V2t2	T3V1t1	T3V1t2	T3V2t1	T3V2t2
Humedad	%	2,97	3,07	4,09	2,41	2,01	3,4
Densidad relativa	-----	0,834	0,752	1,023	0,795	0,795	1,025

14 de mayo de 2012

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado						
		Testigo 1	T1V1t1	T1V1t2	T1V2t1	T1V2t2	T2V1t1	T2V1t2
Humedad	%	2,95	2,99	1,99	2,93	2,02	1,99	2,97
Densidad relativa	-----	0,732	0,833	0,682	0,857	0,705	0,942	0,723

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado					
		T2V2t1	T2V2t2	T3V1t1	T3V1t2	T3V2t1	T3V2t2
Humedad	%	2,94	2,98	2,93	1,96	2,03	2,05
Densidad relativa	-----	1,025	0,748	1,028	0,846	0,785	0,667

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

  
 Bloq. José Luis Moreno  
 Analista



Misión Institucional

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

Ciudadela Universitaria barrio El Olivo  
 Teléfono: (06) 2 953-461 Casilla 199  
 (06) 2 609-420 2 640-811 Fax: Ext:1011  
 E-mail: utn@utn.edu.ec  
 www.utn.edu.ec

## Anexo 20. Informe de resultados sobre densidad para los distintos tratamientos



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA  
LABORATORIO ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

### INFORME DE RESULTADOS

#### Datos:

Solicitado por: Srta. Diana Aguilar  
Muestra de: Panela  
Número de Muestras: 03  
Fecha de recepción: 11-07-2012  
Fecha de análisis: 12-07-2012

#### Descripción:

Código: 06.07.100  
Código de laboratorio: 06.07.100  
Estado: Muestra sólida  
Fecha entrega de resultados: 13-07-2012  
Observaciones: Los Valores que se presentan en los resultados corresponden únicamente a la muestra analizada en laboratorio.  
Muestreado por: Cliente  
Análisis Solicitado: GRANULAMÉTRICO. PRUEBA DE RETENCIÓN

#### RESULTADOS:

Muestra	Corresponde	Peso muestra (g)	Retención de partículas (%)				
			Tamiz # 20 (850 um)	Tamiz # 30 (600 um)	Tamiz # 40 (425 um)	Tamiz # 50 (300 um)	Tamiz # 60 (250 um)
M1	T2V1T1	100,005	37,16	5,13	43,36	14,15	0,19
M2	Testigo	100,007	31,67	3,43	18,77	43,34	2,78
M3	T1V2T1	100,008	54,45	20,12	17,10	7,71	0,62

Analizado por:

Dra. Morajma Mera  
JEFA DE LABORATORIOS ECAA



## Anexo21. Análisis granulométrico de laboratorio para los tres mejores tratamientos



### Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 51 - 2012

Ibarra, 19 de julio de 2012

Análisis solicitado por:

Srta. Diana Aguilar

Número de muestras :

Una, panela

Fecha de recepción de las muestras:

12 de julio de 2012

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Sólidos Solubles (como sacarosa)	%	88,83	AOAC 932.14C
Azúcares Reductores Libres	%	6,04	AOAC 906.01
pH	----	5,88	AOAC 981.12

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas  
Atentamente:

  
Bioq. José Luis Moreno  
Analista



#### Misión Institucional

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

Ciudadela Universitaria barrio El Olivo  
Teléfono: (06) 2 953-461. Casilla 199  
(06) 2 609-420 2 640-811 Fax: Ext:1011  
E-mail: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec

## Anexo22. Análisis fisicoquímico para el mejor tratamiento



### Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 51 - 2012

Ibarra, 19 de julio de 2012

Análisis solicitado por:

Srta. Diana Aguilar

Número de muestras :

Una, panela

Fecha de recepción de las muestras:

12 de julio de 2012

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Sólidos Solubles (como sacarosa)	%	88,83	AOAC 932.14C
Azúcares Reductores Libres	%	6,04	AOAC 906.01
pH	-----	5,88	AOAC 981.12

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas  
Atentamente:

  
Bioq. José Luis Moreno  
Analista



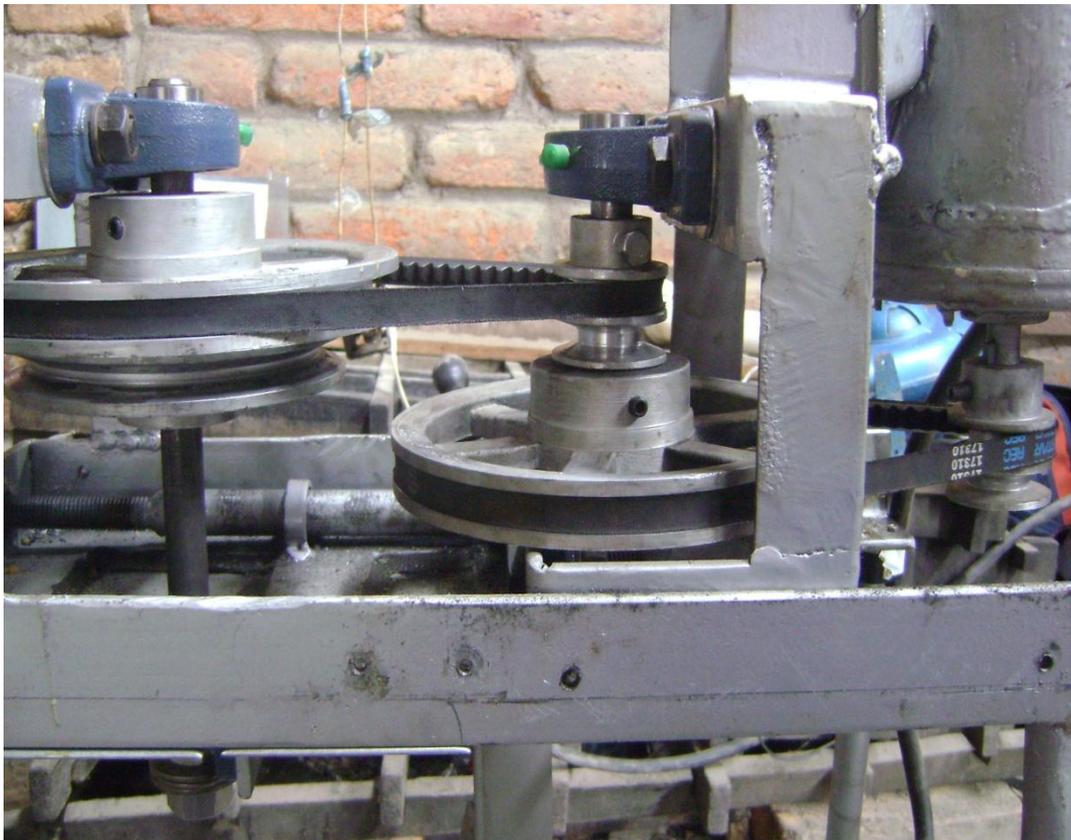
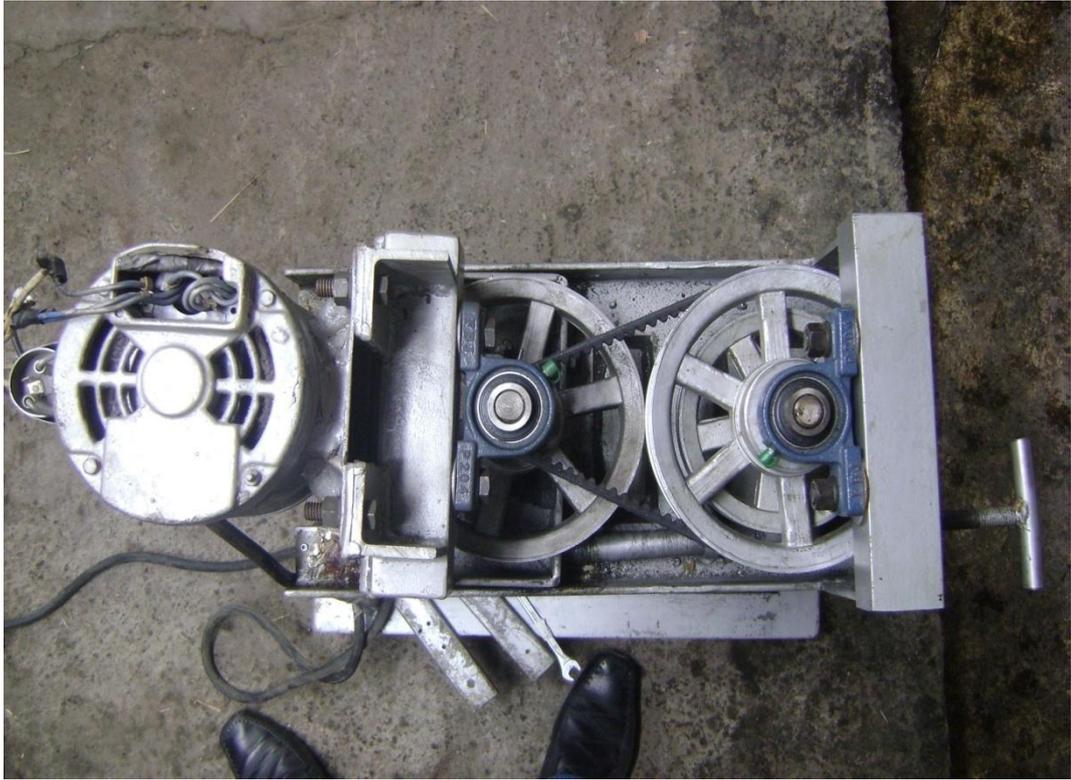
#### Misión Institucional

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

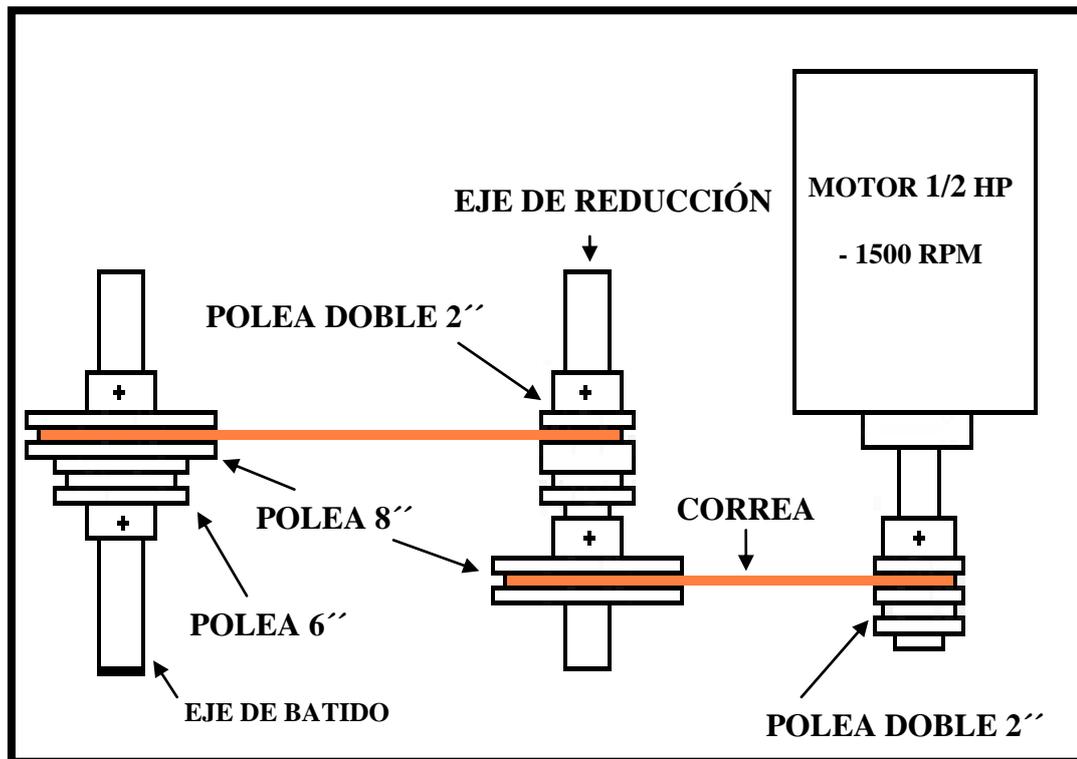
Ciudadela Universitaria barrio El Olivo  
Teléfono: (06) 2 953-461 Casilla: 199  
(06) 2 609-420 2 640-811 Fax: Ext:1011  
E-mail: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec

**Anexo23. Fotografías del montaje estructural del prototipo de batidora industrial**





**Anexo24. Descripción de operadores mecánicos del prototipo de batidora industrial**

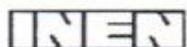


- $V_1 = 1500 \text{ RPM}$
- $D_1 = 2''$
- $D_2 = 8''$
- $D_3 = 2''$
- $D_4 = 8''$
- $D_5 = 6''$

**CALCULO DE VELOCIDADES (FORMULA  $V_I * D_I = V_F * D_F$ ):**

- $V_2 \text{ (Eje de reducción)} = (V_1 * D_1) / (D_2) = (1500 \text{ RPM} * 2'') / (8'') = 375 \text{ RPM}$
- $V_2 \text{ (Velocidad batido 1)} = (V_2 * D_3) / (D_4) = (375 \text{ RPM} * 2'') / (8'') = \mathbf{95 \text{ RPM}}$
- $V_3 \text{ (Velocidad batido 2)} = (V_2 * D_3) / (D_4) = (375 \text{ RPM} * 2'') / (6'') = \mathbf{125 \text{ RPM}}$

**Anexo 25. Norma Técnica Ecuatoriana para la elaboración de panela granulada.**



**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 332:2002**

---

**PANELA GRANULADA. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

GRANULATE RAW SUGAR. SPECIFICATIONS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, azúcar y productos de azúcar, panela granulada, requisitos  
AL 02.04-407  
CDU: 644.14  
CIU: 3118  
ICS: 67.180.10

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</b>	<b>PANELA GRANULADA. REQUISITOS</b>	<b>NTE INEN 2 332:2002 2002-04</b>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la panela granulada destinada para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. DEFINICIONES</b></p> <p>2.1 <b>Caña de azúcar.</b> Es el tallo procedente de cualquier variedad de la planta gramínea <i>Saccharum officinarum</i> L.</p> <p>2.2 <b>Panela granulada.</b> Producto obtenido por concentración de los jugos de caña de azúcar, hasta la obtención de un jarabe espeso permitiendo a continuación que el jarabe se solidifique y granule por batido.</p> <p>2.3 <b>Panela granulada defectuosa.</b> Es la que presenta uno o más de los siguientes defectos: manchas de color diferente al característico de la panela granulada, consistencia blanda (amelcochada), infestada con insectos vivos, presencia de impurezas o materia extraña.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. CLASIFICACIÓN.</b></p> <p>3.1 De acuerdo al contenido de sólidos sedimentables y tamaño del grano la panela granulada, se clasifica en:</p> <p>3.1.1 Extra;</p> <p>3.1.2 Primera;</p> <p>3.1.3 Segunda.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. REQUISITOS</b></p> <p>4.1 <b>Requisitos Específicos.</b> La panela debe cumplir con los requisitos que se establecen en las Tablas 1, 2, 3 y los que a continuación se describen:</p> <p>4.1.1 La panela granulada en cualquiera de sus clases debe estar libre de impurezas.</p> <p>4.1.2 El porcentaje máximo de materias inorgánicas: piedras, arena, polvo, debe ser de 0,1 %.</p> <p>4.1.3 La panela granulada debe sujetarse a las Normas Ecuatorianas correspondientes y a la falta de estas por las de FAO/OMS/CODEX ALIMENTARIUS, en cuanto tiene que ver con los límites de recomendación de residuos de plaguicidas, productos afines y metales pesados.</p> <p>4.1.4 La panela granulada debe estar exenta de compuestos azufrados y de otras sustancias blanqueadoras.</p> <p>4.1.5 La panela granulada no debe contener colorantes artificiales.</p> <p>4.1.6 La panela granulada debe estar exenta de residuos de los siguientes plaguicidas: aldrin, dieldrin, endrin, BHC, campheclor, clordimeform, clordano, DDT, DBCP, lindano, EDB, 2-4-5 T, amitrole, compuestos mercuriales y de plomo, tetracloruro de carbono, leptophos, heptacloro, clorobenzilato, metil paratión, dietil paratión, mirex y dinozeb.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, azúcar y productos de azúcar, panela granulada, requisitos</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo 454 y Ave. 6 de Diciembre - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

**4.1.7** La panela granulada debe estar exenta de microorganismos patógenos como *Escherichia coli*. (según NTE INEN 1529-8)

**4.1.8** El contenido de proteína será como mínimo 0,5 %, ensayado de acuerdo a lo que se establece en la NTE INEN 543.

**TABLA 1. Requisitos de la Panela Granulada**

Requisito	Min	Max	Método de ensayo
Color T (550 nm)	30	75	NTE INEN 268
Azúcar Reductor %	5,5	10	NTE INEN 266
Sacarosa %	75	83	NTE INEN 266
Humedad %	--	3	NTE INEN 265
pH	5,9	-	

**TABLA 2. Sólidos sedimentables y granulometría**

Panela	Sólidos Sedimentables Max g/100 g de panela	Pase el 100% por tamiz	
		Mm de abertura	No.
Extra	0,1	1,40	14
Primera	0,5	1,70	12
Segunda	1,0	2,00	10
Método de ensayo	NTE INEN 388		

**TABLA 3. Requisitos microbiológicos para la Panela Granulada**

REQUISITO	n	m	M	c	Método de ensayo
Recuento de mohos y levaduras upc/g	3	$1,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	2	NTE INEN 1529-10

En donde:

- n número de muestras a analizar
- m nivel de buena calidad
- M valor máximo permitido
- c Número de muestras aceptadas con M
- upc unidades propagadoras de colonias

#### 4.2 Requisitos Complementarios

**4.2.1** Las instalaciones y bodegas deben cumplir con los requisitos establecidos en el Código de la Salud y sus Reglamentos; además, deben estar limpias y desinfectadas tanto interna como externamente, y estar protegidas contra el ataque de insectos y roedores.

**4.2.2** En la zona de manipulación de los alimentos, las estructuras y accesorios elevados deben instalarse de manera que se evite la contaminación directa o indirecta de la panela.

**4.2.3** El establecimiento debe disponer de un sistema eficaz de evacuación de efluentes y desechos, el cual deberá mantenerse en todo momento en servicio y buen estado.

**4.2.4** El establecimiento debe disponer de vestuarios y retretes adecuados y convenientemente situados.

(Continúa)

- 4.2.5** Los subproductos deben almacenarse de manera que se evite la contaminación de la panela.
- 4.2.6** Debe impedirse el ingreso de todos los animales a las áreas de producción y envasado.
- 4.2.7** En todo momento deben manipularse los envases de forma que se protejan tanto los envases como los cierres contra posibles daños que puedan causar defectos y contaminación de la panela.
- 4.2.8** Los envases conteniendo panela, deben estar almacenados sobre palets (estibas).
- 4.2.9** Las condiciones de almacenamiento, incluida la temperatura, deben ser tales que impidan el deterioro o la contaminación de la panela.
- 4.2.10** Los plaguicidas y productos afines que se utilizan para el control de plagas deben ser los permitidos por la Ley No. 073 (Registro Oficial No. 442 de 1990-05-22)
- 4.2.11** La comercialización de la panela debe cumplir con lo dispuesto en las resoluciones dictadas con sujeción a la Ley de Pesas y Medidas y otras disposiciones legales.
- 4.2.12** En la elaboración de este producto debe cumplirse con las buenas prácticas de manufactura.
- 4.2.13** *Protección del ambiente*
- 4.2.13.1** Los residuos vegetales y otros productos originados durante el proceso y clasificación deben utilizarse o eliminarse de tal manera que no contaminen el ambiente por ejemplo: energía, compost, humus, otros.
- 4.2.13.2** Los residuos de plaguicidas, envases que hayan contenido plaguicidas, envases de plástico no deben eliminarse directamente en el ambiente (cuerpos de agua, alcantarillas, quebradas, otras), podrán ser eliminados, por ejemplo, de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 2 078.

## 5. INSPECCIÓN Y MUESTREO

- 5.1** El muestreo se efectuará de acuerdo a lo que se establece en la Tabla 4.

**TABLA 4. Plan de muestreo para la Panela Granulada**

TAMAÑO DEL LOTE UNIDADES	TAMAÑO DE LA MUESTRAS	ACEPTA	RECHAZA
Hasta 25	3	0	1
26 a 90	13	1	2
91 a 150	20	2	3
151 a 280	32	3	4
281 a 500	50	5	6
501 a 1 200	80	7	8
Mayor que 1 201	125	10	11

- 5.2** Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se rechaza el lote.
- 5.3** En caso de discrepancia se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos.
- 5.4** Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso será motivo para rechazar definitivamente el lote.

(Continúa)

## 6. ENVASADO Y EMBALADO

**6.1** La panela podrá ser comercializada en envases que aseguren la protección del producto contra la acción de agentes externos que puedan alterar sus características químicas, físicas, resistir las condiciones de manejo, transporte y almacenamiento; y que salvaguarde las cualidades higiénicas, nutricionales y organolépticas.

**6.2** El material del envase debe ser de calidad alimentaria, aprobado por el FDA, inerte y no deberá liberar sustancias tóxicas ni olores o sabores desagradables.

## 7. ROTULADO

**7.1** El rotulado del producto debe cumplir con lo establecido en la NTE INEN 1334-1 y 1334-2.

**7.2** No debe contener leyendas de significado ambiguo, ni descripción de características que no puedan ser comprobadas.

*(Continúa)*

## APENDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 265:1980	<i>Azúcar. Determinación de la humedad (Método de rutina)</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 266: 1978	<i>Azúcar. Determinación del azúcar reductor.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 268:1978	<i>Azúcar. Determinación del color.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 388:1979	<i>Determinación de los sólidos en suspensión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 543:1981	<i>Determinación de la Proteína cruda</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-1:2000	<i>Rotulado de Productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-2:2000	<i>Rotulado de Productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Etiquetado Nutricional. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-8:1990	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y escherichia coli.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10:1998	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de Mohos y levaduras viables.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2078:1997	<i>Plaguicidas. Eliminación de residuos y de envases en el campo. Requisitos.</i>
Ley 073:1990	<i>Formulación, fabricación, importación, comercialización, y empleo de plaguicidas y productos afines de uso agrícola.</i>

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, NTC 1311 *Productos Agrícolas. Panela. Requisitos Segunda revisión.* Bogotá, 1990.

Programa conjunto FAO/OMS *Codex Alimentarius. Volumen 1.* Roma, 1993

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 2 332	<b>TÍTULO: PANELA GRANULADA REQUISITOS</b>	<b>Código:</b> AL 02.04-407
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2001-02	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No.                      de publicado en el Registro Oficial No.                      de  Fecha de iniciación del estudio:	

Fechas de consulta pública: de

a

Subcomité Técnico: PANELA

Fecha de iniciación: 2001-03-20

Fecha de aprobación: 2001-04-03

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

Ing. Marcelo Jácome (Presidente)

Ing. Augusto Espinoza

Sra. Virgilia Escobar

Ing. Marcelo Pérez

Dr. Fabián Guerrón

Srta. Julia Solórzano

Ing. Fernando Cáceres

Dra. Teresa Ávila

Ing. Antonio Salazar

Sr. Gilbert Estrada

Tlgo. Daniel Bravo

Ing. Yolanda Lara

Ing. Isabel Muñoz

Tlga. María E. Dávalos (Secretaria Técnica)

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

ASOCIACIÓN DE CAÑICULTORES DE  
PASTAZA, ASOCAP

INSTITUTO NACIONAL DE CAPACITACION  
CAMPESENA, INCCA

CAMARA DE AGRICULTURA DE LA IV ZONA  
MCCH

PRODUCTOS SAN JOSE

EL CORAZON

CEREALES LA PRADERA

DIRECCIÓN METROPOLITANA DE SALUD

PANELA PLATUA

PANELA CAÑAVERAL

REDAR

CONTROL SANITARIO M.S.P.

TRIBUNA DE CONSUMIDORES Y USUARIOS

INEN – REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de **2001-12-20** y recomienda al señor Ministro de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad que la oficialice con el Carácter de: Obligatoria

Oficializada como: Obligatoria  
Registro Oficial No. 555 del 2002-04-15

Por Acuerdo Ministerial No. 02 093 del 2002-03-18

**Anexo 26. Norma Técnica Colombiana para la elaboración de panela granulada.**

**NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA**

**NTC  
1311**

2009-08-19

---

**PRODUCTOS AGRÍCOLAS.  
PANELA**



E: AGRICULTURAL PRODUCTS. PANELA

---

CORRESPONDENCIA:

---

DESCRIPTORES:                    panela; producto azucarado; alimento  
preparado; producto alimenticio;  
requisitos; ensayo.

---

I.C.S.: 67.180.10

---

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

---

Prohibida su reproducción

Tercera actualización  
Editada 2009-09-01

**PRODUCTOS AGRÍCOLAS.  
PANELA<sup>1</sup>**

**1. OBJETO**

Esta norma establece los requisitos y los ensayos que debe cumplir la panela destinada para el consumo humano.

**2. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Los siguientes documentos referenciados son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC 512-1, Industrias alimentarias. Rotulado o etiquetado. Parte 1. Norma general.

NTC 512-2:2006, Industrias alimentarias. Rotulado o etiquetado. Parte 2. Rotulado nutricional de alimentos envasados.

NTC 4132, Microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25 °C.

NTC 4399, Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de plomo. Método de absorción atómica en horno de grafito

NTC 4491-1, Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Preparación de muestras para ensayo, suspensión inicial y diluciones decimales para los análisis microbiológicos. Parte 1: reglas generales para la preparación de la suspensión inicial y de diluciones decimales.

NTC 5528, Productos Alimenticios. Determinación de sulfito mediante el método calorimétrico con rosanilina en azúcar blanco y en jugos y jarabes de azúcar de caña.

GTC 99, Guía para la selección de un plan, un esquema o un sistema de muestreo para aceptación en la inspección de ítems individuales en lotes.

GTC 125:2006, Guía de referencias de métodos horizontales de análisis microbiológicos para bebidas, alimentos y alimentos para animales.

---

<sup>1</sup> Papelón (Venezuela y algunos países de América Central), Piloncillo (México y Costa Rica), Chancaca (Perú, Ecuador y Chile), Raspadura (Cuba y Bolivia), Japadura (Brasil), Gur o Jaggery (India), Muscovado Sugar (Filipinas), Panela (Bolivia, Colombia, Honduras, Nicaragua, Panamá) Jaggery y Khandsari (Asia del Sur), Black Sugar (Japón y Taiwán).

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1311 (Tercera actualización)**

---

NTC-ISO 2859-1, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo determinados por el Nivel Aceptable de Calidad -NAC- Para inspección lote a lote.

NTC-ISO 2859-2, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 2: Planes de muestreo determinados para la Calidad Limite (CL) para la inspección de un lote aislado.

NTC-ISO 2859-3, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 3: Procedimientos de muestreo intermitentes.

NTC-ISO 3951-1, Procedimientos de muestreo para inspección por variables. Parte 1: Especificación para planes de muestreo simple clasificados por Nivel Aceptable de Calidad (NAC) para inspección lote a lote para una característica de calidad única y un solo NAC.

American Association of Cereal Chemists, AACC Method 28-50. *Decantation Method, for Rodent Excreta.*

American Association of Cereal Chemists, AACC Method 28-51A. *Flotation Method, for Insects and Rodent Filth.*

American Association of Cereal Chemists, AACC Method 28-41B. *Acid Hydrolysis Method for Extracting Insect Fragments and Rodent Hairs. Light Filth in White Flour.*

ISO 3951-1:2005, *Sampling Procedures for Inspection by Variables. Part 1: Specification for Single Sampling Plans Indexed by Acceptance Quality Limit (AQL) for Lot-by-lot Inspection for a Single Quality Characteristic and a Single AQL.*

ISO 3951-2:2006, *Sampling Procedures for Inspection by Variables. Part 2: General Specification for Single Sampling Plans Indexed by Acceptance Quality Limit (AQL) for Lot-by-lot Inspection of Independent Quality Characteristics.*

ISO 3951-3:2007, *Sampling Procedures for Inspection by Variables. Part 3: Double Sampling Schemes Indexed by Acceptance Quality Limit (AQL) for Lot-by-lot Inspection.*

ISO 3951-5:2006, *Sampling Procedures for Inspection by Variables. Part 5: Sequential Sampling Plans Indexed by Acceptance Quality Limit (AQL) for Inspection by Variables (Known Standard Deviation).*

Official Method AOAC 900.02, *Ash of Sugars and Syrups. Gravimetric.*

Official Method AOAC 923.09, *Invert Sugar in Sugars and Syrups. Lane-Eynon Method. Volumetric.*

Official Method AOAC 925.45, *Moisture in Sugars. Sugars and Sugar Products/Sugars.*

Official Method AOAC 975.32 *Sulfurous Acid in Food. Qualitative Test.*

Official Method AOAC 981.10 *Crude Protein in Meat. Digestion.*

Official Method AOAC 985.35, *Minerals in Infant Formula, Enteral Products, and Pet Foods. Atomic Absorption Spectrophotometric Method.*

Official Method AOAC 986.15, *Arsenic, Cadmium, Lead, Selenium, and Zinc in Human and Pet Foods. Spectroscopy/Atomic Absorption Spectroscopy.*

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1311 (Tercera actualización)**

---

Official Method AOAC 990 28, *Sulfites in Foods. Optimized Monier-Williams Method.*

Official Method AOAC 995 11, *Phosphorus (Total) in Foods. Colorimetric Method.*

Official Method AOAC 999.11, *Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in Foods. Atomic Absorption Spectrophotometry after Dry Ashing.*

### 3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes:

**3.1 Panela.** Producto sólido de cualquier forma y presentación proveniente de la evaporación de jugo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, sin centrifugar, que contiene microcristales anhedrales no visibles al ojo humano, manteniendo sus elementos constitutivos como sacarosa, glucosa y minerales, no provenientes de la reconstitución de sus elementos.

**3.2 Panela en polvo.** Panela finamente pulverizada, con o sin adición de un agente antiaglutinante o aglutinante.

**3.3 Panela en grano.** Panela de forma granular con o sin adición de un agente antiaglutinante o aglutinante (véase el numeral 4.4).

**3.4 Panela saborizada.** Panela con adición de saborizantes.

**3.5 Envase.** Recipiente o envoltura destinado a contener y proteger los productos individuales hasta su consumo final.

**3.6 Embalaje.** Cubierta o envoltura destinada a contener temporalmente un producto o conjunto de productos durante su manipulación, transporte, almacenamiento o presentación a la venta, a fin de protegerlos, identificarlos y facilitar dichas operaciones.

### 4. REQUISITOS GENERALES

**4.1** La panela puede presentar diferentes colores dependiendo de la materia prima usada, la variedad de la caña, las condiciones agro ecológicas y del proceso de elaboración.

**4.2** La panela debe estar libre de materias, olores y sabores extraños; no puede estar fermentada ni presentar ataques visibles de hongos o presencia de insectos.

**4.3** Se debe tener en cuenta la legislación nacional vigente para la elaboración, preparación y manipulación del producto (véase el Anexo B (Informativo) Bibliografía numeral [1]).

**4.4** Como aditivos se permitirán los establecidos en la legislación nacional vigente (véase el Anexo B (Informativo) Bibliografía numeral [2]), o en su defecto por el *Codex Alimentarius*, según las características de diseño del producto.

**4.5** En la elaboración de la panela no se permite el uso de hidrosulfito de sodio ni hiposulfito de sodio, ni otras sustancias químicas con propiedades blanqueadoras.

**4.6** En la elaboración de panela no se permite el uso de colorantes.

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1311 (Tercera actualización)**

4.7 En la elaboración de panela no se permite el uso de azúcar ni de miel procedente de ingenios azucareros.

4.8 La panela debe ser elaborada en establecimientos que cumplan con lo establecido en la legislación nacional vigente.

4.9 En la elaboración de panela se permite el uso de saborizantes de acuerdo con lo establecido en la legislación nacional vigente o en su defecto lo establecido por el *Codex Alimentarius*.

4.10 El límite de residuos de plaguicidas en la panela debe estar de acuerdo con lo establecido por la Comisión del *Codex Alimentarius*.

**5. REQUISITOS ESPECÍFICOS**

5.1 La panela en bloque debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos establecidos en la Tabla 1.

**Tabla 1. Requisitos fisico químicos para la panela en bloque**

Requisito	Valor	
	Mínimo	Máximo
Humedad, fracción en masa en %	--	9,0
Cenizas, fracción en masa en %	0,8	--
Azúcares totales (sacarosa), fracción en masa en %	--	83,0
Azúcares reductores (glucosa), fracción en masa en %	5,5	--
Proteínas, en % (N x 6,25)	0,2 %	-
Potasio en mg/100 g	100,0	--
Calcio en mg/100 g	10,0	--
Fósforo en mg/100 g	5,0	--
Hierro en mg/100 g	1,5	--
Colorantes	Ausencia	

5.2 La panela granulada o pulverizada debe cumplir con los requisitos fisico químicos establecidos en la Tabla 2.

**Tabla 2. Requisitos fisico químicos para la panela granulada o pulverizada**

Requisito	Valor	
	Mínimo	Máximo
Humedad, fracción en masa en %	--	5,0
Cenizas, fracción en masa en %	1,0	--
Azúcares totales (sacarosa), fracción en masa en %	--	93,0
Azúcares reductores (glucosa), fracción en masa en %	5,0	--
Proteínas, en % (N x 6,25)	0,2 %	-
Potasio en mg/100 g	100,0	--
Calcio en mg/100 g	10,0	---
Fósforo en mg/100 g	5,0	---
Hierro en mg/100 g	1,5	---
Colorantes	Ausencia	

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1311 (Tercera actualización)**

---

5.3 La panela deberá cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la Tabla 3, cuando se ensaye de acuerdo con lo indicado en el numeral 7.11.

Tabla 3. Requisitos microbiológicos para la panela

Requisito	n	m	M	C
Recuento de mohos y levaduras, en UFC/g	5	50	150	2
en donde				
n	= número de muestras que se van a examinar			
m	= parámetro normal.			
M	= valor máximo permitido			
c	= número de muestras aceptadas con M			

5.4 La panela debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 4 para el contenido máximo de contaminantes.

Tabla 4. Límite máximo de Contaminantes para la Panela

Requisito	Valor	
	Mínimo	Máximo
Plomo expresado como Pb, en mg/kg	--	0,2
Arsénico expresado como As, en mg/kg	--	0,1
* Sulfitos expresado como SO <sub>2</sub> , en mg/kg	--	< 0,05
* Para la determinación de Sulfitos expresados como SO <sub>2</sub> , se debe emplear primero el método cualitativo indicado en el numeral 7.10.1, si la prueba da como resultado presencia, se procede a cuantificar por el método descrito en el numeral 7.10.2.		

NOTA 1 Si el resultado de la prueba cualitativa da ausencia se reportará como < 0,05 mg/kg, de acuerdo con lo descrito en la Tabla 4.

NOTA 2 Si en la aplicación del método cuantitativo el resultado es mayor de 0.05 mg/kg, se considera que la panela contiene sulfitos.

## 6. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

### 6.1 TOMA DE MUESTRAS

Los planes de muestreo u otra toma de muestras diferentes a los especificados en esta norma, pueden acordarse entre las partes. Se pueden usar los planes de muestreo establecidos en la GTC 99 y en las normas de la serie NTC-ISO 2859 Partes 1, 2, 3 ó 4 o en la norma NTC-ISO 3951-1 o en la serie ISO 3951 partes 1, 2, 3 y 5.

### 6.2 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, se rechazará el lote. En caso de discrepancia se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote.

## **7. MÉTODOS DE ENSAYO**

La preparación de la muestra se efectúa de acuerdo con lo indicado en el Anexo A (Normativo) para la panela en bloque y para la panela pulverizada o granulada.

### **7.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS COLORANTES**

La presencia de colorantes en la panela puede determinarse mediante uno de los siguientes métodos.

#### **7.1.1 Método A**

Se hierve una solución de panela con una tira de lana virgen. Si la lana se tiñe de color anaranjado indica que la panela tiene colorantes.

#### **7.1.2 Método B (de arata)**

**7.1.2.1** Se disuelven 10 g de panela en 100 ml de agua. Se acidifica hasta que la solución esté ligeramente ácida, se deja hervir durante 10 min. Se pasa la lana a un vaso de precipitado y se lava en agua fría.

**7.1.2.2** Expresión de resultados. Si la lana se tiñe la presencia de colorantes es positiva.

### **7.2 DETERMINACIÓN DE LA MATERIA EXTRAÑA**

**7.2.1** Determinación de Excreta de roedores, se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma AACC 28-50, Gravimetría. Decantación (Presencia/Ausencia).

**7.2.2** Determinación de Insectos, se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma AACC 28-51 A, Gravimetría. Flotación (Presencia/ Ausencia).

**7.2.3** Determinación de Pelos. Larvas, se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma AACC 28-41 B, Gravimetría. Hidrólisis ácida (Presencia/Ausencia).

### **7.3 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 925.45.

### **7.4 DETERMINACIÓN DE CENIZAS**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 900.02.

### **7.5 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES (SACAROSA) Y AZÚCARES REDUCTORES (GLUCOSA)**

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma AOAC 923.09.

### **7.6 DETERMINACIÓN DE POTASIO, CALCIO, SODIO Y HIERRO**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 985.35.

### **7.7 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 995.11.

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1311 (Tercera actualización)**

---

**7.8 DETERMINACIÓN DE PLOMO**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 999.11 o de acuerdo con la NTC 4399.

**7.9 DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 986.15.

**7.10 DETERMINACIÓN DE SULFITOS****7.10.1 Ensayo cualitativo**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 975.32 *Sulfurous Acid in Food. Qualitative test.*

**7.10.2 Ensayo cuantitativo**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 990.28, *Sulfites in Foods. Optimized Monier-Williams Method* o el método modificado de *Shipton* del método de referencia de *Monier-Williams* (véase el Anexo B (Informativo) Bibliografía numeral [3]).

**7.11 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA**

Se efectúa de acuerdo con la norma AOAC 981.10.

**7.12 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

(Véase la GTC 125).

**7.12.1 Preparación de la suspensión inicial y de diluciones decimales**

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4491-1.

**7.12.2 Método para el recuento de mohos y levaduras.**

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4132.

**8. EMBALAJE Y ROTULADO****8.1 ENVASE Y EMBALAJE**

Las panelas se deben embalar en material sanitario de primer uso.

El producto en presentación individual se envasará en materiales de grado alimenticio, que no alteren sus características fisicoquímicas y organolépticas y que proporcionen al producto una adecuada protección durante el transporte y el almacenamiento.

**8.2 ROTULADO**

**8.2.1** Además de lo establecido en la legislación nacional vigente, el rótulo o etiqueta debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTC 512-1.

**8.2.2** Además de lo establecido en la legislación nacional vigente, el rótulo o etiqueta debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTC 512-2, con respecto a los aspectos nutricionales.

**ANEXO A**  
(Informativo)

A continuación se indica en la Tabla A.1 la preparación de la muestra para cada requisito físico químico contemplado en las Tablas 1, 2 y 4, para la panela en bloque y para la panela granulada o pulverizada.

**Tabla A.1 Preparación de muestra para cada método analítico**

Requisito	Método Analítico	Preparación de la muestra
<b>Análisis proximal:</b>		
Humedad	AOAC 925.45 tamaño de muestra 10 g	Para la panela pulverizada o granulada, se parte de 1 k de muestra, se divide en dos, se toman 500 g, se macera y luego se tamiza pasándolo por malla No. 40 (425 µm). Para la panela en bloque, se parte de 1 k de muestra, se divide en dos, se toman 500 g y luego se macera o se raspa.
Cenizas	AOAC 900.02 Método 1 calcinación tamaño de la muestra 5 g	
Azúcares Totales (sacarosa)	AOAC 923.09 Método volumétrico Lane-Eynon con hidrólisis por Digestión 72 h	
Azúcares reductores (glucosa)	AOAC 923.09 Método volumétrico Lane - Eynon	
<b>Determinación de minerales:</b>		
Potasio	AOAC 985.35 Absorción Atómica Realizar Digestión Húmeda	En caso de digestión húmeda se podrá preparar la muestra de la siguiente manera: se parte de la preparación de la muestra anteriormente descrito, se toman 1 g y se disuelve en 100 ml de agua destilada.
Calcio	AOAC 985.35 Absorción Atómica Realizar Digestión Húmeda	
Fósforo	AOAC 995.11 Colorimetría	En caso de digestión seca, por cenizas la preparación de la muestra se hará de acuerdo con lo indicado en las metodologías AOAC descritos para cada análisis.
Sodio	AOAC 985.35 Absorción Atómica Realizar Digestión Húmeda	
Hierro	AOAC 985.35 Absorción Atómica Realizar Digestión Húmeda	
<b>Determinación de contaminantes:</b>		
Plomo	AOAC 999.11 Absorción Atómica	Se parte de la preparación de la muestra anteriormente descrito, se hará de acuerdo con lo indicado en la metodología AOAC descrito para este análisis.
Arsénico	AOAC 986.15 Absorción Atómica	Se parte de la preparación de la muestra anteriormente descrito, se hará de acuerdo con lo indicado en la metodología AOAC descrito para este análisis.
Sulfitos	AOAC 975.32 <i>Sulfurous Acid in Food. Qualitative Test.</i> AOAC 990.28, <i>Sulfites in Foods. Optimized Monier-Williams Method.</i>	Se parte de preparación de la muestra anteriormente descrito y se procede a realizar lo descrito en la metodología AOAC, indicado para este análisis.

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1311 (Tercera actualización)**

---

A continuación se indica en la Tabla A.2 el método y la técnica empleados para la caracterización físico química de la panela en bloque, granulada o pulverizada.

Tabla A.2 Método y técnica analítica para la caracterización físico química de la panela.

Parámetro	Unidades	Método	Técnica
Humedad	%	AOAC 925.45	Gravimetría
Cenizas	%	AOAC 900.02 Método 1/Calcinación	Calcinación
Potasio	mg /100 g	AOAC 985.35 AA	Absorción Atómica
Calcio	mg /100 g	AOAC 985.35 AA	Absorción Atómica
Sodio	mg /100 g	AOAC 985.35 AA	Absorción Atómica
Hierro	mg /100 g	AOAC 985.35 AA	Absorción Atómica
Arsénico	mg/kg	AOAC 986.15 AA por generador de hidruros	Absorción Atómica/GH
Fósforo	mg/100g	AOAC 995,11	Colorimetría
Plomo	mg /kg	AOAC 999,11	Absorción Atómica
Azúcares Totales. Digestión 72 h (sacarosa)	%	AOAC 923.09	Método volumétrico Lane Eynon
Azúcares Reductores (glucosa)	%	AOAC 923.09	Método volumétrico Lane Eynon
Sulfitos	mg/L	AOAC 975.32 AOAC 990.28	Optimized Monier- Williams Method.

**ANEXO B**  
(Informativo)

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] MINISTERIO DE SALUD. Decreto 3075 de 1997. Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 09 de 1979 y se dictan otras disposiciones. Regulan todas las actividades que puedan generar factores de riesgo por el consumidor de alimentos.
- [2] MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 779 de 2006. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la producción y comercialización de la panela para consumo humano y se dictan otras disposiciones.
- [3] REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Salud. Manual de análisis para panela. 1995