

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUAEMALA.

Facultad de ciencias y humanidades



**Efecto de la temperatura de deshidratación de la masa de maíz
nixtamalizada, sobre las características físicas de la harina
y las características sensoriales de la tortilla.**

Juan Pablo Estrada Hurtado



Guatemala

1998

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUAEMALA.

Facultad de ciencias y humanidades

Departamento de Ciencias de los Alimentos

**Efecto de la temperatura de deshidratación de la masa de maíz
nixtamalizada, sobre las características físicas de la harina
y las características sensoriales de la tortilla.**

Juan Pablo Estrada Hurtado

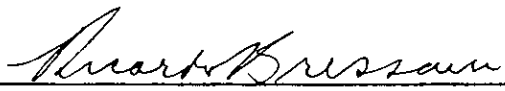
Trabajo de graduación presentado para optar al
grado académico de
Licenciatura en Ingeniería y Ciencias de los Alimentos.

Guatemala


1998

**Efecto de la temperatura de deshidratación de la masa de maíz
nixtamalizada, sobre las características físicas de la harina
y las características sensoriales de la tortilla.**

Vo.Bo. :

(f) 
Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:

(f) 
Lic. Patricia Palacios de Palomo

(f) 
Lic. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) 
Dr. Ricardo Bressani

Fecha de Aprobación: 22 OCT. 1998

DEDICATORIA

A Dios,
Por todo lo que
me ha dado en la vida.

A María y Juan Pablo,
por su comprensión,
colaboración y todo el amor
que siempre me dan.

A mis Padres,
mi ejemplo, mi apoyo y
sobretudo por ser mis
mejores amigos.

A toda mi familia,
por estar siempre conmigo.

AGRADECIMIENTO.

Deseo agradecer muy especialmente al Dr. Ricardo Bressani por su colaboración y múltiples enseñanzas compartidas a lo largo del desarrollo de este estudio.

Además agradezco al Sr. Willy Pérez, por su ayuda y asesoría en la construcción del secador.

CONTENIDO.

RESUMEN	IX
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	2
Proceso de elaboración industrial de tortillas	2
Papel de la cal	3
Papel del agua	4
Producción continua de nixtamal	4
Cambios estructurales	5
Proteínas	6
Almidones	6
Lípidos	7
Calidad de la harina de masa seca	8
Calidad del maíz	8
Deshidratación y secado	9
III. JUSTIFICACION	10
IV. OBJETIVOS	11
V. HIPOTESIS	12
VI. MATERIALES Y METODO.	13
VII. RESULTADOS Y DISCUSION.	20
VIII. CONCLUSIONES	37
IX. RECOMENDACIONES	38
X. BIBLIOGRAFIA	39

APENDICES

40

A. RESULTADOS NUMERICOS

B. DISEÑO DEL EQUIPO

C. RESULTADOS ESTADISTICOS

D. EVALUACION SENSORIAL.

RESUMEN.

El estudio busca determinar el efecto de la temperatura de deshidratación (120°C, 160°C y 200°C) en dos tamaños de grano, obtenidos de la molienda húmeda, y el efecto que esto causa a las harinas de maíz nixtamalizadas y en las harinas a las transformadas en tortillas. Para este cometido se fabricó un secador que tiene la capacidad de secar muestras a distintas temperaturas y de alcanzar una humedad adecuada para la preservación de las mismas.

Estas harinas se someten a análisis sensoriales y funcionales para determinar las diferencias entre tratamientos. Se evalúan el índice de absorción de agua y solubilidad, así como se determina la consistencia y pegajosidad de las masas obtenidas a partir de las harinas y se determina la gelatinización de almidones en estas muestras. Sensorialmente se evalúan tamaños de grano y temperaturas de secado de las harinas obtenidas, en forma de tortillas.

Se busca determinar las temperaturas de secado y tamaño de grano obtenido de la molienda húmeda, que mejores características dejan a las harinas y las tortillas.

Maseca se utiliza de control para los análisis funcionales y sensoriales y se busca determinar las condiciones en que esta harina es procesada.

Se encuentra en este trabajo, que las muestras con tamaño de grano grueso obtenido de la molienda húmeda y deshidratados a temperaturas altas (200°C), se comportan como Maseca, mientras que las deshidratadas a temperaturas bajas y con tamaño de grano fino obtenido de la molienda húmeda, se alejan de este comportamiento.

Se determina con este estudio el efecto de la temperatura de deshidratado o secado y del tamaño de grano obtenido de la molienda húmeda, sobre las propiedades funcionales de las harinas y sensoriales de las harinas vueltas tortilla.

I. INTRODUCCION.

La tortilla es un alimento de alto consumo diario en las regiones de México y Centro América. La palabra nixtamalización es de origen Azteca y se refiere al cocimiento y remojo del maíz en una solución de cal o bien una lixiviación de las cenizas de madera. El término nixtamalización se refiere al proceso de convertir al maíz en un pan plano sin levadura llamado tortilla (Rooney, 1993).

Su elaboración fue importante para el desarrollo de las culturas Mesoamericanas y actualmente forma parte de la base alimenticia de la población guatemalteca. El presente trabajo tiene como fin comprobar los efectos de la temperatura de deshidratación de la masa nixtamalizada sobre sus propiedades funcionales, las cuales afectan las características sensoriales de la tortilla.

Se enfoca básicamente en la evaluación del tamaño de grano obtenido de la molienda húmeda del nixtamal y la temperatura de deshidratación sobre propiedades físicas de la harina, así como sobre las características sensoriales de la harina vuelta tortilla.

Para el cometido de este trabajo se utiliza el equipo de secado por corriente de aire forzado diseñado especialmente para imitar el proceso industrial de deshidratado de masas.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

El proceso de nixtamalización se refiere al proceso de convertir al maíz en un pan plano sin levadura llamado tortilla, el cual se origino en México. La palabra nixtamalización es de origen Azteca y se refiere al cocimiento y remojo del maíz en una solución de cal o bien una lixiviación de las cenizas de madera. El cocimiento alcalino es realizado en México y Centro América hoy en día, utilizando tanto el proceso basado en la tecnología tradicional popular, como los procesos industriales modernos. Por ejemplo la producción de masa a partir de harina (Rooney, 1993).

La tecnología para la producción de tortillas de maíz fue desarrollada por las primeras civilizaciones Meso Americanas. Las tortillas y los alimentos basándose en masa de maíz, son productos primarios para la población mexicana y Centro Americana. Las tortillas se producen utilizando procesos tradicionales e industriales. En los procesos tradicionales, el maíz se cuece en cal en ollas de barro sobre el fuego, seguido de un remojo de 8 a 16 horas. El licor resultante del cocimiento se llama nejayote, el cual se descarta y el maíz cocido es lavado a mano y molido en un molino de piedras llamado metate o bien con molinos operados manualmente para formar una masa fina. La masa se moldea manualmente o se presiona formando discos delgados, los cuales se cocinan en una plancha o comal caliente. Las tortillas de mesa se cocinan durante 15-30 segundos de cada lado y se voltean para que se inflen. Las tortillas de mesa son flexibles y pueden enrollar fácilmente otros alimentos. El inflamiento da como resultado tortillas de textura deseable que envejecen rápidamente. Las sobras, ya sean calientes o fritas se utilizan como tostadas. La producción industrial de productos de maíz ha mejorado rápidamente y los rangos van desde una automatización a operaciones intensas de trabajo (Rooney, 1993).

Proceso de elaboración industrial de tortillas.

El proceso industrial de las tortillas empieza cuando el maíz es cocido con cal en tinas abiertas, por agitación, estufas verticales o marmitas de vapor. El grano es generalmente mezclado con tres partes de agua y 1 % de cal (CaO) basado en el peso del grano y se cocina de 10-45 min a temperaturas que van de 85-100 C. Entonces el nixtamal se remoja por 8-16 horas en una solución caliente de cal. Algunas veces, para elaborar tostaditas se agrega agua fría, para bajar rápidamente la temperatura. Después del remojo, el maíz es inflado con el licor del remojo o se deja caer por gravedad dentro de lavadores. El licor de cocción es drenado, y el nixtamal se lava con agua pasteurizada; casi todo el pericarpio es removido durante el lavado. El nixtamal lavado se aplana entre dos rocas volcánicas talladas radicalmente, una fija y la otra que rola a 500-700 rpm. Durante el aplanado, el nixtamal se desgarran en partículas finas y gruesas, las cuales son amasadas por mezcladores o extrusores que alimentan a la máquina formadora o los rodillos cortantes convirtiéndolos en una masa plástica o cohesiva. El tamaño de partícula de la masa está directamente relacionado con la separación o presión entre las piedras, el tamaño y la profundidad

de las ranuras, el tiempo y la temperatura de cocción y el remojo y el tipo de maíz. Durante la formación, la masa es extendida como una hoja delgada que es cortada por un cortador que rota, posicionado abajo de los rodillos. Las piezas formadas de la masa son transportadas hacia un horno de gas con tres hileras de fuego para ser cocidas a temperaturas de 280-302 C durante 30 - 45 segundos, son enfriadas a temperatura ambiente y empacadas (Serna-Saldivar et al, 1990).

Para la producción industrial de tortillas se adicionan a la masa acidulantes, gomas y agentes antifugales como sorbatos y propianatos para mejorar la vida de anaquel. Los preservantes son adicionados durante el extendido o amasado de la masa (Rooney, 1993).

La harina de masa seca es producida por medio del secado y molienda de la masa extendida gruesamente. La harina de masa seca difiere drásticamente de la harina de la molienda del maíz seco. El uso de la harina de masa seca está creciendo rápidamente debido a que es muy conveniente. La masa extendida gruesamente es secada dentro de largos túneles o torres secadoras en las cuales el aire caliente fluye contra corriente de la masa. El material seco es extendido y cernido. Se puede elaborar un amplio arreglo de productos seleccionando y mezclando flujos de diferente partícula, tamaño y color. La harina con menos del 10 % de humedad tiene una vida de anaquel estable y sólo requiere agua para la formación de la masa. Muchos manufactureros utilizan harina de masa seca ya que no requiere gran labor, equipo o espacio. Los procesadores no tienen que preocuparse por la manera eficiente de deshacerse de los desperdicios. Se requiere un menor control de los tiempos de producción y de prácticas de manufactura. La desventaja de las harinas de masa es el costo y que es un producto con poco sabor y textura inadecuada. En años recientes, la competencia entre proveedores de masa seca ha mejorado significativamente la calidad total y la uniformidad (Rooney, 1993).

El proceso para la producción de harina de masa seca es el mismo como para la reducción de nixtamal, el tiempo de remojo puede ser reducido para que sea de menos absorción de agua. El nixtamal debe ser llevado a una especie de masa, la cual es secada. El secado es el proceso crítico de la operación, y se hace por lo general con una corriente de aire que viaja en contracorriente a la masa, donde se debe llegar a una concentración de 8-10 % de humedad. La masa seca es luego molida a tamaño de partícula deseada por medio del uso de molino de martillo (Serna-Saldivar et al, 1990).

Papel de la cal

El tratamiento con cal facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el remojo, controla la actividad microbiana, afecta en el sabor, olor, color, vida de anaquel y el valor nutricional de las tortillas. La cal actúa de una forma similar al álcali muy fuerte, separando a la fibra de sus componentes, como hemicelulosa. En algunas instancias, las concentraciones elevadas de cal son utilizadas para incrementar el PH a las tortillas a un nivel en el cual el desarrollo microbio es retardado o retrasado. La cal penetra al grano a través del germen, el cual es la parte anatómica que contiene una mayor concentración de calcio después de la cocción y el remojo. La cal también afecta el color de la tortilla. Aun cuando las tortillas sean producidas a partir

de granos blancos, una alta concentración de cal, da como resultado final un color amarillento. La intensidad del color se relaciona íntimamente con los pigmentos carotenoides, flavonoides y PH. Según Bressani et.al (1958) un 21 % de los carotenoides del maíz guatemalteco se pierden durante el proceso de fabricación de la tortilla. La cal afecta directa e indirectamente la cantidad de sólidos que van al sistema de desagüe de la planta. Debido a que sólo una pequeña cantidad de cal es retenida por el grano durante la cocción y el remojo, el resto es descargado al flujo que sale de la planta. Las altas concentraciones de cal incrementan las pérdidas totales del material seco del maíz. El impacto económico de estas pérdidas es el resultado de una reducción en las cosechas y un incremento en los costos del flujo del proceso. La alta demanda de oxígeno del desperdicio de agua de las fábricas de tortillas puede causar daños al medio ambiente, si el flujo no es tratado adecuadamente (Ronney, 1993).

Evidencias arqueológicas sugieren que las cenizas de madera fueron la primera fuente usada para la cocción alcalina en maíz. Hoy día diferentes formas de cal se conocen como CaO y Ca(OH)₂, que actualmente se utilizan cales de grado alimenticio como la quicklime y cal hidratada se usan industrialmente. La cal consiste principalmente de óxido de calcio que contiene menos de un 5% de óxido de magnesio. La solubilidad de la cal disminuye a razón del aumento de la temperatura. Sólo 0.67 g de cal se solubilizan en un litro de agua a 79.5 C, mientras que a 21C se solubilizan 1.2 g/L. Industrialmente la concentración usada es de 3.33 g/L a una temperatura de 85-100 C. Al aumentar la concentración de cal en 1.16g/L eleva el PH a 12.53. El almacenaje de la cal requiere de gran cuidado. No se recomienda almacenar por más de 6 meses la cal, la cual debe estar debidamente empacada (Anonymous, 1982).

Papel del Agua.

El agua se absorbe y liga durante el remojo. Agua adicional es también agregada durante la molienda. La cantidad de agua a usar varía dependiendo de la extensión de la cocción, el cual varía dependiendo del producto a fabricar. La masa tiene un contenido de humedad del 55%. El agua es también crítica en la fabricación de tortillas y chips de harinas de maíz, ya que la textura de la masa se ve influenciada por la cantidad de agua usada para reconstituir la harina (Serna-Saldivar et.al, 1990).

Producción continua de nixtamal.

Bytinge patentó un método para producción continua de nixtamal. El proceso fue diseñado para evitar las grandes variaciones entre batches y para producir nixtamal en menos tiempo, con mayor control de la humedad y uniformidad del producto. Los granos limpios son colocados en una marmita con una solución de cal con Ph de 11-12 y temperatura de 80-176 C. La solución de cal es bombeada a presión por debajo del recipiente, de donde sube hacia cada grano, de la misma forma los granos son evacuados por la parte inferior y lavados controladamente para la eliminación del pericarpio. Luego el nixtamal con un contenido de 50 % se transforma en masa (Serna-Saldivar et.al, 1990).

Luego del remojo los granos son bombeados con dispositivos de bombeo positivo hacia las lavadoras. El nejayote es eliminado y el maíz es lavado a presión por spraying o dispersión. La mayor parte del pericarpio y del exceso de cal es eliminado en este proceso. El lavado industrial se realiza en dos tipos de dispositivo; el lavador de tambor y el sistema "LowBoy" (Serna-Saldivar et.al, 1990).

El proceso de molienda o de formación de la masa se realiza por medio del uso de piedras de moler, de las cuales se cuenta con piedras volcánicas o sintéticas. Una de las piedras conformada circularmente se mantiene móvil mientras que la otra está estática. El tamaño de la partícula está relacionada al tamaño y profundidad de la separación y de las piedras. Para la producción de tortillas de mesa, el nixtamal es cocinado en mayor forma, la separación de las piedras es menor y se aplica más presión para la formación de las hojas (Serna-Saldivar et.al, 1990).

El nixtamal molido es transformado en una masa plástica por medio de extrusores o mezcladores, donde luego se alimenta a los rodillos formadores de hojas. Este proceso es importante para la producción de tortillas las cuales deben medir aprox. 15 cm de diámetro y pesar de 28-30 g (1 Onz). El proceso se inicia cuando la masa molida se alimenta a dos rodillos cubiertos por teflon, los cuales rotan en dirección opuesta. Los rodillos son los encargados del "bombeo" de la masa y de dar forma a las tortillas. La masa con partículas finas y alto contenido de masa forman mejor las hojas de masa (Serna-Saldivar et.al, 1990).

El horneado de las tortillas en el ámbito industrial utiliza fuentes de calor accionadas por gas. El tiempo de residencia varía de 20-40 seg. Los hornos tienen la capacidad de producir un radio que va desde 90 hasta 2,400 docenas por hora. Durante el horneado del 10-12% de la humedad es perdido y dan paso a tortillas con un 38-46% de humedad. El horneado causa la gelatinización del almidón, la desnaturalización de las proteínas y el oscurecimiento leve debido a reacciones de pardeamiento (Serna-Saldivar et.al, 1990).

El proceso de enfriamiento previo al empaque es crucial, las tortillas son aireadas por 3-5 min. para bajar la temperatura de 94-100 C a 25 C. El mal enfriamiento causa problemas microbianos al empacar y las tortillas tienden a pegarse o ponerse "talishites" (Serna-Saldivar et.al, 1990).

Cambios estructurales.

El cocimiento y remojo alcalino causan la disolución parcial de la cutícula y el levantamiento y debilitación de las paredes celulares lo cual facilita que el pericarpio sea removido. El pericarpio usualmente se rompe en el área de cruce de las células tubulares. Las células de la aleurona permanecen intactas y juntas al endosperma periférico. La membrana y las células de las paredes son particularmente degradadas y solubilizadas, y esto es indicado por la pérdida de fluorescencia en las células de las paredes del endosperma periférico. Gran parte del tejido del germen es retenido durante la nixtamalización, la cual afecta positivamente la calidad de la proteína de los productos de masa. Los gránulos de almidón son levantados a través del

endosperma. Aunque las proteínas del endosperma permanecen pegados a los gránulos de almidón, la cocción con cal cambia la apariencia física de los cuerpos proteínicos, por lo menos en algunas áreas del grano (Rooney, 1997).

Los cambios ocurren en las paredes de las células almidonadas del endosperma y la matriz proteínica se debilita especialmente durante el remojo. Cuando el nixtamal es extendido, los componentes del grano preacondicionados por la cocción y el remojo y se rompen, esta cohesión es la causa de la formación de la masa. La masa la forman pedazos del germen, el remanente de pericarpio y las partículas del endosperma que se mantienen juntas como una mezcla unida con pegamento con gránulos de almidón derretidos y hojas de matriz proteínica, y lípidos emulsificados.

Los gránulos de almidón rotos y formados irregularmente se observan en las tortillas suaves después del horneado y en la masa seca después del secado. Los cuerpos proteínicos se expanden, pierden su forma y en algunos casos son físicamente destruidos durante el horneado y secado. El álcali libera a la niacina del maíz y mejora el valor nutricional del maíz (Rooney, 1993).

Proteínas.

El cocimiento con cal altera los patrones de solubilidad de las proteínas del maíz.

Vivas et.al encontraron que la cocción con cal y el horneado de la tortilla reducen las proteínas solubles en sal y agua y las solubles en alcohol e incrementan la cantidad de proteínas inextraíbles. Al freír a las tortillas para elaborar tostaditas se reduce aún más la solubilidad de albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas. Las bandas electroforéticas de las fracciones extraídas de las tostaditas de tortilla son considerablemente más intensas que aquellas de grano crudo. El tratamiento térmico secuencial aplicado durante el proceso, causa interacciones hidrofóbicas, desnaturalización de la proteína y proteínas ligadas. Estos cambios químicos son responsables de la disminución de solubilidad de la proteína y una gran cantidad de proteína insoluble es recuperada en los residuos de las tostaditas de tortilla (Rooney, 1993).

Almidón.

Solamente una pequeña parte de los gránulos de almidón son gelatinizados durante la cocción y el remojo. La susceptibilidad de la enzima del almidón aumenta directamente durante la cocción del maíz con cal, pero el mayor incremento ocurre durante la molienda y el horneado. La mayoría de los gránulos de almidón en la masa del nixtamal bajo luz polarizada, exhiben birefringencia, sin embargo la cruz de malta es menos clara y más amplia que los gránulos de almidón naturales. La estructura de los gránulos de almidón naturales son parcialmente rotos durante la cocción, donde por rayos X, se observa un patrón menos organizado. Sin embargo las alteraciones de la cristalinidad del almidón causado por la cocción se restauran por la recristalinización o templado durante el remojo. La reasociación de las moléculas de almidón pueden afectar significativamente las propiedades reológicas subsecuentes de los productos elaborados a base de masa. Cuando el nixtamal es extendido para formar la masa, los gránulos de almidón se

gelatinizan debido a la fricción de las piedras del molino. En algunas instancias, la molienda puede incrementar la temperatura de la masa de 26 a 52 C. Del 4-7% aproximadamente de los gránulos de almidón pierden completamente su birrefringencia durante la cocción con cal, el remojo y la molienda. Muchos de los gránulos de almidón tienen una forma irregular y la mayoría de las veces sólo alguna parte de los gránulos individualmente exhiben birrefringencia. Estos pequeños, pero significativos cambios en la fracción almidonado del maíz modifica las propiedades pastosas del almidón, y ésto imparte las características de textura a la masa. Del 4-7% del almidón gelatinizado forma una goma que provee una continua malla entre los gránulos de almidón libres y las piezas del endosperma que contiene la masa (Rooney, 1993).

La mayor parte de la birrefringencia y cristalinidad del almidón se pierden cuando los discos de masa son horneados para hacer tortillas. La combinación de calor y una mayor humedad facilitan la gelatinización del almidón en los pasos subsiguientes (Serna-Saldivar et.al, 1990).

Sin embargo, la gelatinización aun está incompleta debido al corto tiempo de horneado. La típica textura de la tortilla, semi plástica, es resultado de estos cambios. El sabor de la tortilla es mejorado por reacciones de encafecimiento de MILLARD que ocurre durante la reducción de azúcares, péptidos y ácidos grasos instaurados (Rooney, 1993).

Lípidos.

Aproximadamente del 1-2% del peso seco de la masa tiene distribuidos libremente a los lípidos a través de esta fase continua. La fracción lipida está parcialmente compuesta por lipida parcialmente emulsificada en la fase acuosa de la masa y lípidos libres que entrecavan, tanto con los péptidos, como con los carbohidratos alterando las propiedades de la masa. Se necesita aun más investigación para evaluar la relación entre los lípidos y la maquinabilidad de la masa, textura, sabor y vida de anaquel de las tortillas (Rooney, 1993).

El maíz cocido con una solución de cal absorbe más agua que al ser cocido sólo en agua. Durante la cocción en cal el grano aumenta su contenido de humedad de 10-12% a 40-42%. El grano absorbe rápidamente agua durante los primeros 15 min de la cocción. Los iones de calcio son llevados por el agua a través del pericarpio, germen y las distintas partes del grano. La absorción de calcio se lleva a cabo de forma similar a la del agua pero en forma más lenta. La mayoría del calcio se retiene en el germen y pericarpio. El calcio se enlaza al almidón; se encuentra aproximadamente 2.9 mas calcio en almidón de granos tratados que en los granos no tratados (Serna-Saldivar et.al, 1990).

Las pérdidas de materia seca del maíz durante la cocción y el remojo varía 7-15% o más, dependiendo del tipo de firmeza del maíz y las condiciones y métodos del proceso. El nejayote, obtenido de un proceso de cocción-remojo típico, está compuesto de 2.8% de sólidos de los cuales el 60% son solubles y el 29 % es ceniza, mayormente cal. En el maíz procesado comercialmente, el total de pérdida de materia seca está distribuido en la cocción-remojo y el lavado. La entereza del grano afecta la pérdida de materia seca, los granos de maíz rotos y cuatrenados producen más pérdidas de materia seca que los granos con cuarteaduras por

opresión. Los diferentes componentes químicos del grano se van perdiendo en diferentes cantidades durante la nixtamalización. El pericarpio que es rico en fibra, es el que más contribuye a la pérdida de materia seca. La opresión física o calor durante el proceso afecta las pérdidas de otros componentes químicos. Las pérdidas totales de almidón, proteínas y lípidos del maíz procesado comercialmente son 5%, 2% y 20% respectivamente de estos componentes presentes en el grano. Sin embargo estos ratios pueden variar cuando se cocina maíz suave con granos. El resultado de la nixtamalización es el desarrollo de una textura plástica, cohesiva, un suave mezcal de piezas grandes del endosperma, gránulos de almidón libres y partículas gelatinizadas de endosperma ligados por medio de una dispersión coloidal. El almidón soluble, hojas de proteínas, y lípidos emulsificados son los principales componentes de esta dispersión coloidal gomosa. Los sólidos insolubles de la masa están formados por partículas grandes, medianas y pequeñas. Las partículas grandes, retenidas en un tamiz No.20, son pedazos de pericarpio, endosperma periférico, el extremo del casquillo y germen. Las partículas medianas y pequeñas son retenidas en un tamiz No.40 y 100 y son endosperma corneo y piezas del germen (Serna-Saldivar et.al, 1990).

Químicamente, las partículas son casi exclusivamente almidón. El contenido de grasa de los sólidos insolubles disminuye gradualmente conforme el tamaño de la partícula disminuye. Los componentes minerales, o cenizas, incluyendo al calcio absorbido, se distribuyen uniformemente en las fracciones de la masa después de la molienda (Rooney, 1993).

Calidad de la harina de masa seca.

La distribución de las partículas según su tamaño es el criterio más importante para las aplicaciones de la harina de masa seca. En harinas gruesas, adecuadas para hojuelas de tortillas fritas, el 50 % de las partículas son retenidas en un tamiz No.40. Por el contrario, sólo del 1-2 % de las partículas pasan por un tamiz No.40 para la masa usada para la elaboración de tortillas de mesa que inflen durante la cocción (Serna-Saldivar et.al, 1990).

Las tostaditas de maíz elaboradas con apariencia esponjosa son frágiles. Las partículas gruesas desgarran la superficie tostada más suave con agujeros uniformes y buena friabilidad en la boca. Las partículas de la harina de masa seca se segregan durante el manejo; usualmente se venden en sacos, y el contenido del saco se mezcla con agua para obtener la masa. El manejo de la harina de masa seca a granel requiere de atención especial para mantener una distribución uniforme de las partículas (Rooney, 1993).

Calidad del maíz.

La calidad de cocción del maíz para ser usado en productos de masa varía. El maíz ideal para procesos alcalinos es aquel que tiene un tamaño uniforme de grano con una cantidad relativa de granos rotos y cuarteados. El grano debe tener un color blanco brillante o un color amarillo, sin granos manchados. La textura del endosperma debe ser dura a intermedia, con un pericarpio que

sea fácil de remover durante la cocción alcalina. Los híbridos producen un maíz con grandes diferencias en las propiedades de la cocción alcalina. Los granos suaves cuecen demasiado rápido, el pericarpio no es removido, las pérdidas de materia seca son excesivas y los costos de desagüe son elevados. El maíz ideal para comida debe poseer un peso de 772kg/m³, una densidad de 1.3 g.cm³ y germen de color blanco o amarillento intenso. Han habido grandes procesos en la producción de híbridos de excelente calidad. Estos son sembrados bajo contrato por los productores de maíz, para la cocción alcalina y molienda seca. El mejor maíz para los procesos alcalinos tiene una textura de intermedia a dura, con una corona esférica, modesto, con abolladuras poco profundas y un pericarpio fácil de remover. Estos híbridos tienen granos que poseen mayor tolerancia a la sobre-cocción, abusos en el manejo y pérdidas reducidas de materia seca por consiguiente. El grano es cosechado y manejado con cuidado para evitar su rompimiento y para eliminar la aflotoxinas (Serna-Saldivar et.al, 1990).

Las tortillas son usadas comúnmente como sustituto de pan. Los productos de maíz cocidos con cal son una fuente importante de energía, proteínas, fibra dietario y calcio para las personas que dependen de estos artículos como alimento principal. La cocción con cal aumenta significativamente la biodisponibilidad de del 2%, la densidad calórica de las tostadas de maíz y tortillas es significativamente mayor que las tortillas de mesa. (Serna-Saldivar et.al, 1990)

Deshidratación o secado.

En general, el secado de sólidos consiste en separar cierta cantidad de agua de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido hasta un valor aceptablemente bajo. El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones, y con frecuencia el producto se extrae de un secador para poseer propiedades muy diferentes (MacCabe y Smith, 1987).

La deshidratación es un importante método de preservación de alimentos, así como su aumento de estabilidad y vida de anaquel, resultan en disminuciones importantes de los costos de almacenamiento y distribución (Toledo, 1991).

Los alimentos deshidratados, hasta cierto grado de humedad, son preservados debido a que la actividad de agua se lleva hasta un nivel en el que la actividad microbiológica no puede ocurrir, y en el que la velocidad de las reacciones de deterioro químico y bioquímico se reducen a un mínimo (Toledo, 1991).

A medida que se vayan desarrollando técnicas de secado que produzcan alimentos convenientes y de buena calidad, se producirán comercialmente más variedades de productos deshidratados. En el presente, entre los principales grupos de alimentos que se deshidratan, se pueden mencionar las bebidas instantáneas en polvo, las mezclas para sopas, diversas especies y otros productos que se utilizan en procesamientos posteriores (Toledo, 1991).

III. JUSTIFICACION

La tortilla es un alimento de alto consumo en nuestra sociedad. Actualmente las tortillas se pueden fabricar con tan sólo agregar un poco de agua a una harina de maíz. Este tipo de harinas facilita en gran manera la elaboración de las tortillas pero, debido a los procedimientos de deshidratación la tortilla cambia sus características originales.

Por lo tanto el estudio se basa en determinar si la temperatura de deshidratación afecta las características sensoriales y funcionales de las harinas y de las harinas vueltas tortillas, así mismo se averiguara si el tamaño de los granos a deshidratar, también influye en las propiedades antes mencionadas.

Industrialmente, donde se busca una producción eficiente, las temperaturas son muy elevadas; la razón de ésto es deshidratar con mayor rapidez un gran flujo de masa que pasa por los túneles. (Serna-Saldivar et.al, 1990)

Es muy difícil encontrar bibliografía que nos muestre las temperaturas de deshidratación usadas industrialmente para la deshidratación de las masas. Con este estudio se podrían encontrar una o varias temperaturas de deshidratación de las masas que mejores características dejen en las harinas y las harinas vueltas tortillas.

Como referencia y punto de comparación se incluirá dentro de los análisis una harina de maíz nixtamalizada del mercado (Maseca) que proporcionará datos que serán de utilidad para relacionar datos obtenidos de las demás harinas. Se busca además estimar la temperatura de deshidratación de los granos utilizada por Maseca.

El estudio proporcionará la siguiente información:

- Datos sobre temperaturas de deshidratación de las masas y tiempos de deshidratado.
- Temperaturas donde las masas guarden mejor sus propiedades funcionales y sensoriales.
- Diferencias en características sensoriales y funcionales de las harinas y harinas vueltas tortilla.
- Cómo afecta el tamaño de grano obtenido de la molienda húmeda a las propiedades funcionales y sensoriales.
- Factibilidad de usar estas temperaturas de deshidratación industrialmente.

IV. OBJETIVOS

A. Generales.

1. Determinar la calidad funcional de las harinas de maíz nixtamalizado y deshidratado a distintas temperaturas y evaluar la calidad sensorial de la tortilla.
2. Utilizar equipo disponible en la universidad para elaborar harinas de maíz nixtamalizado.

B. Específicos:

1. Evaluar el efecto del tamaño de grano del nixtamal a secar y de la temperatura de deshidratación sobre las propiedades físicas de las harinas.
2. Evaluar el efecto del tamaño de grano del nixtamal a secar y de la temperatura de deshidratación sobre las características sensoriales de tortilla a base de harina.
3. Determinar las características funcionales de las harinas a través de WAI, WSI, consistencia, gelatinización de almidón, pegajosidad y el rendimiento en la elaboración de la tortilla.
4. Determinar la aceptación general de la harina vuelta tortilla, para evaluar las propiedades sensoriales.

V. HIPOTESIS.

- El tamaño de grano del nixtamal a secar y la temperatura de deshidratación altera las propiedades físicas de las harinas.
- El tamaño de grano del nixtamal a secar y la temperatura de deshidratación cambia las características sensoriales de la tortilla a base de harina.

VI. MATERIALES Y METODO.

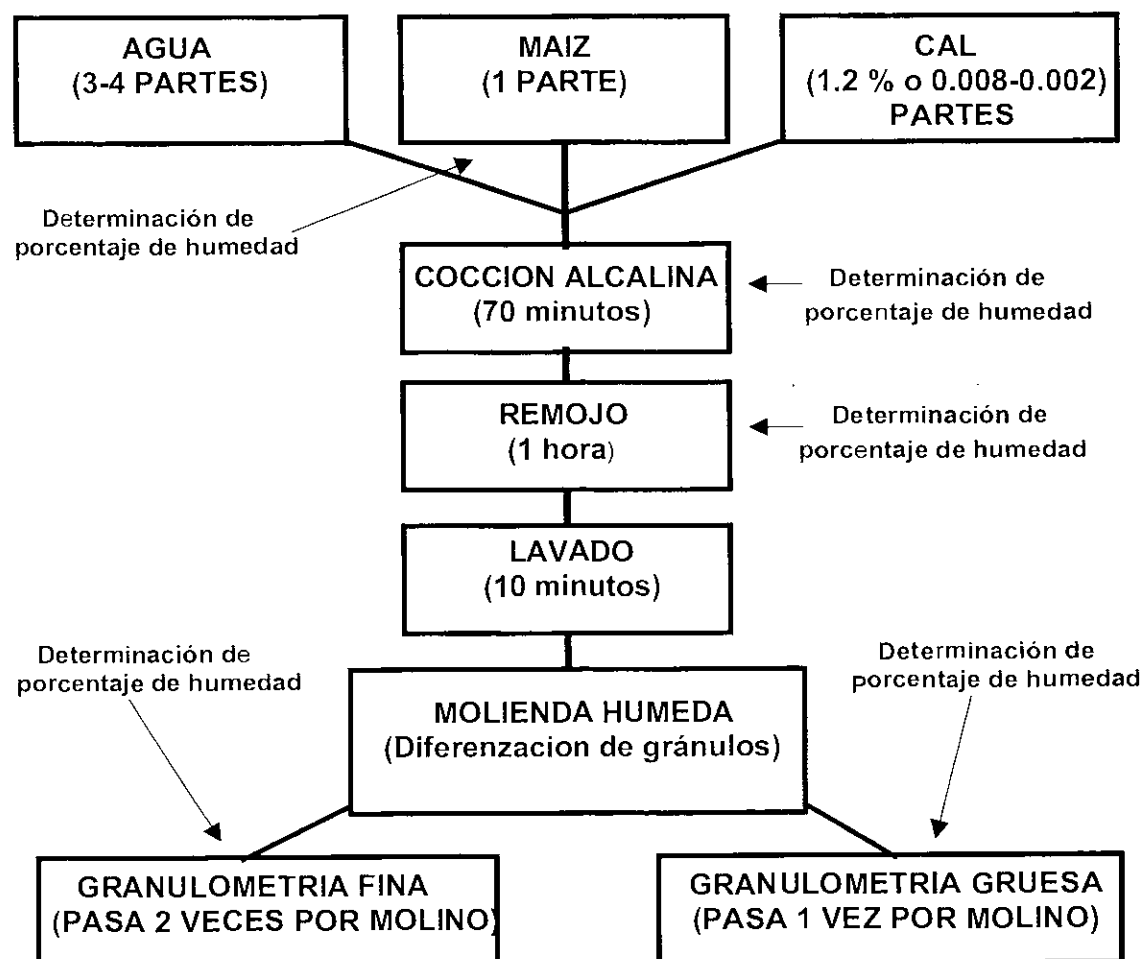
Limpieza y selección:

El maíz se limpia eliminando insectos y agentes externos como polvo, granos secos, troncos, etc. El maíz libre de esos agentes es almacenado en bolsas a las que se les incluye, aparte del maíz, un agente químico en forma de pastilla que ahuyenta a insectos como el "Gorgojo" que pueden estropear el maíz a almacenar.

Proceso de nixtamalización.

Pesado de muestras y componentes: El maíz es pesado junto con los demás componentes en las siguientes proporciones: Agua (3-4 partes), Maíz (1 parte) y Cal (0.002-0.008 partes o el 1.2 %).

El siguiente diagrama describe con detalle el proceso de nixtamalización y la obtención de los tamaños de gránulos, además indica las etapas donde se determinó la humedad de la muestra.



Determinación de humedad.

En cada etapa de la nixtamalización se toman de 4.0 a 5.0 gramos de muestra de maíz y se exponen a calor en horno en condiciones de 105°C por 3 horas (AOAC). El peso inicial es anotado y luego de tres horas de secado, se pesa de nuevo la muestra. El porcentaje de humedad se obtiene al dividir el peso final por el peso inicial y a este dato es restado de 100, con lo que la diferencia proporciona el porcentaje de humedad de la muestra.

Lavado de muestras.

Después de la cocción alcalina y remojo, los granos deben ser lavados y la cascarilla suelta debe, así como las impurezas resultantes de este proceso, ser eliminadas y el agua debe ser drenada para asegurar una limpieza profunda de los granos.

Molienda Húmeda.

El maíz nixtamalizado se hace pasar 1 vez por la unidad de molido de carne, para determinar el tamaño de gránulo grueso y se hace pasar dos veces para determinar el gránulo fino.

Capacidad del secador.

El tamaño de batch no se establece, y sólo depende de la cantidad de muestra que se desee deshidratar. La bandeja tiene capacidad para sostener y deshidratar un aproximadamente 358.60 g de maíz. A partir de este dato se debe calcular la cantidad de maíz que se desea deshidratar y estimar el número de muestras a secar por cantidad de maíz nixtamalizado obtenido.

Identificación de muestras.

Con las muestras molidas y los tamaños de grano determinados, se identifican las muestras según el número de repetición, la temperatura de secado a usar y por último con el gránulo usado.

Cálculos previos al secado.

El tamaño de batch a secar es de 358.60 g, la humedad de las muestras luego de la molienda húmeda es de cerca de 50 %. Se calcula el peso a alcanzar por la muestra al 5 % de humedad.

Proceso de secado.

Las muestras (358.60g) son colocadas sobre la bandeja de secado dentro del secador, con la temperatura de secado ya seleccionada. Las lecturas sobre el cambio de peso se registran cada 10 minutos inicialmente y cada 5 minutos cuando ya se acerca al peso buscado.

Al alcanzar el peso buscado se retira la muestra del secador y se prepara la muestra para el almacenamiento.

Manipuleo post-deshidratación.

La muestra no puede ser almacenada de inmediato en bolsas de papel o de plástico. Cada muestra debe reposar y equilibrar temperaturas por lo menos por 20 min. Luego de ese lapso las muestras están listas para ser colocadas dentro de cualquier recipiente o bolsa que lo mantenga aislado de la humedad del ambiente.

Molienda seca

Los gránulos secos son molidos por dos o tres unidades de molienda, donde el tamaño de partícula se determina según las evaluaciones a realizar por cada muestra. Las muestras determinadas a evaluaciones sensoriales se pasan por dos unidades de molido y las muestras determinadas a análisis funcionales se pasan por tres unidades de molido.

La primera etapa de molienda es el molino de martillos (ofrece pérdidas del 10%). La muestra es alimentada y se obtiene una harina con granulometría mesh 60.

La segunda etapa de molido es el molino Raymond (INCAP) (ofrece pérdidas del 3%) donde las muestras obtienen un tamaño de partícula correspondiente a mesh 80. De estas dos etapas se obtienen muestras listas para determinaciones sensoriales.

La tercera unidad de molido es el molino UDY(UVG) (pérdidas del 3%) el cual ofrece un tamaño de partícula correspondiente a mesh 100. De esta etapa de molido se obtienen muestras listas para determinaciones funcionales.

Análisis funcional

Índice de absorción de agua (WAI): Consiste en la obtención en peso de gel por gramos de muestra seca. Se toma 2.5 g de harina (menor mesh 60), se le adicionan 30 ml de agua destilada a 30°C y se colocan en tubo de centrifugación de 50 ml. Previamente se debe tarar en tubo de centrifugación y una vez colocada la muestra dentro del tubo se agita por 30 minutos. La muestra es centrifugada a 3000 RPM x g x 10 minutos. Pesar el gel obtenido en el tubo y verter el sobrenadante en cajas petri previamente llevadas a peso constante(AOAC). Calcular el WAI para el peso de gel obtenido.

Índice de solubilidad de agua (WSI): Consiste en la cantidad de sólidos secos recuperados de la evaporación del sobrenadante del agua de absorción y se expresa en porcentaje de sólidos secos en la muestra de 2.5 g.

Gelatinización de almidones: La susceptibilidad de las muestras a la gelatinización alcalina fue determinada por Wootton & Munk. 200 mg de harina se suspenden en 10 ml de solución KOH (0.1-0.5 M). Luego de agitación y de reposo por 10 minutos, se ajusta el volumen a 100 ml con

agua destilada y se centrifuga a 300 x g x 5 minutos. Una alícuota de 1 ml se neutraliza con HCl y 0.1 ml de solución I₂-KI (10 mg I₂+40 mg de KI/ml). El volumen se ajusta a 100 ml y se mide la absorbancia a 600 nm luego de 15 min.

Pegajosidad: La pegajosidad se determina usando un método utilizado un alimento producido del maicillo del tó, una semilla que presenta alta pegajosidad. La determinación consiste en colocar una muestra uniformemente, con una relación de aguamarina determinada (33 ml de agua a 30°C y 12 g de harina) las cuales se unen para formar una pasta, en un dispositivo como el que se muestra en el apéndice B. La pegajosidad de la muestra mantendrá junta a las dos superficies y un peso de agua determinado por cada pegajosidad de las muestras, hará que se desprendan las partes. El peso del agua necesaria para desprender la muestra de estas superficies, aunado con la gravedad, se utiliza para determinar la fuerza requerida por cada muestra para ser separada de las superficies. Quedando determinada así la pegajosidad para cada muestra. El agua es contabilizada utilizando una bureta que deja caer las gotas a un ritmo de 1 gota por segundo.

Consistencia: El consistómetro determina la consistencia de cada muestra. Una relación de aguamarina igual a la utilizada por la pegajosidad, y bajo las mismas a condiciones, se utiliza para esta determinación. La consistencia está dada por el tiempo que tarda una muestra en llegar a una marca determinada. En este caso se toma la marca como 10 cm de longitud. La muestra se coloca dentro de una cámara con compuerta y al abrir la compuerta se toma el tiempo en que la muestra tarda en llegar a la marca determinada. Así se registra la consistencia de las harinas

Análisis sensorial

La evaluación sensorial se lleva a cabo con 10 panelistas a quienes se les explicó el procedimiento de obtención de las muestras y por consiguiente la importancia que estos parámetros representan para la evaluación sensorial. Se preparó el cubículo a cada panelista utilizando paneles separadores y propiciando un ambiente agradable al participante.

Preparación de las muestras: Las tres repeticiones de harinas obtenidas para cada tratamiento se unen y se preparan para formar la masa. El agua necesaria para formar la masa se proporciona en forma gradual y se miden los mililitros usados hasta alcanzar la pasta deseada o sugerida por la tortillera. Con la masa lista se pesan 0.07Kg o aproximadamente 70 g de masa por tortilla y se colocan en la hornilla donde se cuecen. Esto se repite para cada muestra de harinas.

Presentación de muestras: A cada panelista se le presentan cuatro muestras en cada evaluación en porciones pequeñas. Las muestras se presentan en un plato sobre una hoja de papel donde se indican los códigos de cada muestra a evaluar. Las muestras van acompañadas de las boletas de evaluación las cuales se muestran en el apéndice D. Las muestras se codifican con tres cifras como lo muestra la tabla No.7 y se ordenan en la boleta aleatoriamente.

Análisis de evaluaciones: Para el análisis de datos se utiliza la prueba de ordenamiento por rangos donde se obtienen comparaciones de todas las muestras entre sí y además ofrece una comparación entre una referencia y varias muestras. Los resultados de esta evaluación se presentan en la tabla No.8 y 9 de la sección de Resultados.

Relabilidad

Esta característica se determina por medio de tomar un extremo de la tortilla y enrollándolo hacia dentro se comprueba si resiste al rodamiento y no presenta rotura. Para este cometido se necesita la elaboración de tortillas delegadas.

Rendimiento

El rendimiento se determina con el resultado de tortillas obtenidas por cantidad de masa. La cantidad es tablada en la tabla No. 11 de la sección de resultados.

Materiales y Equipo.

Cocción alcalina.

Materiales	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Maíz ◆ Agua purificada ◆ Cal grado alimenticio. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 2 ollas de acero inoxidable (10 litros) ◆ Estufa de gas cocera. ◆ 2 paletas de madera ◆ 1 taza medidora (500 ml).

Molienda Húmeda

Materiales	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Granos de Maíz nixtamalizados y lavados. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Molino para carne.

Secado

Operación	Materiales	Equipo
Deshidratación de muestras	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Granos nixtamalizados y con granulometrias distintas. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Secador con corriente de aire (Apéndice B)
Determinación de humedad	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Muestras de maíz en las distintas etapas de nixtamalización 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Horno Fisher Scientific Isotemp Modelo 630 G. ◆ 8 Cajas perti. ◆ Balanza Mettler TYPE H6 DIG. Cap. 160 gramos.

Molienda seca.

Materiales	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Maíz deshidratado. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Molino de martillos (INCAP) Mesh 60 ◆ Molino Raymond, TYPE 2. Mesh 80 ◆ Molino UDY (UVG) Mesh 100

Indice de absorción de agua.

Materiales	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Harina de maíz mesh 100 ◆ Agua a 30°C. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 6 tubos de centrifugación de 50 ml ◆ 8 Cajas de evaporación (PYREX) ◆ Beakers de 100, 200, 500 y 1000 ml. ◆ Balanza Mettler type H6 DIG. Cap. 160 gramos. ◆ Triple Beam Balance 2610 g OHAUS ◆ Centrifuga Clinical Centrifuge IEC ◆ Estufa Corning STIR/HEAT PC-351

Indice de solubilidad de agua.

Materiales	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sobrenadante de determinación de WAI 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Horno Fisher Scientific Isotemp Modelo 630 G.

Gelatinización de Almidón.

Materiales	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Solución de KOH (0.1-0.5 M) ◆ Agua destilada ◆ HCL (99 pureza) ◆ Solución de I₂-KI (10mg I₂ + 40 mg de KI/ml) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 6 tubo de centrifugación de 50 ml ◆ Beakers de 100, 200 y 1000 ml ◆ Balones volumétricos de 100 y 1000 ml ◆ Balanza Mettler TYPE H6 Dig. Cap. 160 gramos. ◆ Centrifuga Clinical Centrifuge IEC. ◆ Mezcladora Vortex ◆ Alicuotas de 10 ml ◆ Espectrofotometro VIS-UV

Consistencia.

Materiales	Equipo
♦ Harina mesh 100 ♦ Agua destilada	♦ Consistómetro con escala graduada. ♦ Beakers de 100 ml ♦ Cronómetro.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION.

El registro detallado de los resultados numéricos se encuentra en el apéndice A de este documento, así como los cálculos y resultados estadísticos aparecen en el apéndice C.

Diseño del Secador.

El secador para el deshidratado de los granos de maíz nixtamalizados, se construyó aprovechando la existencia de una tolva en el laboratorio de operaciones unitarias de la universidad. Esta tolva puede ser conectada a un sistema que genera una corriente de aire, cuya velocidad de entrada puede ser variada, intercambiando la faja de poleas o graduando un damper en la succión de aire del sistema. El diagrama que muestra la conformación de equipo y las especificaciones del mismo, se muestra en el apéndice B de este documento.

El secador posee un aislamiento interno de fibra de vidrio de 2" de espesor, que está cubierto de latón, con lo que se consigue mantener el mayor calor posible dentro de la cámara, evitando pérdidas por conducción a través de las paredes de madera.

La precisión para mantener las temperaturas constantes, se ve afectada por el flujo de aire, el cual debe ser variado oportunamente, y por el switch del reostato que debe encender con sincronía.

Las temperaturas utilizadas fueron 120°C, 160°C y 200°C, quedando codificadas las mismas como A, B y C respectivamente. Las temperaturas establecidas no son constantes y varían en un rango de $\pm 15^\circ\text{C}$.

Preparación de Muestras.

Las muestras fueron codificadas con tres cifras donde el significado de cada cifra se describe en la siguiente tabla:

Tabla A-1: Codificación de Muestras.

1ª. Cifra	2ª. Cifra	3ª. Cifra
Repetición	Temperatura	Tamaño de grano
1ª, 2ª o 3ª.	A=120 °C; B=160°C; C=200°C	1=FINA; 2=GRUESO

El procedimiento de preparación y nixtamalización se describe detalladamente en la sección de Materiales y Métodos de este documento.

Los granos se seleccionaron y limpiaron antes de proceder a la nixtamalización y secado de los mismos. El maíz fue nixtamalizado con el fin de dar a los granos las características adecuadas para la elaboración de las harinas. La humedad del grano fue determinada en cada proceso de producción de la harina, que reporta un promedio de 5.97% de humedad en grano

crudo, 50.83% de humedad luego de la cocción, 54.84% luego del remojo y luego de la molienda humedad, donde se obtiene la diferenciación de los tamaños de grano, siendo el tamaño de grano 1 o fino, el que se hizo pasar dos veces por la unidad de molido y el tamaño de grano 2 o grueso, el que se hizo pasar una vez por la unidad de molido antes mencionada. El promedio de humedad obtenido en esta etapa del proceso presenta para tamaño de grano grueso 44.67 %, mientras que para tamaño de grano fino se registra 46.33%. El tamaño de grano fino contiene más humedad debido a que al moler más el grano, los mismos se quiebran y se presenta más dispuesta la materia para la absorción de agua.

Con estas humedades se determinó el peso aproximado de salida por batch del secador, para obtener muestras con la humedad adecuada para preservar posteriormente las harinas.

Secado de Muestras.

El tiempo de secado varió respecto de la temperatura de secado usada y el tamaño de grano. Las gráficas 1, 2 y 3 muestran el comportamiento de secado de cada grupo de muestras, las que presentan comportamientos de secado similares a las presentadas por una típica curva de secado. El tiempo de secado fue menor al tamaño de grano fino y mayor al tamaño de grano grueso. Esto se debe indudablemente a que la transferencia de calor y posterior extracción del agua libre, se hace más rápida en granos pequeños (centro de grano a menor distancia) que en granos grandes (distancia a centro más alejada).

Molienda seca.

Las muestras se obtuvieron con condiciones que favorecían la preservación de las mismas (5% Humedad o menos) y se molieron en varias unidades para obtener el tamaño de partícula requerido para cada análisis.

Las muestras luego de secas pasan por dos o tres unidades de molienda. Las muestras que requerían un análisis funcional pasaron por tres unidades de molido (Martillos(INCAP), Raymond (INCAP) y UDY(UVG)), mientras que las muestras para análisis sensorial pasaron por dos unidades (Martillos(INCAP) y Raymond (INCAP)). Todas las muestras perdieron 10 % de su peso original al pasar por el molino de martillos y 3% al pasar por el molino Raymond o Udy. Las muestras usadas para análisis sensorial presentaron un tamaño de partícula correspondiente a mesh 80 y las muestras para análisis funcional se presentaron con tamaño de partícula correspondiente a mesh 100.

Las muestras presentan sensibilidad al calor creado por la fricción de la molienda, por lo tanto los datos obtenidos presentaron un comportamiento no usual o lineal para las distintas determinaciones, pues el calor que se genera en los procedimientos de molienda afecta los resultados obtenidos en general.

GRÁFICO No.1: TIEMPO DE SECADO VRS. PESO DE MUESTRAS SECADAS A 120°C (TAMAÑOS DE PARTICULA 1 Y 2)

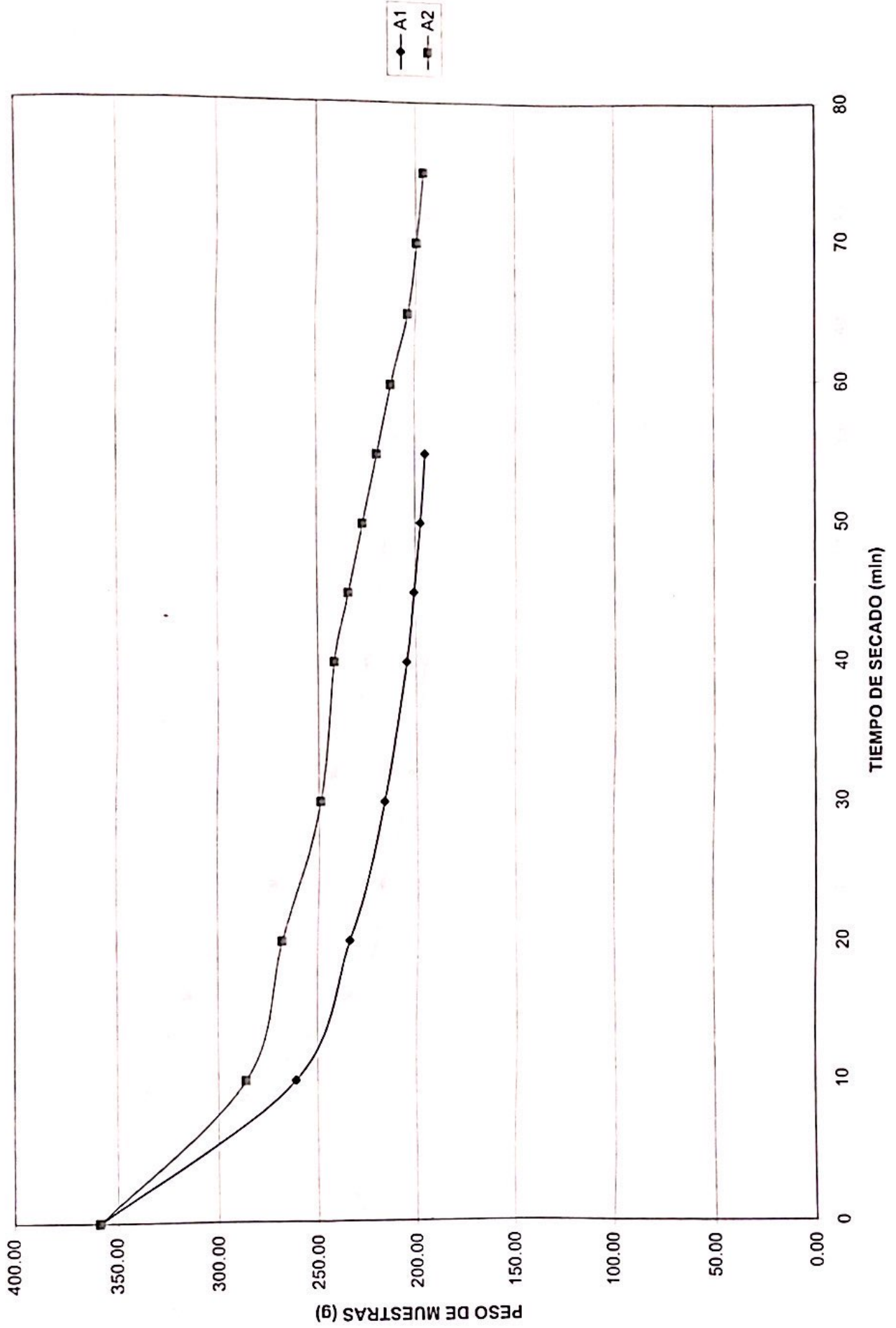


GRAFICO No.2: TIEMPO DE SECADO VRS. PESO DE MUESTRAS SECADAS A 160°C (TAMAÑOS DE PARTICULA 1 Y 2)

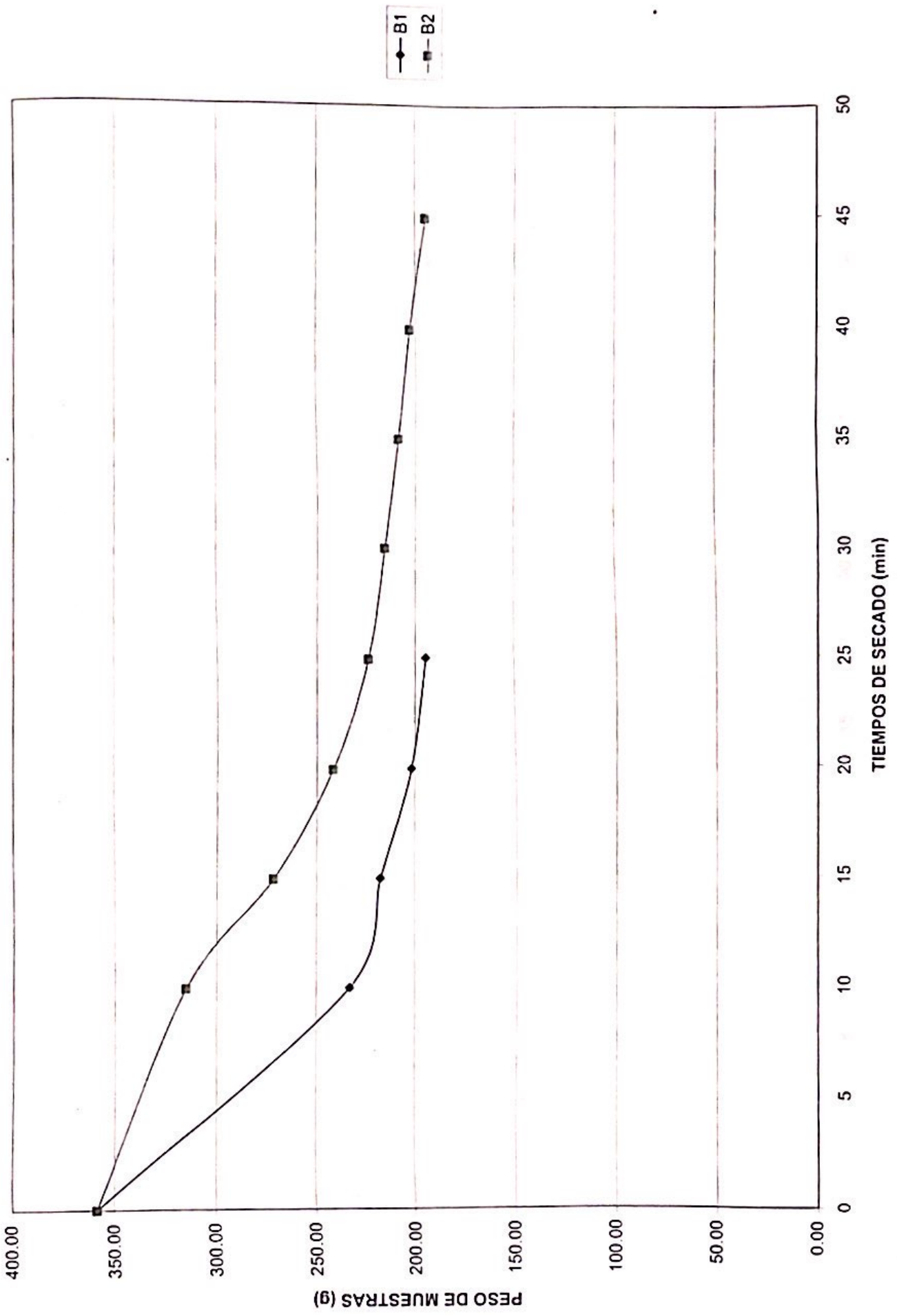
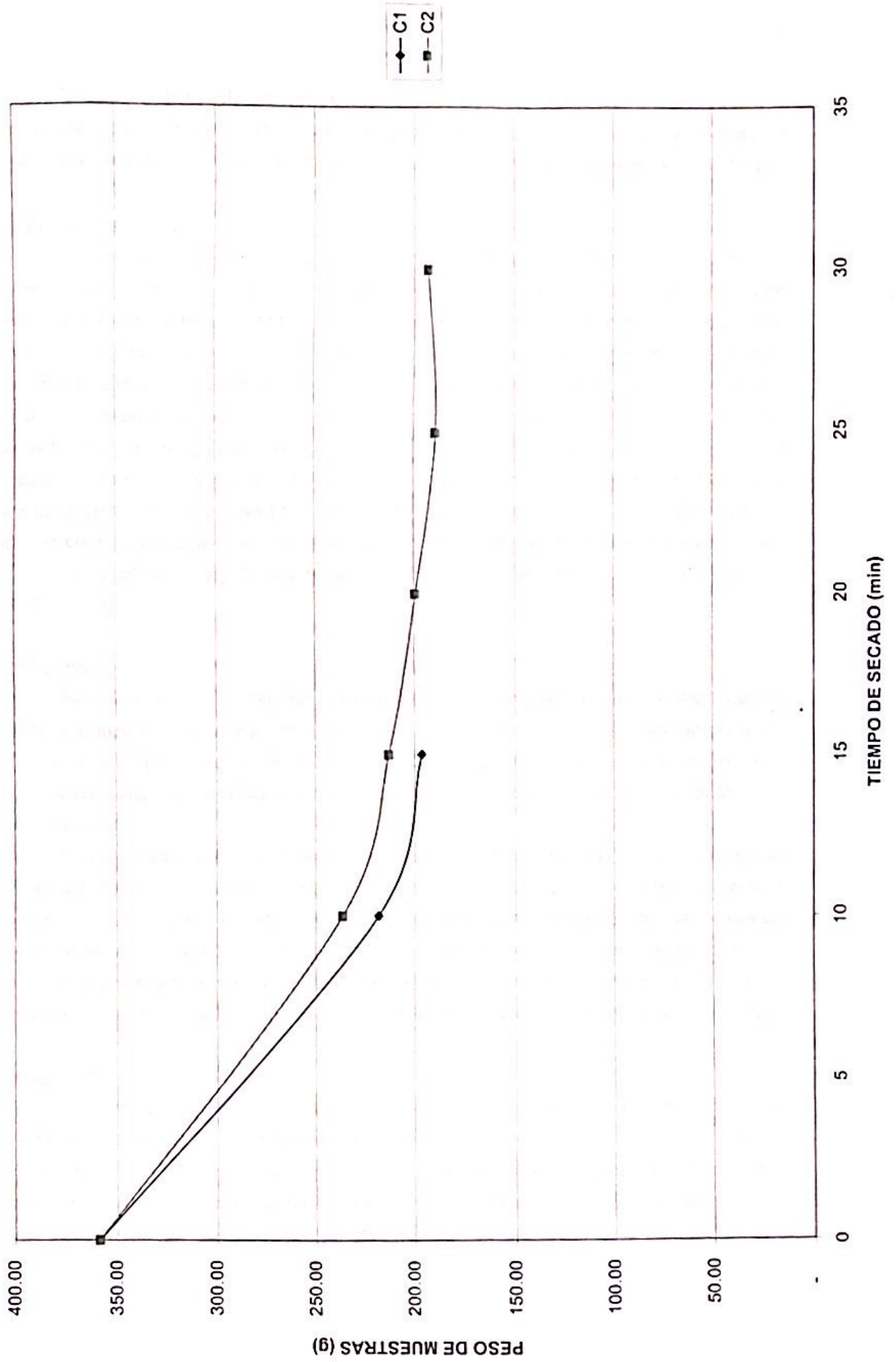


GRAFICO No.3: TIEMPO DE SECADO VRS. PESO DE MUESTRAS SECADAS A 200°C (TAMAÑOS DE PARTICULA 1 Y 2)



Con las muestras listas para las evaluaciones se realizaron análisis sensoriales y funcionales a las muestras. Todos los resultados obtenidos de las pruebas funcionales se presentan en la Tabla No.1: Resultados de evaluaciones funcionales para tamaño de grano 1 y 2.

Gelatinización de almidón:

La gelatinización se determinó por medio del método de Blue Value, donde se mide la absorbancia de la muestra a 600 nm. El gráfico No.4 muestra que las muestras con tamaño de grano fino obtenido de la molienda fina y secadas, presentan menos gelatinización de almidón que las muestras de tamaño de grano grueso. Esta determinación se ve afectada por error introducido debido a las diferentes moliendas a las que fueron sometidas las muestras. Se puede notar que Maseca presenta una absorbancia baja comparada con las muestras de tamaño de partícula fina, y presenta más un comportamiento como el de muestras de partícula gruesa. El nivel de absorbancia bajo indica que existe una gelatinización de almidón mayor para las muestras. Estos resultados se muestran en la tabla No.1: Resultados de Evaluaciones Funcionales. Se encuentra relación entre las muestras con tamaño de grano grueso y Maseca. El análisis estadístico revela que no existe diferencia significativa entre algunas muestras con tamaños de grano tratados a 160°C y 200°C.

Consistencia:

Para determinar la consistencia, las muestras se hicieron pasar por una canal con escala, donde el tiempo en que la muestra llegaba a una marca determinada, registraba el grado de consistencia de cada muestra. La relación utilizada harina: agua para esta determinación fue de 12 g de harina nixtamalizada a las distintas temperaturas y 33 ml de agua destilada a 35°C de temperatura.

De los resultados de la tabla No.1 y la gráfica No. 5 se puede observar que las muestras con tamaño de grano fino secado, presentaron menos consistencia que las muestras con tamaño de grano grueso. Maseca en este caso presentó una consistencia bastante alta que registra un tiempo de recorrido de 2.5 min de lo que nos indica al igual que la pegajosidad, que la temperatura de secado de este tipo de muestra debe ser más elevada de la que se utilizó para el secado de las muestras. El análisis de varianza muestra que hay diferencia significativa entre todas las muestras.

Pegajosidad:

Esta propiedad se determinó usando un aparato que proporcionaba un dato de peso, el cual se transformaba en una medida de fuerza que proporcionaba la diferencia entre una y otra muestra. El esquema para este aparato se muestra en el apéndice B. El procedimiento detallado con el que se llevó a cabo este experimento se describe en la sección Materiales y Métodos.

La gráfica No.6 muestra el comportamiento de las muestras.

TABLA No 1: RESULTADOS DE EVALUACIONES FUNCIONALES GRANULOMETRIA FINO (1) Y GRUESO(2)

TEMP.	MUESTRA	WAI	WSI	CONSIS	PEGA	ABSORB
120	1A2	228	5.04	0.18	0.18	0.05
160	1B2	240	4.19	1.19	0.18	0.11
200	1C2	385	4.34	1.31	0.14	0.08
295	M	277	3.39	2.56	0.17	0.07
120	1A1	240	5.09	0.49	0.10	0.09
160	2B1	227	5.57	0.76	0.10	0.18
200	2C1	237	4.89	0.89	0.14	0.10
RETEY. ENTRE GRANULOMETRIAS						
		0.18	0.31	0.41	0.02	0.04

TABLA No.2: ANALISIS DE VARIANZA ENTRE MUESTRAS DE UN MISMO TRATAMIENTO.

DETERMINACION	DATOS OBTENIDOS DE ANALISIS DE VARIANZA			S/G.	NO EXISTE DIF. SIGNIFICATIVA ENTRE 1A1, 2C1 Y 1A2, 2B1 1A1, 1A2
	Fm	Fj	F		
WAI	158.12	0.31	158.12	0.049	1%
WSI	139.82	2.55	139.82	0.156	1%
CONSISTENCIA	137.81	1.084	137.81	0.12	5%
PEGAJOSIDAD	81.84	0.22	82.84	0.012	1%
ABSORBANCIA	81.002	1.045	81.002	0.068	5%

TABLA No 3. CORRELACIONES ENTRE DETERMINACIONES Y COEFICIENTE DE DETERMINACION

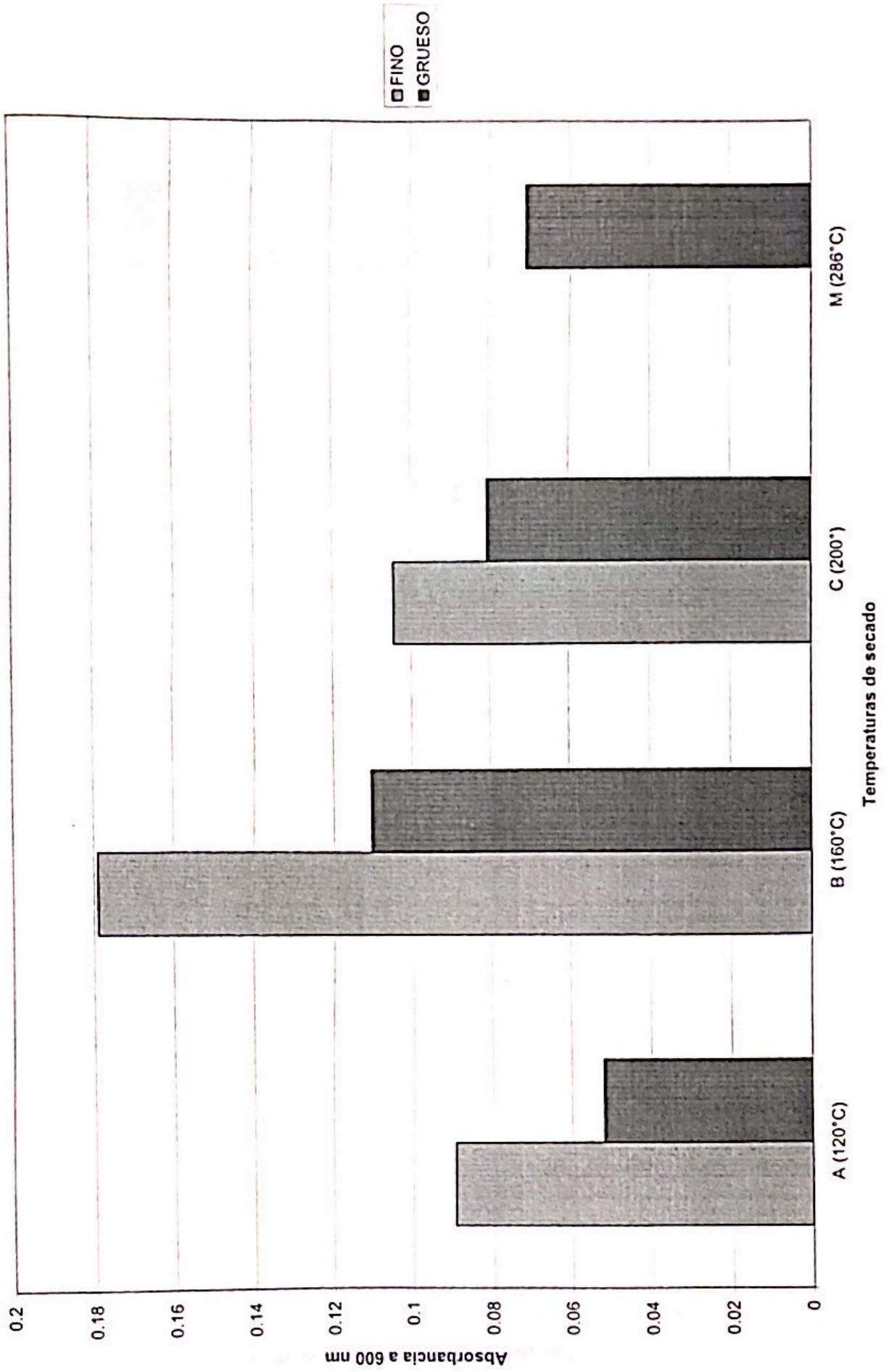
GRANULOMETRIA	DETERMINACIONES	1		2		1		2		1		2	
		WAI	r2	WAI	r2	WSI	r2	WSI	r2	CONSISTENCIA	r2	CONSISTENCIA	r2
1	WAI												
2	WAI	-0.77	59%										
1	WSI			-0.93	86%								
2	WSI					-0.26	7%						
1	CONSISTENCIA	-0.33	11%	0.99	98%								
2	CONSISTENCIA					-0.91	83%						
1	PEGAJOSIDAD	0.36	13%	0.22	5%			0.87	46%				
2	PEGAJOSIDAD					-0.22	5%			0.51	26%		
1	ABSORBANCIA	-0.31	9%			0.8	65%			-0.62	39%		
2	ABSORBANCIA			0.78	60%					0.75	56%		
												-0.14	2%

TABLA No 4: RENDIMIENTO DE TORTILLAS

MUESTRA	PESO HARINA (kg)	PESO AGUA REQUERIDA (kg)	PESO MASA TORTILLA (kg)	PESO MASAY TORTILLA (kg)	RENDIMIENTO	
					NO. DE TORTILLAS	PORE DE MASA
MASECA	0.3	1140	1.97	0.87	33.90	
A1	0.5	1000	1.87	0.87	24.00	
A2	0.5	1000	1.81	0.87	21.00	
B1	0.5	1125	1.78	0.87	28.00	
B2	0.5	1125	1.78	0.87	25.00	
C1	0.5	1140	1.81	0.87	28.00	
C2	0.5	1140	1.83	0.87	27.00	

● ● **GRAFICO No.4**

**Gelatinización de Almidón para muestras secadas a distintas temperaturas.
Absorbancia a 600nm.**



● ● **GRAFICA No.5.**

Consistencia para muestras secadas a distintas temperaturas.

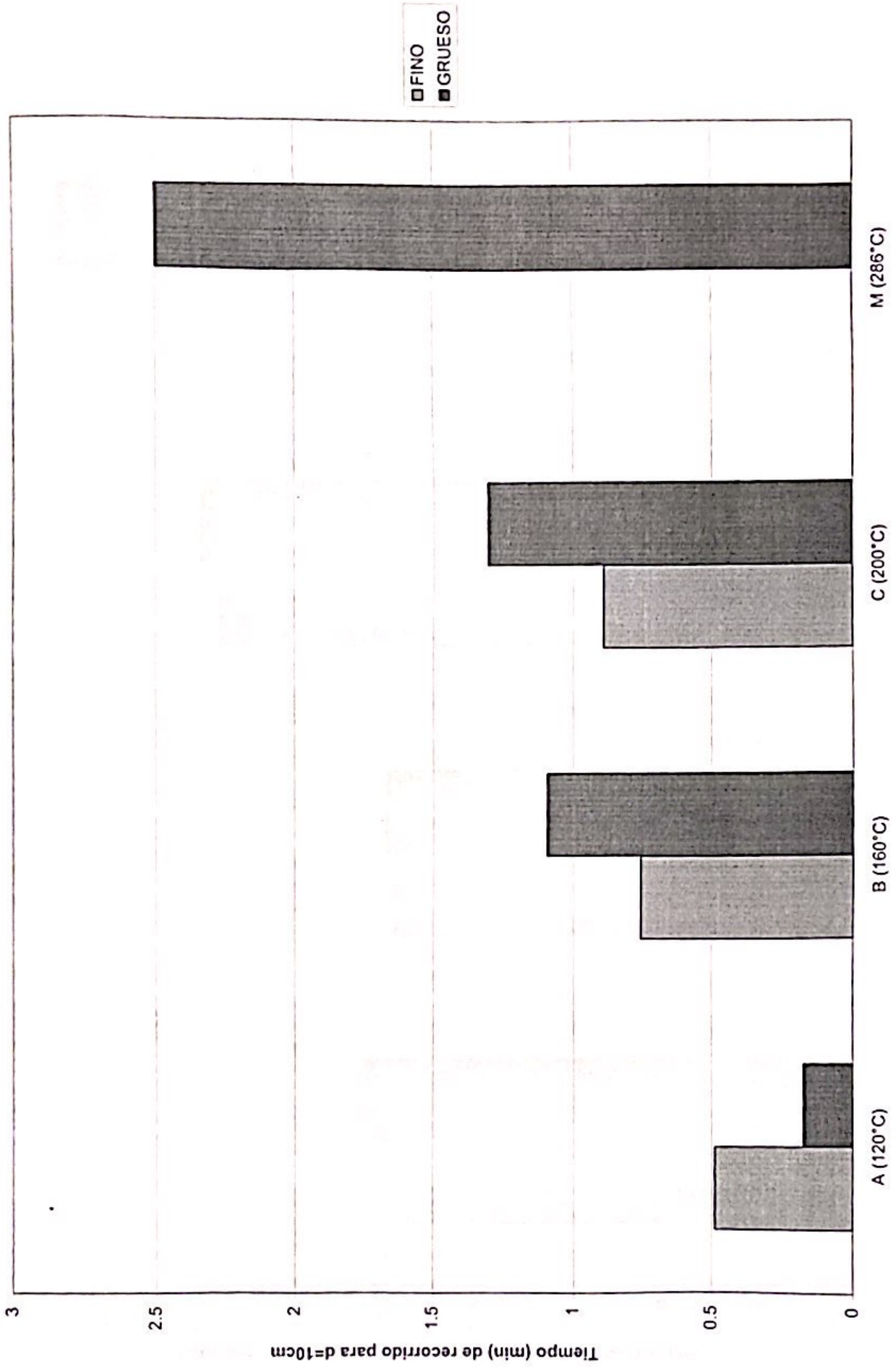
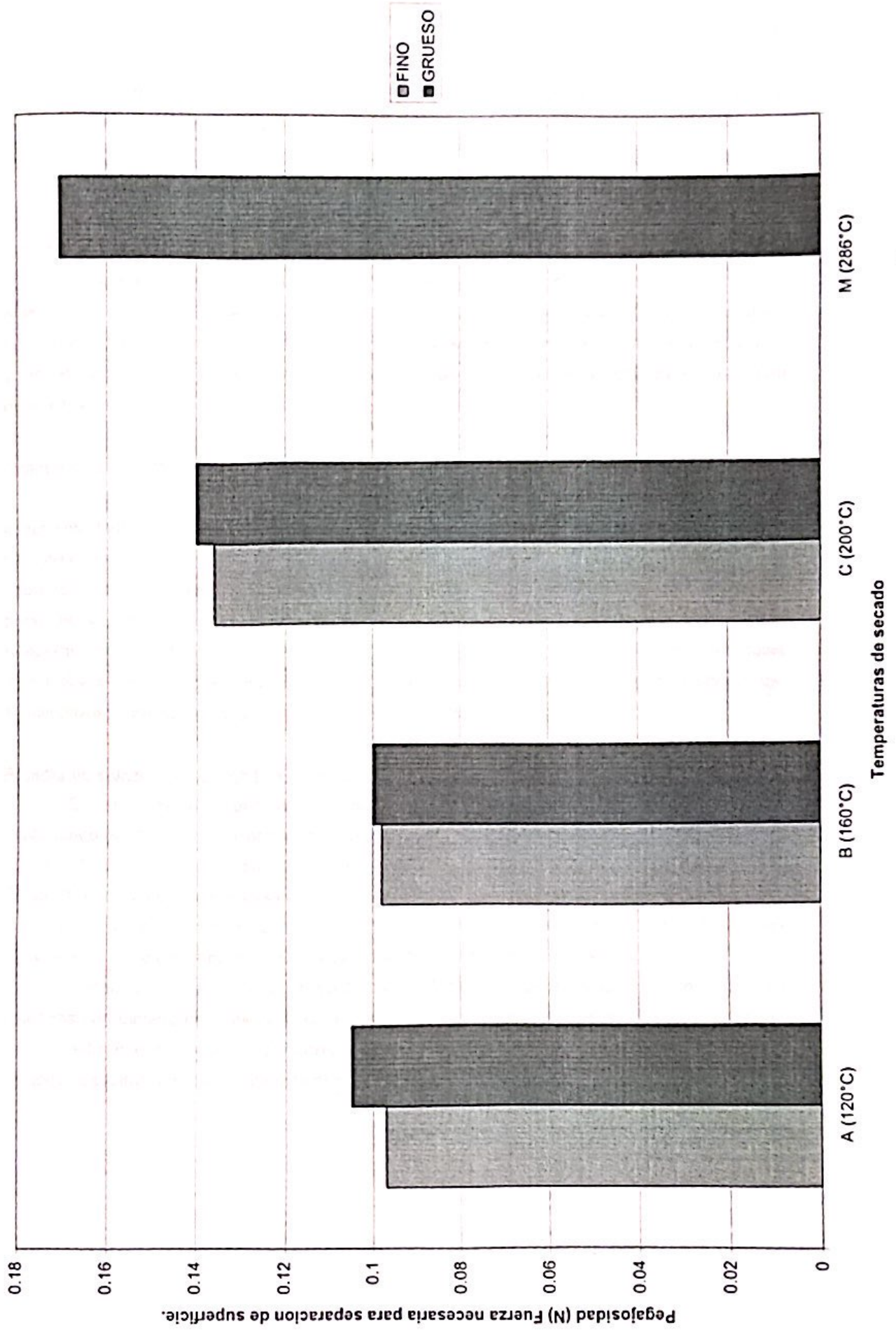


GRAFICO No.6.

Pegajosidad para muestras secadas a distintas temperaturas.



Se determino que las muestras con tamaño de grano fino presentaban menos pegajosidad que las muestras con tamaño de grano grueso secado. Esto se debe a que el calor de secado propició la gelatinización de los gránulos de almidón, lo que ocurre con altas temperaturas. Maseca presenta una pegajosidad de 0.17 N dato bastante alto comparado con los obtenidos para las demás muestras, lo que se debe a que la temperatura de deshidratación para este producto es bastante elevada.

Estadísticamente existe diferencia significativa entre todas las muestras comparadas con Maseca y con muestras secadas a 200°C, pero no se encuentra diferencia significativa entre datos de algunas muestras tratadas a 120°C y a 160°C con distintos tamaños de grano. En la tabla No.1 y en el apéndice C: Análisis Estadístico, se muestran los distintos resultados para esta determinación.

Análisis de Índice de absorción de Agua (WAI):

El índice de absorción de agua, el cual está dado en g de gel por gramos de muestra, cuyos resultados están representados en el gráfico No.7, presenta cambios cuando se variaba el tamaño de grano y la temperatura. A tamaños de grano grueso, aumenta el índice de absorción de agua de la misma manera que aumenta la temperatura. El índice de absorción de agua de Maseca presenta un índice mayor de absorción, por lo que se puede asumir que Maseca es secado a temperaturas más altas y a tamaño de grano grueso. El análisis de varianza presenta diferencias significativas del 1% entre tamaños de grano y temperaturas, pero no se registran diferencias significativas entre las muestras 1A1 y 2C1 así como entre 1A2 y 2B1.

Análisis de Índice de Solubilidad de agua(WSI):

El índice de solubilidad de agua esta dado en g de muestra seca por g de muestra multiplicado por 100, y normalmente disminuye a mayor índice de absorción de agua. Las muestras con tamaño de grano fino, presentaron en general, como lo muestra el gráfico No. 8, mayor índice de solubilidad al de las muestras con tamaño de partícula gruesa. El análisis estadístico muestra que las muestras tratadas a 120°C y de ambos tamaños de grano, no presentan diferencias significativas, pero existe diferencia significativa al 1% entre las demás muestras.

Maseca presenta un índice de solubilidad de 5.39, dato que al compararlo con las demás muestras con tamaño de grano grueso, se presenta elevado, pero al correlacionar los resultados, se encuentra que existe un comportamiento inverso entre WAI y WSI, no afectados ni desviados del todo los datos obtenidos para esta determinación.

● ● **GRAFICO No.7**

WAI para muestras secadas a distintas temperaturas.

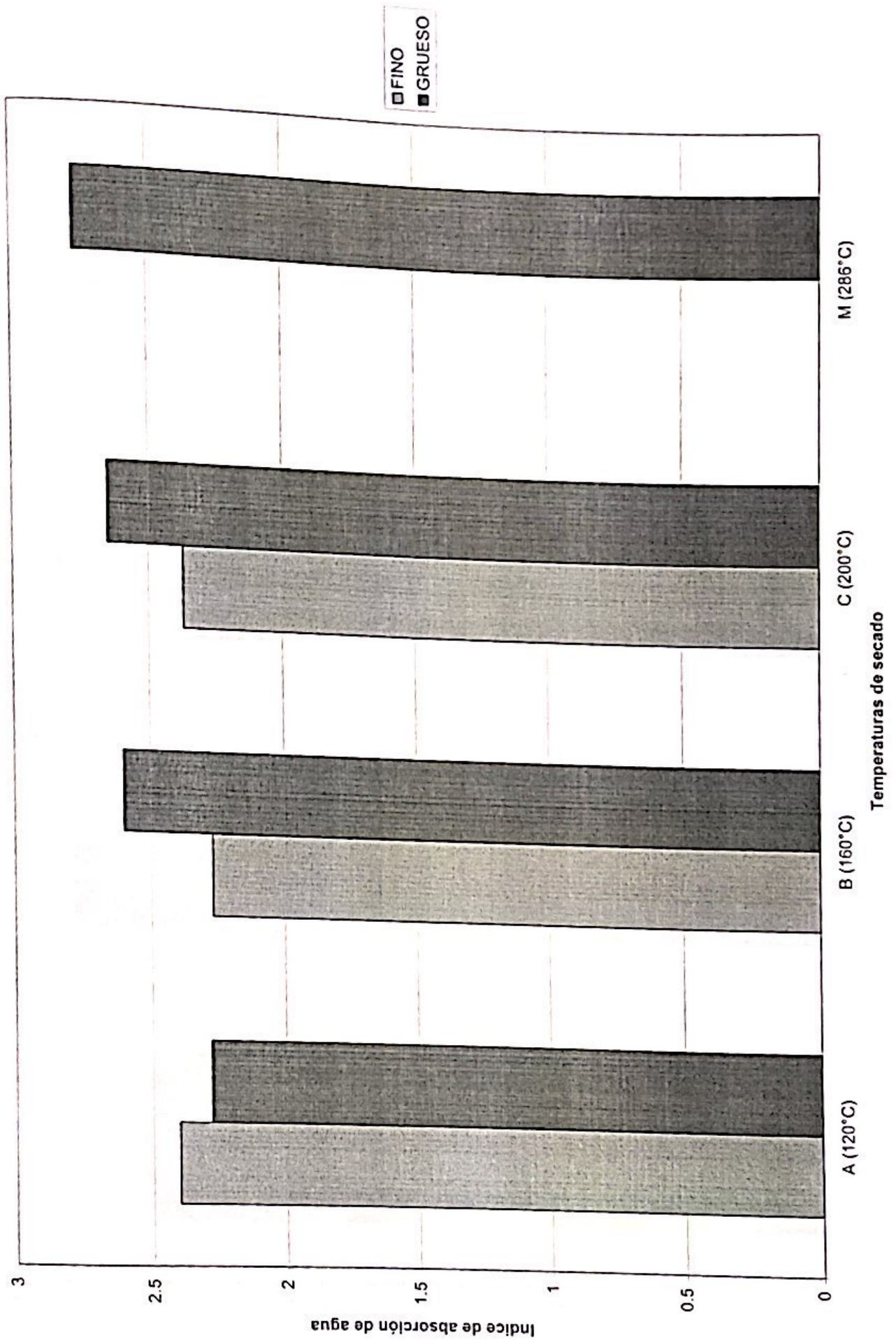
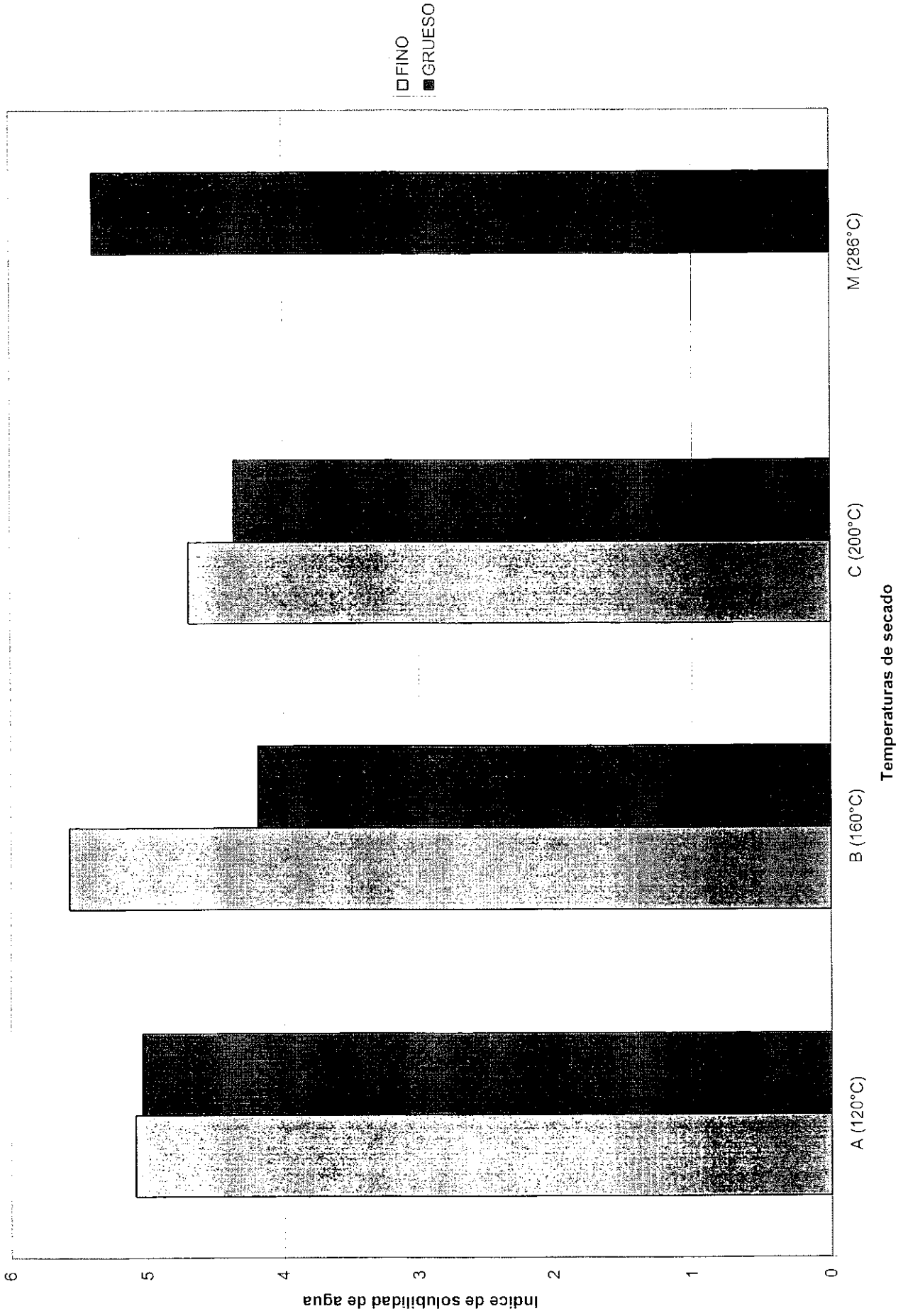


GRAFICO No.8

WSJ para muestras secadas a distintas temperaturas.



Correlaciones.

Las determinaciones antes mencionadas se correlacionan para encontrar un vínculo entre resultados y comportamiento de las muestras. La tabla No.3 presenta las correlaciones efectuadas a cada análisis funcional.

Las correlaciones que se parecen o son iguales a 1, se dice que son directas, las cuyos resultados son iguales a 0 no existen y las de resultado -1 son inversas. Para entender, mejor el comportamiento de las correlaciones se recurre a utilizar los coeficientes de determinación, con los que se obtiene una mejor interpretación de los resultados correlacionados. La tabla no.3 muestra la tendencia de cada correlación, pero el coeficiente de determinación nos indica qué porcentaje de la variación de Y, se debe a la variación de X, con lo que se interpretan mejor los resultados.

WAI y WSI encuentran una correlación inversa del 59% para grano fino y 86% para grano grueso. Lo que nos indica, por ejemplo para tamaños de grano grueso, que un 86 % de los datos de WSI están supeditados a los datos obtenidos de WAI con un 10% de significación.

De la misma manera se encuentra que entre WAI y consistencia, solo un 11% está supeditado a granos finos y el 98% se supedita a granos de tamaño grueso, siendo esta correlación directa.

WAI y pegajosidad se comportan inversamente con 13 % para granos finos y 5% para grueso. Así también para WAI y la absorbancia, los resultados para granos finos relacionaban sólo por un 9%, mientras un 60% se presenta con granos gruesos, siendo también una correlación directa.

Inversamente se correlacionan WSI y la consistencia, estando un 7% supeditado para granos finos y un 83% para granos gruesos.

WSI y pegajosidad están inversamente correlacionados con un 65 % para granos finos y 5% para granulometría gruesa.

En el caso de WSI y absorbancia, el 65% de los datos de grano fino están supeditados, comportándose directamente, pero el 86 % de los datos para grano grueso se supedita inversamente. Por lo tanto para granulometría fina la correlación es directa y para grano fino el resultado es indirecto.

La consistencia se correlaciona con la pegajosidad directamente en los porcentajes mostrados por la tabla No.3 y la absorbancia presenta, correlacionado inversamente con la consistencia, un 39% supeditados los resultados para grano fino y con 56 % se presenta una correlación directa entre los datos registrados para grano gruesa.

Absorbancia y pegajosidad están inversamente relacionada, pero con porcentajes muy bajos, como el 15 y el 2% para grano fina y gruesa respectivamente, con lo que se encuentra que muy poco tiene que ver el comportamiento de los datos de pegajosidad con los datos registrados por la absorbancia.

El comportamiento inverso y directo de algunas determinaciones se debe principalmente a los efectos de secado inconstantes. La temperatura de 120°C registró ser la más inconstante llegando incluso a variar hasta ± 20 °C con lo que se modificó el comportamiento de las muestras

correspondientes a esta temperatura de secado. Como se nota en los gráficos y resultados, A es la temperatura que rompe con los patrones establecidos por las demás muestras.

Una correlación de gran importancia es la determinada por el WAI y el rendimiento de tortillas por peso de masa especificó. Se encuentra que un 84 % de los datos están supeditados directamente en granulometría gruesa, mientras que para fina la correlación entre los datos es del 40 % con un comportamiento inverso.

Evaluación Sensorial.

La evaluación sensorial se lleva a cabo con un panel entrenado de 10 jueces, a quienes se les instruyó sobre la forma de evaluación de las muestras. Se establecieron las condiciones adecuadas para la presentación de las muestras y se acomodaron los espacios para los panelistas. Las muestras fueron codificadas con tres cifras y se presentaron a los jueces en una prueba de ordenación donde deberían calificar la preferencia de las muestras. La evaluación sensorial compara las temperaturas de secado y los tamaños de grano aplicados en tortillas. A cada panelista se le presentaron porciones de tortillas, las cuales debían ser ordenadas según la preferencia. Para las evaluaciones se realizaron cuatro boletas, que se encuentran en el apéndice D, las cuales proporcionaban la información a los panelistas.

Los resultados para estas evaluaciones se encuentran en la tabla No.8 y la tabla No.9 muestra las diferencias significativas de cada evaluación.

Evaluación No.1: En esta evaluación se comparan las muestras con tamaño de grano gruesa y secadas a las distintas temperaturas contra Maseca. De esta evaluación se obtiene que si existe una diferencia significativa entre las muestras y Maseca del 1%. Los panelistas prefirieron para este caso la muestra de Maseca, seguida de las muestras secadas a 200°C y 160°C, de las cuales no se registra diferencia significativa y por ultimo se presentó la muestra secada a 120°C.

Evaluación No.2: Las temperaturas de secado 160°C y 200°C en los dos tamaños de granos, grueso y fino se compararon en esta evaluación. Los resultados muestran que existe una diferencia significativa del 5% entre todas las muestras y las de preferenciación las muestras de tamaño de grano fina secada a 200°C, seguida de la muestra de tamaño de grano gruesa secada a 160°C, en tercer lugar se prefirió la muestra secada a 160°C y con tamaño de grano fino y por último se escogió la muestra con tamaño de grano gruesa y secada a 200°C.

Evaluación No.3: En esta evaluación se comparan las muestras con tamaño de grano fino y a varias temperaturas de secado contra Maseca. Se obtiene que existe una diferencia significativa del 1% y 5% para todas las muestras. La preferencia se inclinó hacia la muestra de maseca, preferidos seguidamente la muestra secada a 160°C, luego la muestra secada a 200°C y por último la muestra secada a 120°C.

Evaluación No.4: Los tamaños de grano finos y gruesos secados a 120°C y 160°C fueron evaluados en esta etapa. Esta prueba presenta una diferencia significativa del 5% en todas las comparaciones. La preferencia fue para la muestra secada a 160°C y con tamaño de grano fino,

seguida da la muestra con tamaño de grano gruesa secada a la misma temperatura. Las muestras secadas a 120°C siguieron a estas prefiriéndose para este caso la muestra de tamaño de grano fino y luego la gruesa.

Rolabilidad

Las tortillas fueron sometidas a una prueba de rolabilidad donde se comparo la plasticidad de cada tortilla, cuya harina se trató a distintas temperaturas y el tamaño de grano en la molienda humedad fue variado. Maseca presentó mas rolabilidad que cualquiera de las otras tortillas. Durante el horneado las tortillas de harinas tratadas, empezaron a gelatinizar pero el producto final no presenta ninguna plasticidad debido a que el tamaño de grano de la harina era relativamente grande y no proporcionó elasticidad al no permitir que el agua se incorporara uniformemente, conllevando a la presentación de una tortilla pobre en plasticidad. Cabe mencionar, que para este estudio la harina para la elaboración de tortillas no fue molida a tres etapas, únicamente fue molido en dos unidades donde el tamaño de partícula final era bastante más grande que el presentado por la harina de maseca. Este parámetro debido al tamaño de partícula, no pudo ser evaluado correctamente y no aporta diferencias significativas ni cuantitativas para el estudio.

Rendimiento

En el rendimiento se pudo notar que las harinas tratadas a temperaturas altas presentaron una mejor absorción de agua que las muestras tratadas a temperaturas más bajas, como se indica en la tabla No.4: Rendimiento de Tortillas. La absorción de agua se vio reflejada por el numero de tortillas que se obtuvieron de cada muestra de harinas. Maseca rindió 29 tortillas por 1/2 Kg. de harina, mientras que los demás rendimientos se comportaron linealmente respecto de las temperaturas de secado. A mayor aumento de temperatura de secado, mayor el rendimiento de tortillas. Se presenta una mayor gelatinización del almidón debido a la temperatura de secado, que aumentando la capacidad de absorción de agua de la harina.

En general las muestras con tamaño de grano fino deshidratado, presentaron características diferentes a las presentadas por las de tamaño grueso. Se encuentra que la temperatura y el tamaño de grano deshidratado sí aportan diferencias en las características funcionales de las harinas. El tamaño de grano grueso obtenido de la molienda húmeda y secado a las diferentes temperaturas presenta mayor índice de absorción de agua y por consiguiente menor índice de solubilidad, además la gelatinización de almidón fue mayor según lo registrado por las absorbancias, por lo que la consistencia y pegajosidad fueron más elevadas para estas muestras que para las muestras con tamaño de grano fino secado a las diferentes temperaturas.

Para Maseca el índice de absorción de agua fue elevado y el de solubilidad fue bajo, así como la gelatinización de almidón fue registrada alta según la absorbancia encontrada para esta muestra. Esto indica que la pegajosidad y la consistencia se registraran también elevadas. Estos

datos para Maseca tienen un comportamiento parecido al registrado por las muestras con tamaño de grano grueso, pero con datos de mayor magnitud, debiéndose a las temperaturas de secado de Maseca que son bastante más altas que las usadas en las muestras de este estudio.

Las diferencias encontradas en las correlaciones, las cuales no relacionaba de igual manera datos para tamaños de granos finos y gruesos en una misma determinación, se ven afectadas directamente por las temperaturas de secado. Al no conseguir mantener constantes las temperaturas de secado en el secador, se produce un cambio de temperaturas que causa variaciones que desvían la liberalidad de los resultados.

La pegajosidad se comporta de manera constante a lo largo de las determinaciones. Presentó linealidad entre los datos, ya que no se registraron desvíos significativos entre muestras con distintos granos y tratadas a la misma temperatura de secado, por lo que la temperatura de secado para Maseca se determinó basada en estos datos. Maseca presenta una temperatura promedio de secado de cerca de 286°C.

VIII. Conclusiones.

1. El maíz utilizado presenta una humedad promedio en grano crudo de 5.97 %. El grano luego de ser sometido al proceso de cocción alcalina registra una humedad de 50.83 % en promedio, luego del remojo la humedad promedio registrada es de 54.84 % y para la molienda húmeda, el tamaño de grano fino presenta una humedad de 46.33 %, siendo el porcentaje de humedad para el tamaño de grano grueso de 44.67 %. Estos valores son normales en la nixtamalización del maíz.
2. La temperatura de deshidratación o secado, así como las diferencias en el tamaño de granos antes del secado, tienen efecto en las propiedades funcionales y sensoriales de la harina y de la tortilla, obteniéndose diferencias significativas entre los resultados.
3. Las muestras con tamaño de grano grueso obtenido de la molienda húmeda, necesitan de mayor tiempo de secado que las muestras con tamaño de grano fino. Para muestras secadas a 120° C y 160° C la diferencia fue de 20 minutos, mientras que para muestras secadas a 200° C la diferencia fue de 15 minutos.
4. El WAI se eleva con el aumento del tamaño de grano obtenido de la molienda húmeda y con la temperatura de secado.
5. El WSI, inversamente al WAI, disminuye con el aumento del tamaño de grano obtenido de la molienda húmeda y con la temperatura de secado.
6. La consistencia es mayor, cuando aumenta la temperatura de secado y el tamaño de gránulo.
7. La pegajosidad aumenta con la temperatura de secado y tamaño de gránulo.
8. La gelatinización de almidón, aumentó con la temperatura de secado y con el tamaño de gránulo.
9. Se establecieron correlaciones de interés práctico entre WAI, WSI, Consistencia, pegajosidad y gelatinización de almidón en las harinas.
10. De las harinas obtenidas y transformadas en tortillas, las muestras secadas a temperatura elevadas tienen mas aceptación que las deshidratadas a temperaturas bajas. Las tortillas elaboradas con granos finos obtenidos de la molienda húmeda tuvieron preferencia sobre las elaboradas con grano grueso.
11. La temperatura y el tamaño de grano obtenido de la molienda húmeda, influyen en el rendimiento de elaboración de tortillas a partir de harinas nixtamalizadas. Maseca registró el rendimiento más alto, seguida de las harinas tratadas a 200°C, luego secundan las harinas tratadas a 160°C y las harinas de menor rendimiento son las tratadas a 120°C.

IX. RECOMENDACIONES.

1. En vista de la importancia que está tomando la industria de nixtamalización del maíz en Guatemala, sería de interés disponer de equipo apropiado para el estudio de variables de procesamiento que afectan la funcionalidad física, química, nutricional y sensorial de las harinas nixtamalizadas y la tortilla.
2. Desarrollar metodología fisicoquímica para evaluar mejor los efectos de condiciones de procesamiento sobre la calidad funcional de las harinas.
3. Contribuir en mejorar el equipamiento de los instrumentos utilizados para deshidratación o secado de muestras.

X. BIBLIOGRAFIA.

1. **Anderson R.A. & E.L.Griffin.** 1969. **Cereal Science Today.** Cap 14 : 4-7, 11-12.
2. **Cukier A. H.D.** 1989. **Equipo experimental para evaluacion de propiedades del aire y transferencia de calor.** Tesis U.V.G. pag. 35-39
3. **Gottemoller.T.** 1994. **Productos comestibles de protenia de soya en tortillas. Propiedades funcionales de las harinas concentradas y aisladas en estos alimentos.** Soyanoicias. Ene-Mar: 12-15.
4. **Heldman,D. y D.Lund.** 1992. **Handbook of food engineering.** 1a Ed. Marcell Dekker, N.Y. Pag: 437-562.
5. **Martinez R. A.** 1995. **Diseño y construccion de un secador de bandejas.** Tesis U.V.G pag. 3-25.
6. **McCabe,W . y J. Smith.** 1987. **Operaciones basicas de ingenieria quimica.** 1a Ed. MacGraw Hill. Mexico. Pag 820-864.
7. **McLaugrum.J.** 1987. **Sorgum Quality Laboratory Manual.** Perdue University Pag.73.
8. **Pedreo.D, Pangborn.R.M.** **Evaluacion Sensorial de los Alimentos.** Editorial Alhambra Mexicana, Mexico,D.F. 251 pp.
9. **Robles.R.R, E.D.Murray y O. Paredes Lopes.** 1988. **Phycochemical changes of maize starch during lime-heat treatment of tortilla making.** Journal of Food Science and Technologie. 23: 91-92.
10. **Rooney,L.W.** 1993. **Tortillas y alimentos tipo botana de maiz nixtamalizado.** Soyanoicias. Oct-Dic: 1-8.
11. **Serna Saldivar et.al.** 1990. **Advances in cereal search & technologie.** 4 Ed. Pumeranz,N.Y. Vol 10: 243-307.
12. **Toledo,R.** 1991. **Fundamental of food processing engineering.** 2a Ed. Van Nostrand, U.S.A. Pag: 456-505.

APÉNDICE A

TABLA No. 10: DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE MUESTRAS EVALUADAS.

No. EVALUACION	DIFERENCIA DE RANGOS	RESULTADO	SIGNIFICANCIA
1	A-D	26	5%
1	B-D	15	1%
1	C-D	14	1%
2	A-B	14	5%
2	A-C	8	5%
2	A-D	6	5%
2	B-C	6	5%
2	B-D	8	5%
2	C-D	2	5%
3	A-B	15	1%
3	A-C	13	5%
3	A-D	22	1%
4	A-B	4	5%
4	A-C	6	5%
4	A-D	10	5%
4	B-C	10	5%
4	B-D	14	5%
4	C-D	4	5%

TABLA No. 11 : PORCENTAJES DE HUMEDAD DE MUESTRAS EN LOS DISTINTOS PROCEDIMIENTOS DE NIXTAMALIZACION.

MUESTRA	CRUDO	COCCION	REMOJO	MOLIDO HUMEDO	PROMEDIO
1A2	6.00	54.00	56.00	42.00	MOLIDO HUMEDO
1B2	6.12	52.00	56.00	44.00	GRUESO
1C2	7.84	48.00	53.06	48.00	44.67
1A1	4.00	50.00	52.00	48.00	MOLIDO HUMEDO
2B1	5.88	48.98	56.00	50.98	FIND
2C1	6.00	52.00	56.00	40.00	46.33
PRDMEDIO	5.97	50.83	54.84		

TABLA No.12: PESOS DETERMINADOS

Descripción	peso	unidad
Peso bandeja	222.90	g
Peso bandeja y muestra	581.50	g
Peso muestra	358.60	g

TABLA No.13: RELACION PORCENTAJE HUMEDAD Y PESO PARA MUESTRAS

Cálculos de humedad y pesos a obtener		
Peso muestra	358.60	g
Humedad tentativa (50%)	179.30	g
Peso a alcanzar (10%)	215.16	g
Peso ideal (5%)	197.23	g

Tiempos de secado, temperaturas y pesos.

TAMAÑO DE PARTICULA 1 (FINO)

TABLA No.14: TIEMPO DE SECADO Y PESOS ALCANZADOS

		MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO
		1A1-1	1A1-2	1A1	1B1-1	1B1-2	1B1	1C1-1	1C1-2	1C1
TIEMPO (MIN)	10	481.50	494.60	488.05	455.25	453.60	454.43	440.00	437.00	438.50
	15							413.20	406.20	409.70
	20	454.20	458.10	456.15	426.10	421.20	423.65			
	25				418.30	417.40	417.85			
	30	438.10	442.30	440.20						
	35									
	40	427.70	431.20	429.45						
	45	424.50	425.40	424.95						
	50	421.50	423.20	422.35						
	55		417.40	417.40						

TABLA No.15: TIEMPO DE SECADO Y PESOS ALCANZADOS.

		2A1-1	2A1-2	2A1	2B1-1	2B1-2	2B1	2C1-1	2C1-2	2C1
		TIEMPO (MIN)	10	480.30	483.50	481.90	460.00	454.10	457.05	435.80	442.30	439.05
	15							415.20	419.60	417.40
	20	456.20	458.20	457.20	428.00	427.40	427.70			
	25				418.30	418.00	418.15			
	30	437.20	438.30	437.75						
	35									
	40	426.20	427.50	426.85						
	45	423.40	424.20	423.80						
	50	418.20	420.10	419.15						

TABLA No.16: TIEMPO DE SECADO Y PESOS ALCANZADOS.

		3A1-1	3A1-2	3A1	3B1-1	3B1-2	3B1	3C1-1	3C1-2	3C1
		TIEMPO (MIN)	10	482.10	480.80	481.45	458.70	454.20	456.45	450.40	439.80	445.10
	15							445.20	415.20	430.20
	20	457.60	455.90	456.75	424.80	420.30	422.55	421.20		210.60
	25				417.10	415.20	416.15	410.20		205.10
	30	440.50	441.20	440.85						
	35									
	40	427.20	426.20	426.70						
	45	422.40	421.40	421.90						
	50	419.20	417.90	418.55						

TAMAÑO DE PARTICULA 2 (GRUESO)

TABLA No.17: TIEMPO DE SECADO Y PESOS ALCANZADOS

		MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO
		1A2-1	1A2-2	1A2	1B2-1	1B2-2	1B2	1C2-1	1C2-2	1C2
TIEMPO	10	520.10	524.30	522.20				449.00	472.00	460.50
(MIN)	15				472.50		472.50	435.00	439.30	437.15
	20					459.00	459.00	423.00	431.20	427.10
	25				442.00		442.00	410.80	424.20	417.50
	30					431.00	431.00		415.80	415.80
	35				424.00		424.00			
	40				420.00	421.00	420.50			
	45					418.50	418.50			
	50									
	55									
	60	432.40	435.40	433.90						
	65	424.50	425.20	424.85						
	70	421.30	420.30	420.80						
	75	418.90	418.50	418.70						

TABLA No.18: TIEMPO DE SECADO Y PESOS ALCANZADOS

		MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO
		2A2-1	2A2-2	2A2	2B2-1	2B2-2	2B2	2C2-1	2C2-2	2C2
TIEMPO	10	518.30	516.20	517.25				453.00	442.50	447.75
(MIN)	15							427.30	427.50	427.40
	20							412.80	410.90	411.85
	25				455.00		455.00			
	30									
	35									
	40				428.00		428.00			
	45				419.50	413.00	416.25			
	50									
	55									
	60	435.40		435.40						
	65	428.40		428.40						
	70	426.40	421.70	424.05						
	75	420.3	418.8	419.55						

TABLA No.19: TIEMPO DE SECADO Y PESOS ALCANZADOS

		MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO	MUESTRA	MUESTRA	PROMEDIO
		3A2-1	3A2-1	3A2	3B2-1	3B2-2	3B2	3C2-1	3C2-2	3C2
TIEMPO	10	476.30	498.40	487.35				482.50	456.00	469.25
(MIN)	15							442.30		442.30
	20				448.00		448.00	433.20	421.30	427.25
	25							415.20	412.70	413.95
	30									
	35									
	40				429.00		429.00			
	45				419.80	415.80	417.80			
	50									
	55									
	60									
	65									
	70									
	75	417.40	419.20	418.30						

**HUMEDAD DE GRANOS PARA TAMAÑO DE PARTICULA 1 (FINO) Y 2 (GRUESA)
Y A LAS DISTINTAS TEMPERATURAS.**

TABLA No.20: PORCENTAJE DE HUMEDAD LUEGO DE CADA PROCESO PARA CADA TRATAMIENTO.

MUESTRAS	A2				B2			
PROCESO	Pi	Pf	Pf/Pi	% H	Pi	Pf	Pf/Pi	% H.
CRUDO	5.00	4.70	94.00	6.00	4.90	4.60	93.88	6.12
COCCION	5.00	2.30	46.00	54.00	5.00	2.40	48.00	52.00
REMOJO	5.00	2.20	44.00	56.00	5.00	2.20	44.00	56.00
MOLIDO	5.00	2.90	58.00	42.00	5.00	2.80	56.00	44.00
MUESTRAS	C2				A1			
PROCESO	Pi	Pf	Pf/Pi	% H.	Pi	Pf	Pf/Pi	% H.
CRUDO	5.10	4.70	92.16	7.84	5.00	4.80	96.00	4.00
COCCION	5.00	2.60	52.00	48.00	5.00	2.50	50.00	50.00
REMOJO	4.90	2.30	46.94	53.06	5.00	2.40	48.00	52.00
MOLIDO	5.00	2.60	52.00	48.00	5.00	2.60	52.00	48.00
MUESTRAS	B1				C1			
PROCESO	Pi	Pf	Pf/Pi	% H.	Pi	Pf	Pf/Pi	% H.
CRUDO	5.10	4.80	94.12	5.88	5.00	4.70	94.00	6.00
COCCION	4.90	2.50	51.02	48.98	5.00	2.40	48.00	52.00
REMOJO	5.00	2.20	44.00	56.00	5.00	2.20	44.00	56.00
MOLIDO	5.10	2.50	49.02	50.98	5.00	3.00	60.00	40.00

TABLA No.21: PESOS REGISTRADOS POR MUESTRAS A TIEMPOS DETERMINADOS

TIEMPO	1A1	2A1	3A1
0	358.6	358.6	358.6
10	265.15	259.00	258.30
20	233.25	234.30	233.85
30	217.30	214.85	217.90
40	206.55	203.95	203.80
45	202.05	200.90	199.00
50	199.45	196.25	195.65
55	194.50		

TABLA No.22: PESOS REGISTRADOS POR MUESTRAS A TIEMPOS DETERMINADOS

TIEMPO	1B1	2B1	3B1
0	358.60	358.60	358.60
10	231.53	234.15	233.55
15	216.14	219.48	216.6
20	200.75	204.8	199.65
25	194.95	195.25	193.25

TABLA No.23: PESOS REGISTRADOS POR MUESTRAS A TIEMPOS DETERMINADOS

TIEMPO	1C1	2C1	3C1
0	358.60	358.60	358.60
10	215.6	216.15	222.2
15	186.8	194.5	207.3

TABLA No.24: PESOS REGISTRADOS POR MUESTRAS A TIEMPOS DETERMINADOS

TIEMPO	1A2	2A2	3A2
0	358.6	358.6	358.6
10	299.30	294.35	264.45
30	255.15	253.43	238.10
60	211.00	212.50	211.75
65	201.96	205.50	203.73
70	197.90	201.15	199.53
75	195.80	196.65	195.40

TABLA No.25: PESOS REGISTRADOS POR MUESTRAS A TIEMPOS DETERMINADOS

TIEMPO	1B2	2B2	3B2
0	358.60	358.60	358.60
10	304.10	326.99	314.10
15	249.60	295.36	269.60
20	236.10	263.73	225.10
25	219.10	232.10	220.35
30	208.10	223.10	215.60
35	201.10	214.10	210.85
40	197.60	205.10	206.10
45	195.60	193.35	194.90

TABLA No.26: PESOS REGISTRADOS POR MUESTRAS A TIEMPOS DETERMINADOS

TIEMPO	1C2	2C2	3C2
0	358.60	358.60	358.60
10	237.6	224.85	246.35
15	214.25	204.5	219.4
20	204.2	188.95	204.35
25	194.6	181.175	191.05
30	192.9		

TABLA No.27: WAI PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA GRUESA.

WAI MUESTRA	1.PESD TUBO	2.PESD MUESTRA	3. PESO 1+2	4.PESO 1+2+AGUA	5. PESO GEL	TEMP	WAI	PROMEDIO WAI
1A2	13.2656	2.4987	15.7643	21.4356	5.6713	120	2.26970024	
1A2	13.2656	2.5027	15.7683	21.5057	5.7374	120	2.29248412	2.28109218
1B2	13.3808	2.4899	15.8707	22.2963	6.4161		2.57685048	
1B2	13.3808	2.5031	15.8839	22.4378	6.5539	160	2.61831329	2.59758188
1C2	13.2841	2.4998	15.7839	22.3853	6.6012		2.64069126	
1C2	13.2841	2.5002	15.7843	22.4267	6.6424	200	2.65674746	2.64871936
M	13.5285	2.501	16.0295	23.0164	6.9879	300	2.79404238	2.7730277

TABLA No.28: WAI PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA FINA.

WAI MUESTRA	1.PESO TUBO	2.PESO MUESTRA	3. PESO 1+2	4.PESO 1+2+AGUA	5. PESO GEL	TEMP	WAI	PROMEDIO WAI
1A1	13.3866	2.5031	15.8897	21.9001	6.0104	120	2.40118253	
1A1	13.3866	2.5022	15.8888	21.8679	5.9791	120	2.38953721	2.39535987
2B1	13.5733	2.4992	16.0725	21.7656	5.6931	160	2.27796895	
2B1	13.5733	2.5132	16.0865	21.7648	5.6783	160	2.25939042	2.26867968
2C1	13.4436	2.5113	15.9549	21.8601	5.9052	200	2.35145144	
2C1	13.4436	2.4899	15.9335	21.8821	5.9486	200	2.38909193	2.37027169
M	13.5285	2.5211	16.0496	22.9877	6.9381	300	2.75201301	2.7730277

TABLA No.29: WSI PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA GRUESA.

WSI MUESTRA	1. PESO PETRI	2. PESO MUESTRA	3. PESO TOTAL	4. PESO DIFERENCIA	TEMP	5. WSI	PROMEDIO WSI
1A2	65.6333	2.4987	65.7596	0.1263	120	5.05462841	
1A2	65.6333	2.5027	65.7589	0.1256		5.01857993	5.03660417
1B2	76.4979	2.4899	76.6018	0.1039	160	4.17285835	
1B2	76.4979	2.5031	76.6031	0.1052		4.20278854	4.18782344
1C2	76.7907	2.4998	76.897	0.1063	200	4.25234019	
1C2	76.7907	2.5002	76.9023	0.1116		4.46364291	4.35799155
M	83.6915	2.501	83.8268	0.1353	300	5.40983607	

TABLA No.30: WSI PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA FINA.

WSI MUESTRA	1. PESO PETRI	2. PESO MUESTRA	3. PESO TOTAL	4. PESO DIFERENCIA	TEMP	5. WSI	PRDMEDIO WSI
1A1	81.315	2.5031	81.4422	0.1272	120	5.08169869	
1A1	81.315	2.5022	81.4425	0.1275	120	5.09551595	5.08860732
2B1	79.6192	2.4992	79.7575	0.1383	160	5.53377081	
2B1	79.6192	2.5132	79.7601	0.1409	160	5.60639822	5.57008451
2C1	74.3071	2.5113	74.4235	0.1164	200	4.63504958	
2C1	74.3071	2.4899	74.4252	0.1181	200	4.74316238	4.68910598
M	83.6915	2.5211	83.8271	0.1356	300	5.37860458	

TABLA No.31: CONSISTENCIA PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA FINA.

MUESTRA	DISTANCIA cm	TIEMPO min	% MEZCLA	ml AGUA USADA	g MUESTRA	TEMP	PROMEDIO min
1A1	10	0.51	36.5	33	12	120	
1A1	10	0.47	36.5	33	12	120	0.49
2B1	10	0.73	36.5	33	12	160	
2B1	10	0.78	36.5	33	12	160	0.755
2C1	10	0.85	36.5	33	12	200	
2C1	10	0.93	36.5	33	12	200	0.89
M	10	2.5	36.5	33	12	283	

TABLA No.32: CONSISTENCIA PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA GRUESA.

MUESTRA	DISTANCIA cm	TIEMPO min	% MEZCLA	ml AGUA USADA	g MUESTRA	TEMP	PROMEDIO min
1A2	10	0.2	36.5	33	12	120	
1A2	10	0.15	36.5	33	12	120	0.175
1B2	10	1.13	36.5	33	12	160	
1B2	10	1.06	36.5	33	12	160	1.095
1C2	10	1.27	36.5	33	12	200	
1C2	10	1.35	36.5	33	12	200	1.31
M	10	2.5	36.5	33	12	283	

TABLA No.33: PEGAJOSIDAD PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA FINA.

MUESTRA	ml AGUA USADOS	ml AGUA USADOS	ml AGUA USADOS	FUERZA N	FUERZA N	FUERZA N	FUERZA PROMEDIO
1A1	9.3	10.8	9.5	0.091	0.10584	0.09310	0.097
2B1	10.5	9.2	10.2	0.103	0.09016	0.09996	0.098
2C1	13.5	14.3	13.9	0.132	0.14014	0.13622	0.136
M	17.5	16.5	17.8	0.172	0.16170	0.17444	0.169

TABLA No.34: PEGAJOSIDAD PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA GRUESA.

MUESTRA	ml AGUA USADOS	ml AGUA USADOS	ml AGUA USADOS	FUERZA N	FUERZA N	FUERZA N	FUERZA PROMEDIO
1A2	10.2	11.1	10.7	0.100	0.10878	0.10486	0.105
1B2	9.8	10.3	10.5	0.096	0.10094	0.10290	0.100
1C2	14.8	13.8	14.3	0.145	0.13524	0.14014	0.140
M	17.5	17.3	17.8	0.172	0.16954	0.17444	0.172

TABLA No.35: ABSORBANCIA PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA GRUESA.

MUESTRA	1a. MEDICION	2a. MEDICION	PROMEDIO MEDICION	LONGITUD DE ONDA	TEMP
1A2	0.051	0.053	0.052	600.000	120.00000
1B2	0.111	0.11	0.1105	600.000	160.00000
1C2	0.08	0.081	0.0805	600.000	200.00000
M	0.072	0.07	0.071	600.000	283.00000

TABLA No.36: ABSORBANCIA PARA MUESTRAS CON GRANULOMETRIA FINA.

MUESTRA	1a. MEDICION	2a. MEDICION	PROMEDIO MEDICION	LONGITUD DE ONDA	TEMP
1A1	0.089	0.09	0.0895	600.000	120.00000
2B1	0.167	0.191	0.179	600.000	160.00000
2C1	0.1	0.109	0.1045	600.000	200.00000
M	0.075	0	0.0375	600.000	283.00000

APÉNDICE B

DISEÑO DEL SECADOR.

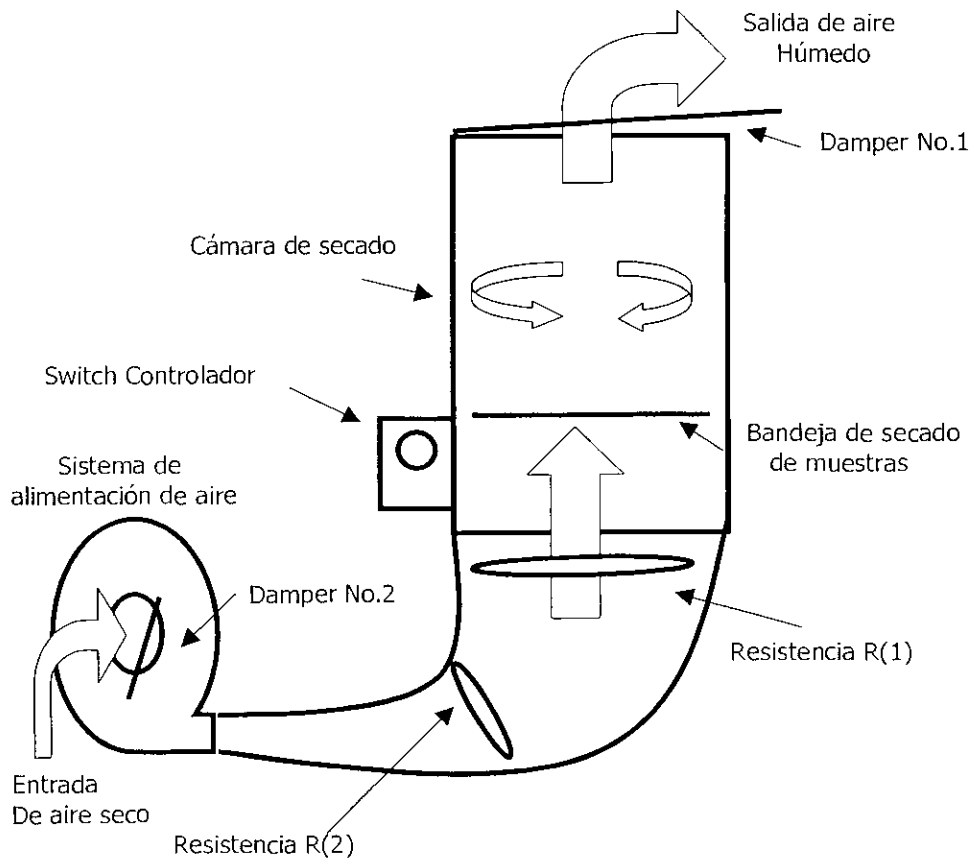
Especificaciones del equipo.

Dimensiones de cámara:	Ancho	39.7 cm
	Alto	80.0 cm
	Largo	39.7 cm
Fuentes de Calor:	R1(Resistencia 1)	4000 W
	R2(Resistencia 2)	1200 W
Controlador:	Reostato (Resistencia variable)	
Aislante de cubículo:	Fibra aislante con 2" de espesor cubierta por lamina galvanizada.	
Alimentación de aire:	Motor monofásico (120V) conectado a sistema de succión de aire.	
Materiales usados:	Madera (cámara), Metal (tolva y dispositivo para succión de aire), Lámina (aislante), Fibra de vidrio (aislante) y cables asbestados resistentes al calor.	
Temperaturas y Flujos:	Temperaturas controlables entre 85°C- 250°C. Flujos de aire desde 75 FPM hasta 1100 FPM.	
Costo de fabricación:	Q.1,200.00 (únicamente se incluye la cámara de secado, resistencia de 400 W, controlador eléctrico y materiales.)	

Tabla No. 70: Conformación del equipo para alcanzar temperaturas

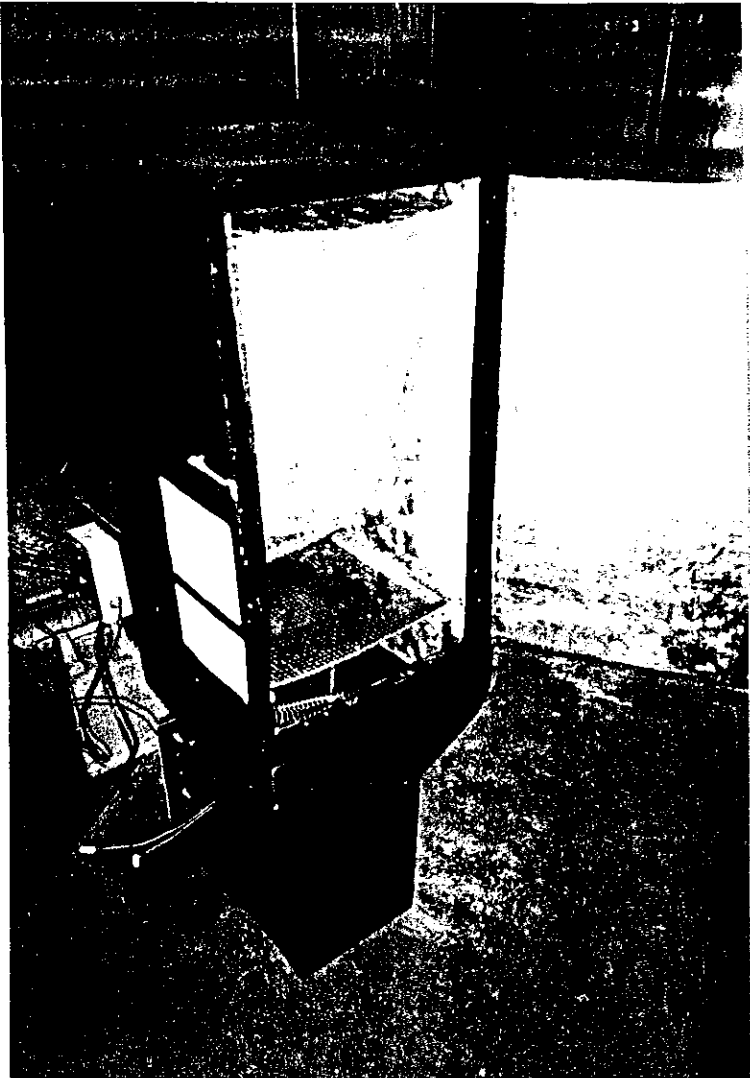
Temperatura buscada	Rango (°C)	Flujo de aire (FPM)	Posición de Damper	Indicación reostato	Resistencias utilizadas.
120	100-140	75-90	0	SIM-2	R1
160	150-170	75-90	160	HI	R1
210	200-220	60-75	200	HI	R1+R2

DIAGRAMA DEL EQUIPO.



FOTOGRAFIA No. 1:

Secador con corriente de aire.



FOTOGRAFIA No. 2:

Secador con corriente de aire.

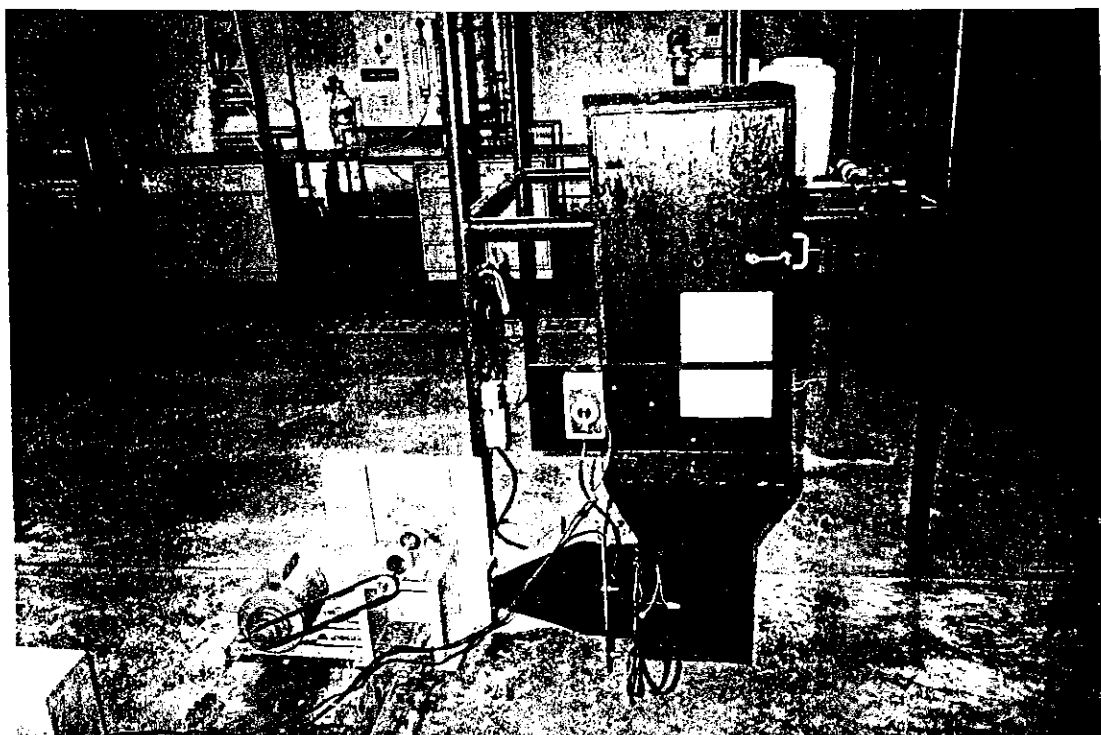
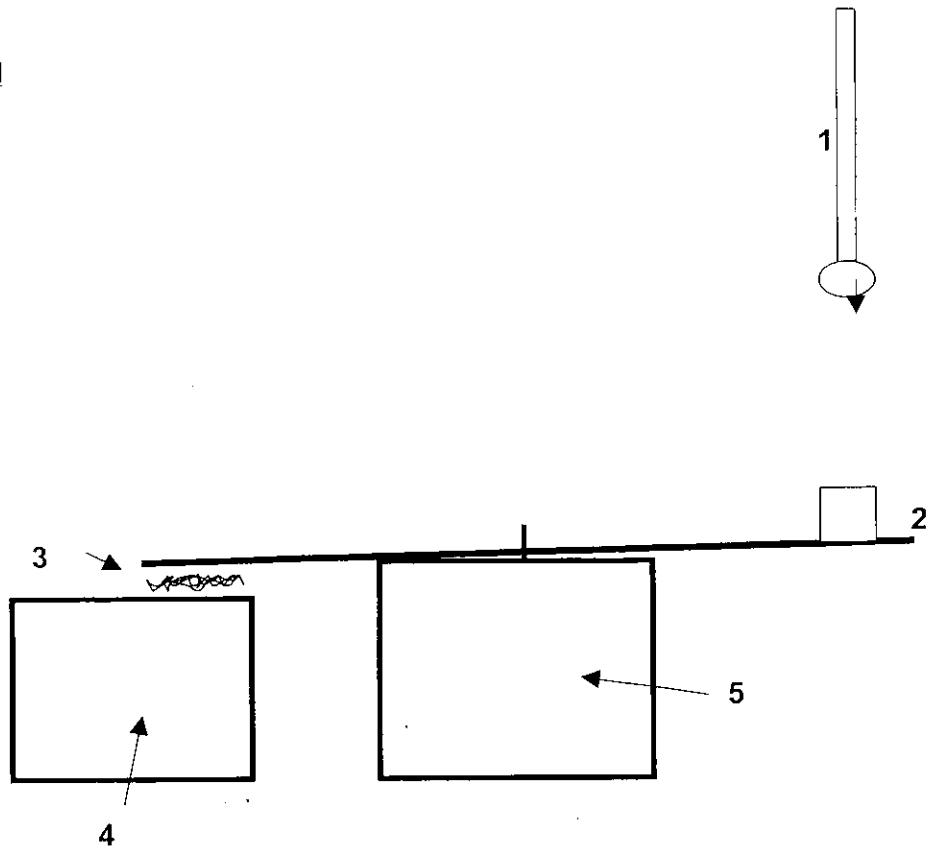


DIAGRAMA DEL EQUIPO

Pegajosidad



- 1.....Bureta con agua.
- 2.....Recipiente para recepción de agua.
- 3.....Area para colocación de muestra entre las piezas.
- 4.....Soporte para muestra.
- 5.....Soporte de barra.

FOTOGRAFIA No. 3: Aparato usado para la determinación de la pegajosidad.



APÉNDICE C

la No.39: Datos para Gráfico No.4 Absorbancia a 600 nm.

ATINIZACION	FINO	GRUESO
A (120°C)	0.0895	0.052
B (160°C)	0.179	0.1105
C (200°)	0.1045	0.0805
M (286°C)	0	0.071

la No.40: Análisis de varianza para absorbancias.

ANÁLISIS DE VARIANZA											
	N	1A2	1B2	1C2	M	1A1	2B1	2C1	TOTAL		
	1	0.051	0.111	0.08	0.072	0.089	0.167	0.1	0.67		
	2	0.053	0.11	0.081	0.075	0.091	0.191	0.109	0.71		
TOTAL N	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL		0.104	0.221	0.161	0.147	0.18	0.358	0.209	1.38		
MEDIA		0.052	0.1105	0.0805	0.0735	0.09	0.179	0.1045			
MUESTRAS	14										
MUESTRAS	7										
FC	SCm	glm	SCj	glj	SCt	glf	Scce	gle	CMm	CMj	Cme
.136028571	0.019687429	6	0.00011429	1	0.020025429	13	0.000223714	6	0.00328124	0.00011429	3.729E-05
Fm	Fj										
8.00255428	3.0651341										

No.41: Cuadro para Análisis de Varianza.

Cuadro	gl	SC	CM	F
Muestras	6	0.019687429	0.00328124	88.00255428
Jueces	1	0.000114286	0.00011429	3.0651341
Error	6	0.000223714	3.7286E-05	
Total	13	0.020025429		

la No.42: Niveles de significancia para análisis.

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Diferencia Significativa	t de Student
1%	4.28	menor	88.0025543	si	3.143
5%	8.47	menor	88.0025543	si	1.943
1%	5.99	mayor	3.0651341	no	0
5%	13.74	mayor	3.0651341	no	0

la No.43: DMS para análisis estadístico.

DMS
0.008389364

No.44: Ordenamiento de medias para muestras.

ORDENAMIENTO DECRECIENTE DE MEDIAS DE LAS MUESTRAS						
2B1	1B2	2C1	1A1	1C2	M	1A2
0.179	0.1105	0.1045	0.09	0.0805	0.0735	0.052

la No.45: Resultado de análisis estadístico.

Comparaciones	diferencia	Significación
2B1-1B2	0.0685	si
2B1-2C1	0.0745	si
2B1-1A1	0.089	si
2B1-1C2	0.0985	si
2B1-M	0.1055	si
2B1-1A2	0.127	si
1B2-2C1	0.006	NO
1B2-1A1	0.0205	si
1B2-1C2	0.03	si
1B2-M	0.037	si
1B2-1A2	0.0585	si
2C1-1A1	0.0145	si
2C1-1C2	0.024	si
2C1-M	0.031	si
2C1-1A2	0.0525	si
1A1-1C2	0.0095	si
1A1-M	0.0165	si
1A1-1A2	0.038	si
1C2-M	0.007	NO
1C2-1A2	0.0285	si
M-1A2	0.0215	si

Resultado de comparación de Temperaturas entre muestras para WAI
 ABSORBANCIA A 600 nm
 EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MUESTRAS COMPARADAS CON 1B2 Y 2C1
 Y ENTRE 1C2 Y M.

No.46: Datos para Gráfico No.5 Consistencia.

CONSISTENCIA	FINO	GRUESO
(120°C)	0.46	0.175
(160°C)	0.755	1.095
(200°C)	0.86	1.31
(286°C)	0	2.5

No. 47: Análisis de varianza para consistencia

ANÁLISIS DE VARIANZA											
	N	1A2	1B2	1C2	M	1A1	2B1	2C1	TOTAL		
	1	0.2	1.13	1.27	2.5	0.51	0.73	0.85	7.19		
	2	0.15	1.06	1.35	2.8	0.47	0.76	0.93	7.54		
TOTAL N	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL		0.35	2.19	2.62	5.3	0.98	1.51	1.78	14.73		
MEDIA		0.175	1.095	1.31	2.65	0.49	0.755	0.89			
SPUESTAS	14										
MUESTRAS	7										
FC	SCm	gim	SCj	gij	SCt	glt	Scs	gle	CMm	CMj	Cme
43806429	7.642885714	6	0.00875	1	7.700035714	13	0.0484	6	1.27381429	0.00875	0.0080667
Fm	Fj										
7.9108619	1.084710744										

No.48: Cuadro para Análisis de Varianza

Cuadro		SC	CM	F
Variación	gl			
Muestras	6	7.642885714	1.27381429	157.9108619
Reces	1	0.00875	0.00875	1.084710744
Error	6	0.0484	0.00806667	
Total	13	7.700035714		

No.49: Niveles de significancia para análisis.

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Diferencia Significativa	t de Student
1%	4.28	menor	157.910862	si	3.143
5%	8.47	menor	157.910862	si	1.943
1%	5.99	mayor	1.08471074	no	0
5%	13.74	mayor	1.08471074	no	0

No.50: DMS para análisis estadístico.

DMS
123397073

No. 51: Ordenamiento de medias para muestras.

ORDENAMIENTO DECRECIENTE DE MEDIAS DE LAS MUESTRAS						
M	1C2	1B2	2C1	2B1	1A1	1A2
2.65	1.31	1.095	0.89	0.755	0.49	0.175

No. 52: Resultado de análisis estadístico.

Comparaciones	diferencia	Significación
M-1C2	1.34	si
M-1B2	1.555	si
M-2C1	1.76	si
M-2B1	1.895	si
M-1A1	2.16	si
M-1A2	2.475	si
1C2-1B2	0.215	si
1C2-2C1	0.42	si
1C2-2B1	0.555	si
1C2-1A1	0.82	si
1C2-1A2	1.135	si
1B2-2C1	0.205	si
1B2-2B1	0.34	si
1B2-1A1	0.605	si
1B2-1A2	0.92	si
2C1-2B1	0.135	si
2C1-1A1	0.605	si
2C1-1A2	0.715	si
2B1-1A1	0.265	si
2B1-1A2	0.58	si
1A1-1A2	0.315	si

Resultado de comparación de Temperaturas entre muestras para WAI
CONSISTENCIA
EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN TRE TODAS LAS MUESTRAS

la No.53: Datos para Gráfico No.6 Pegajosidad

GAJOSIDAD	FINO	GRUESO
A (120°C)	0.097	0.105
B (160°C)	0.098	0.1
C (200°C)	0.136	0.14
M (286°C)	0	0.1705

la No. 54: Análisis de varianza para pegajosidad.

ANÁLISIS DE VARIANZA											
	N	1A2	1B2	1C2	M	1A1	2B1	2C1	TOTAL		
	1	0.1	0.096	0.145	0.172	0.091	0.103	0.132	0.839		
	2	0.10878	0.10094	0.135	0.1695	0.10584	0.09016	0.14014	0.05036		
TOTAL N	3	0.10486	0.1029	0.14	0.1744	0.0931	0.0999	0.13622	0.85138		
TOTAL		0.31364	0.29984	0.42	0.5159	0.28994	0.29306	0.40836	2.54074		
MEDIA		0.104546667	0.09994667	0.14	0.171966667	0.09664667	0.097686667	0.13612			
MUESTRAS	7										
FC	SCm	glm	SCj	glj	SCt	glt	Scce	gle	CMm	CMj	Cme
307398083	0.015113297	6	1.3493E-05	2	0.015491188	20	0.000364397	12	0.00251888	6.7465E-06	3.037E-05
Fm	Fj										
2.94961091	0.222170833										

No.55: Cuadro de Análisis de Varianza.

Cuadro	gl	SC	CM	F
Muestras	6	0.015113297	0.00251888	82.94961091
Jueces	2	1.34931E-05	6.7465E-06	0.222170833
Error	12	0.000364397	3.0366E-05	
Total	20	0.015491188		

la No.56: Niveles de significancia para análisis.

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Diferencia Significativa	t de Student
1%	4.28	menor	82.9496109	si	3.143
5%	8.47	menor	82.9496109	si	1.943
1%	5.99	mayor	0.22217083	no	0
5%	13.74	mayor	0.22217083	no	0

la No.57: DMS para análisis estadístico

DMS
0.012246901

No.58: Ordenamiento de medias para muestras.

ORDENAMIENTO DECRECIENTE DE MEDIAS DE LAS MUESTRAS						
M	1C2	2C1	1A2	1B2	2B1	1A1
0.17	0.14	0.1361	0.1045	0.09995	0.09769	0.09665

la No. 59: Resultados de análisis estadístico.

Comparaciones	diferencia	Significación
M-1C2	0.03	si
M-2C1	0.0339	si
M-1A2	0.0655	si
M-1B2	0.07005	si
M-2B1	0.07231	si
M-1A1	0.07335	si
1C2-2C1	0.0039	NO
1C2-1A2	0.0355	si
1C2-1B2	0.04005	si
1C2-2B1	0.04231	si
1C2-1A1	0.04335	si
2C1-1A2	0.0316	si
2C1-1B2	0.03615	si
2C1-2B1	0.03841	si
2C1-1A1	0.03945	si
1A2-1B2	0.00455	NO
1A2-2B1	0.03841	si
1A2-1A1	0.00785	NO
1B2-2B1	0.00226	NO
1B2-1A1	0.0033	NO
2B1-1A1	0.00104	NO

Resultado de comparación de Temperaturas entre muestras para WAI PEGAJOSIDAD.
NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MUESTRAS 1C2,2C1, ENTRE 1A2,1B2, ENTRE 1A2,1A1, ENTRE 1B2,2B1 Y ENTRE 1B2,1A1 Y LA 2B1,1A1.

No.60: Datos para Grafico No.7 WAI

WAI	FINO	GRUESO
A (120°C)	2.4	2.28
B (160°C)	2.27	2.6
C (200°C)	2.37	2.65
M (286°C)	0	2.77

No.61: Analisis de Varianza para WAI.

ANALISIS DE VARIANZA		1A2	1B2	1C2	M	1A1	2B1	2C1	TOTAL		
	N										
	1	2.2697	2.5768	2.6406	2.794	2.4011	2.2779	2.3514	17.3115		
	2	2.2924	2.6183	2.6567	2.752	2.3895	2.2593	2.389	17.3572		
TOTAL N	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL		4.5621	5.1951	5.2973	5.546	4.7906	4.5372	4.7404	34.6687		
MEDIA		2.28105	2.59755	2.64865	2.773	2.3953	2.2686	2.3702			
GRUPOS	14										
MUESTRAS	7										
FC	SCm	glm	SCj	glj	SCt	glit	Scce	gle	CMm	CMj	Cme
5.85133998	0.463034057	6	0.00014918	1	0.466111572	13	0.002928337	6	0.07717234	0.00014918	0.0004881
Fm	Fj										
158.12184	0.305657135										

No.62: Cuadro para Analisis de Varianza

Cuadro	gl	SC	CM	F
Muestras	6	0.463034057	0.07717234	158.12184
Jueces	1	0.000149178	0.00014918	0.305657135
Error	6	0.002928337	0.00048806	
Total	13	0.466111572		

No.63: Niveles de significancia para analisis.

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Diferencia Significativa	t de Student
1%	4.28	menor	158.12184	si	3.143
5%	8.47	menor	158.12184	si	1.943
1%	5.99	mayor	0.30565714	no	0
5%	13.74	mayor	0.30565714	no	0

No. 64: DMS para analisis estadistico.

DMS
0.049098056

No.65: Ordenamiento de medias para muestras.

ORDENAMIENTO DECCRECIENTE DE MEDIAS DE LAS MUESTRAS						
M	1C2	1B2	1A1	2C1	1A2	2B1
2.77	2.6486	2.5975	2.3953	2.3702	2.28105	2.2686

No. 66: Resultados de analisis estadisticos.

Comparaciones	diferencia	Significacion
M-1C2	0.1214	si
M-1B2	0.1725	si
M-1A1	0.3747	si
M-2C1	0.3998	si
M-1A2	0.48895	si
M-2B1	0.5014	si
1C2-1B2	0.0511	si
1C2-1A1	0.2533	si
1C2-2C1	0.2784	si
1C2-1A2	0.36755	si
1C2-2B1	0.38	si
1B2-1A1	0.2022	SI
1B2-2C1	0.2273	si
1B2-1A2	0.31645	si
1B2-2B1	0.3289	si
1A1-2C1	0.0251	NO
1A1-1A2	0.31645	si
1A1-2B1	0.1267	si
2C1-1A2	0.08915	si
2C1-2B1	0.1016	si
1A2-2B1	0.01245	ND

Resultado de comparacion de Temperaturas entre muestras para WAI
WAI
No existe una diferencia significativa entre las muestras 1A1 y 2C1 ni entre 1A2 y 2B1

No.67: Datos para Gráfico No.8 WSI

WSI	FINO	GRUESO
A (120°C)	5.0886	5.0366
B (160°C)	5.57	4.1878
C (200°C)	4.6891	4.3579
A (286°C)	0	5.3875

No.68: Análisis de Varianza para WSI.

LISIS DE VARIANZA											
	N	1A2	1B2	1C2	M	1A1	2B1	2C1	TOTAL		
	1	5.0546	4.1728	4.2523	5.4098	5.0816	5.5337	4.635	34.1398		
	2	5.0185	4.2027	4.4636	5.3786	5.0955	5.6063	4.7431	34.5083		
TOTAL N	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL		10.0731	8.3755	8.7159	10.7884	10.1771	11.14	9.3781	68.6481		
MEDIA		5.03655	4.18775	4.35795	5.3942	5.08855	5.57	4.68905			
MUESTRAS	14										
SPUESTAS	7										
FC	SCm	glm	SCj	glj	SCT	glt	Scce	gle	CMm	CMj	Cme
36.6115453	3.185732367	6	0.00969945	1	3.218216332	13	0.022784519	6	0.53095539	0.00969945	0.0037974
Fm	Fj										
39.820043	2.554220243										

No.69: Cuadro para Análisis de Varianza

Cuadro	gl	SC	CM	F
Variación				
Muestras	6	3.185732367	0.53095539	139.820043
Jueces	1	0.009699446	0.00969945	2.554220243
Error	6	0.022784519	0.00379742	
Total	13	3.218216332		

No.70: Niveles de significancia para análisis.

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Diferencia Significativa	t de Student
1%	4.28	menor	139.820043	si	3.143
5%	8.47	menor	139.820043	si	1.943
1%	5.99	mayor	2.55422024	no	0
5%	13.74	mayor	2.55422024	no	0

No.71: DMS para análisis estadístico.

DMS
1.136953674

No.72: Ordenamiento de medias para muestras.

ORDENAMIENTO DECRECIENTE DE MEDIAS DE LAS MUESTRAS						
2B1	M	1A1	1A2	2C1	1C2	1B2
5.57	5.3942	5.0886	5.03655	4.6891	4.3579	4.1878

No.73: Resultados de análisis estadísticos.

Comparaciones	diferencia	Significación
2B1-M	0.1758	si
2B1-1A1	0.4814	si
2B1-1A2	0.53345	si
2B1-2C1	0.8809	si
2B1-1C2	1.2121	si
2B1-1B2	1.3822	si
M-1A1	0.3056	si
M-1A2	0.35765	si
M-2C1	0.7051	si
M-1C2	1.0363	si
M-1B2	1.2064	si
1A1-1A2	0.05205	NO
1A1-2C1	0.3995	si
1A1-1C2	0.7307	si
1A1-1B2	0.9008	si
1A2-2C1	0.34745	si
1A2-1C2	0.7307	si
1A2-1B2	0.84875	si
2C1-1C2	0.3312	si
2C1-1B2	0.5013	si
1C2-1B2	0.1701	si

Resultado de comparación de Temperaturas entre muestras para WAI
WSI
No existe una diferencia significativa entre las muestras 1A1 y 1A2.

APÉNDICE D

EVALUACION SENSORIAL

BOLETA No.1

PRUEBA DE ORDENACION

NOMBRE:..... FECHA:.....

Frente a Ud. tenemos cuatro muestras: empezando por la izquierda, evaluar cada muestra y situarlas desde la de mejor sabor y apariencia (Calificación 1) hasta la de menor sabor y apariencia (Calificación 4). No se permite colocar dos muestras en el mismo lugar, y puede volver a probar cuantas veces lo desee. Gracias.

	834	537	649	251
Situación:	.....	.....	.....	.....

BOLETA No.2

PRUEBA DE ORDENACION

NOMBRE:..... FECHA:.....

Frente a Ud. tenemos cuatro muestras: empezando por la izquierda, evaluar cada muestra y situarlas desde la de mejor sabor y apariencia (Calificación 1) hasta la de menor sabor y apariencia (Calificación 4). No se permite colocar dos muestras en el mismo lugar, y puede volver a probar cuantas veces lo desee. Gracias.

	649	356	537	542
Situación:	.....	.....	.....	.....

BOLETA No.3

PRUEBA DE ORDENACION

NOMBRE:..... FECHA:.....

Frente a Ud. tenemos cuatro muestras: empezando por la izquierda, evaluar cada muestra y situarlas desde la de mejor sabor y apariencia (Calificación 1) hasta la de menor sabor y apariencia (Calificación 4). No se permite colocar dos muestras en el mismo lugar, y puede volver a probar cuantas veces lo desee. Gracias.

	471	625	542	356
Situación:	.....	.....	.....	.....

BOLETA No.4

PRUEBA DE ORDENACION

NOMBRE:..... FECHA:.....

Frente a Ud. tenemos cuatro muestras: empezando por la izquierda, evaluar cada muestra y situarlas desde la de mejor sabor y apariencia (Calificación 1) hasta la de menor sabor y apariencia (Calificación 4). No se permite colocar dos muestras en el mismo lugar, y puede volver a probar cuantas veces lo desee. Gracias.

	625	834	537	542
Situación:	.....	.....	.....	.....