



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

TEMA

**Obtención de una ecuación estadística para la
optimización del parámetro dureza en la elaboración
del pan de hot dog.**

AUTOR

Alba Coronel Juan Fernando

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
con Concentración en Agronegocios

TUTOR

Ing. Chero Alvarado Víctor M.Sc.

**Guayaquil, Ecuador
2016**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Juan Fernando Alba Coronel como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Agroindustrial con Concentración en Agronegocios**.

TUTOR

Ing. Víctor Chero Alvarado, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, M.Sc.

Guayaquil, a los 15 días del mes de marzo del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Juan Fernando Alba Coronel**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación Obtención de una ecuación estadística para la optimización del parámetro dureza en la elaboración del pan de hot dog previo a la obtención del Título de **Ingeniero Agroindustrial con Concentración en Agronegocios**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 días del mes de marzo del año 2016

EL AUTOR

Juan Fernando Alba Coronel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

AUTORIZACIÓN

Yo, Juan Fernando Alba Coronel

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Obtención de una ecuación estadística para la optimización del parámetro dureza en la elaboración del pan de hot dog, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de marzo del año 2016

EL AUTOR

Juan Fernando Alba Coronel

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme un día más de vida, a mis padres por su apoyo y paciencia, a mi tutor Ing. Víctor Chero Alvarado M.Sc. por su guía y motivación en este periodo de titulación, a la empresa Melipatisserie y todos quienes la conforman por la oportunidad y ayuda brindada, a mis amigos y futuros colegas por su compañía y amistad incondicional.

Gracias totales.

Juan Fernando Alba Coronel

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, hermana, primos, tíos, abuelitos que me cuidan desde el cielo, a mis amigos de universidad, de colegio, de escuela, a mi querida facultad y a todos quienes la conforman, a todas las personas que formaron parte de mi formación académica y espiritual, y a todas las víctimas inocentes de guerras y atentados sin sentido.

“Quien no vive para servir, no sirve para vivir.”

Madre Teresa de Calcuta

Juan Fernando Alba Coronel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

CALIFICACIÓN

Ing. Víctor Chero Alvarado M.Sc.

TUTOR

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
1 INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
General.....	2
Específicos	3
Hipótesis.....	3
Hipótesis nula.....	3
Hipótesis alternativa	3
2 MARCO TEÓRICO	4
2.1 Pan de harina de trigo.....	4
2.1.1 Generalidades	4
2.1.2 Historia	4
2.1.3 Industrialización.....	5
2.1.4 Componentes del pan	6
2.2 Características de una masa de pan	14
2.2.1 Consistencia.....	14
2.2.2 Tenacidad	14
2.2.3 Elasticidad.....	14
2.2.4 Extensibilidad	15
2.3 Etapas de producción	15
2.3.1 Pesaje de insumos	15
2.3.2 Amasado	16
2.3.3 División y boleado	16

2.3.4	Laminado	17
2.3.5	Leudado	17
2.3.6	Horneo	18
2.3.7	Empacado	18
2.3.8	Almacenamiento.....	19
2.4	Análisis de textura	19
2.4.1	Dureza.....	19
2.4.2	Sensorial	20
2.5	Ecuación.....	21
2.5.1	Ecuación estadística de regresión múltiple	21
2.6	Fundamento legal	21
3	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1	Ubicación del ensayo.....	22
3.2	Materiales	22
3.2.1	Insumos de panadería.....	22
3.2.2	Maquinaria y utensilios de producción	23
3.2.3	Equipo de laboratorio	23
3.3	Factores Estudiados	23
3.4	Tratamientos Estudiados	24
3.5	Combinaciones de Tratamientos	24
3.6	Diseño Experimental.....	25
3.7	Análisis de la varianza	26
3.8	Manejo del Ensayo	27
3.8.1	Formulación para pan de hot dog	27

3.8.2	Elaboración de pan de hot dog	28
3.9	Plan de muestreo.....	32
3.10	Muestreo.....	34
3.11	Análisis de dureza en pan de hot dog.....	34
3.12	Variable Evaluada.....	34
4	RESULTADOS.....	35
4.1	Análisis de dureza	35
4.2	Efecto de los factores	38
4.3	Ecuación estadística de dureza	42
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1	Conclusiones	45
5.2	Recomendaciones	46
	BIBLIOGRAFÍA	47
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la harina de trigo.....	7
Tabla 2. Descripción de los factores de estudio	24
Tabla 3. Combinación de Tratamientos.....	25
Tabla 4. Descripción de los factores del diseño experimental.....	25
Tabla 5. ANDEVA.....	26
Tabla 6. ANDEVA del estudio.....	27
Tabla 7. Presencia y ausencia de acondicionador de masa, huevo y leche en polvo en antigua y nueva fórmula.....	28
Tabla 8. Fechas de muestreo	33
Tabla 9. Tabulación de resultados.....	36
Tabla 10. ANDEVA.....	38
Tabla 11. Efecto huevo x leche	39
Tabla 12. Efecto huevo x acondicionador.....	39
Tabla 13. Efecto leche x acondicionador.....	40
Tabla 14. Coeficientes de la ecuación.....	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Cubos para Dureza	37
Gráfico 2. Efectos de los factores con la variable de dureza	41

RESUMEN

En el presente trabajo se elaboraron 8 masas de pan de hot dog, con el objetivo de encontrar el mejor tratamiento que tenga una dureza óptima, posterior a esto mediante el uso de herramientas estadísticas se obtuvo una ecuación para el cálculo de la dureza tomando como referencia la dosis de acondicionador de masa, leche y huevo en la masa de pan y la interacción de cada uno con la dureza, se usaron como base dos fórmulas o recetas una antigua y otra nueva para la elaboración de las 8 masas. Para la elaboración de las masas se usó el mismo método establecido por la empresa Melipatisserie, lugar donde se realizó la parte experimental del presente trabajo. Se tomaron muestras de cada tipo de pan provenientes de los 8 tratamientos y posteriormente al análisis de dureza usando un texturómetro.

Palabras clave: pan, dureza, acondicionador de masa, huevo, leche, ecuación.

ABSTRACT

In this study we prepared 8 masses of hot dog bread, with the objective of finding the best treatment that has an ideal hardness, after this and by the use of statistical tools an equation was obtained for the calculation of the hardness citing as an example the dose of conditioner of mass, milk and egg in the mass of bread and the interaction of each one with the hardness, an ancient and a new one formulae or recipes were used for the making of the 8 masses. For the making of the masses there was used the same method established by the company Melipatisserie, place where the experimental part of the present work was realized. There took samples of every type of bread originated from 8 treatments and later to the hardness analysis using a texturómetro. After that, an equation was obtained by the use of statistical tools.

Keywords: bread, hardness, conditioner of mass, egg, milk, equation.

1. INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos básicos en la dieta diaria de las personas y uno de los más antiguos, el cual ha formado parte de la alimentación del hombre a través de la historia. Su gran aporte energético lo convierte en un alimento esencial y tradicional para empezar las actividades del diario vivir. En la actualidad existe una gran variedad de productos de panificación, y gracias a la innovación tecnológica siguen surgiendo nuevas variedades con un alto valor nutricional y un tiempo de conservación prolongado como lo exige el mercado actual.

La tendencia del consumidor habitual de pan es el de consumir un pan suave, y que su suavidad se mantenga al pasar los días. La suavidad es sinónimo de frescura, y el consumo de un pan fresco es más agradable y sencillo al momento de la masticación. Un indicador o medidor de suavidad es la dureza, el cual es la tendencia de un cuerpo a mantener su forma original. Mediante un análisis de textura se puede calcular la dureza de un alimento en este caso del pan, para tomar medidas de corrección y lograr una suavidad en el producto terminado.

El aumento de la dureza en el pan de hot dog en la compañía panificadora Melipatisserie, origino reclamos por parte de los clientes y en la búsqueda de correcciones a este problema, surgió la idea del cambio en la fórmula del pan de hot dog, creando una nueva fórmula eliminando el acondicionador de masa y leche en polvo e incluyendo huevo como agente suavizante para reducir la dureza en el pan.

Por medio de la aplicación de un software estadístico, se puede obtener una ecuación que nos ayude al cálculo del parámetro de dureza y a seleccionar la mejor dosis de insumos, además de tener otra alternativa en el cálculo de dureza aparte del uso del texturómetro.

El uso de mejoradores o aditivos químicos como el acondicionador de masa en la industria panificadora ha tenido sus debates y polémicas, provocando problemas de salud a largo plazo en personal operativo.

Mediante la aplicación teórico-práctico en la investigación del tema propuesto se espera resolver el problema generado por la dureza en el pan de hot dog, para retomar la confianza en los clientes y lograr un beneficio económico a la empresa. Se espera adquirir conocimientos y aptitudes ante la presencia de problemas que comúnmente aparecen en las industrias alimenticias.

Objetivos

General

- Obtener una ecuación estadística para optimizar el parámetro dureza en la elaboración del pan de hot dog.

Específicos

- Elaborar pan de hot dog, a partir de las diferentes combinaciones posibles entre la antigua y nueva fórmula, considerando solamente los insumos huevo, acondicionador, leche para las combinaciones.
- Determinar la dureza de los diferentes tratamientos mediante el uso de un texturómetro.
- Analizar los diferentes tratamientos y la influencia de los factores de estudio con la dureza, mediante el uso de dos software estadísticos: infostat versión libre y minitab versión 16.0.
- Elegir tratamiento óptimo para cumplir con el requerimiento especificado (dureza).

Hipótesis

Hipótesis nula

La adición de huevo en la masa de hot dog no incide en la disminución de la dureza en el producto terminado.

Hipótesis alternativa

La adición de huevo en la masa de hot dog incide en la disminución de la dureza en el producto terminado.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Pan de harina de trigo

2.1.1 Generalidades

El Tratado de Nutrición, define al pan común como “producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida al mezclar harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propias de la fermentación panaria” (Gil, 2010, p.14). Además el Instituto Ecuatoriano de Normalización define al pan común o de harina trigo como “el pan de miga blanca u obscura, elaborado a base de harina de trigo: blanca, semi-integral o integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados” (INEN, 2011).

Por ende el pan es un alimento nutritivo, teniendo como ingrediente base en su elaboración a la harina la cual existen algunas variedades, teniendo como resultado la gran variedad de panes que se consumen hoy en día.

2.1.2 Historia

El origen del pan se remonta a la edad de piedra, a la época neolítica para ser precisos, cuando el hombre prehistórico al ver las bondades que brindaba el trigo empezó a tritararlo con piedras y agregándole agua dio origen a una papilla la cual era consumida como fuente de energía, en un descuido esta papilla se la dejó reposando lo que provocó un proceso de secado por acción del sol, dando origen al primer pan, el cual según la FAO se llamó Matzá o Pan Ácimo (FAO, 2011).

Según lo expresado en el libro La Panadería “se han hallado restos de masas carbonizadas en cuyo interior se encuentran distintamente trozos de granos denunciando que en tan remotas edades el hombre se procuraba pan como nosotros”, refiriéndose al hallazgo de las primeras evidencias de la elaboración de pan en las cuevas de la prehistoria (Gironi, 2010, p.17).

El artículo “El origen del pan y su historia hasta nuestros días” describe como los egipcios inventaron los primeros métodos de fermentación en el pan, mediante la mezcla de una masa antigua con una nueva, obteniendo un pan más esponjoso y de mejor sabor, resaltar también como el pan ha estado presente a través de la historia convirtiéndose en alimento indispensable de todas las civilizaciones y siempre a través del tiempo fue perfeccionando su proceso de elaboración (Mundopán, 2014, p.3).

2.1.3 Industrialización

El concepto de industrialización del pan se creó con la idea general de producir más pan en el menor tiempo posible, para poder acelerar el proceso de elaboración del pan se fue introduciendo maquinaria y herramientas industriales que ayuden en la línea de producción, como consecuencia se debieron establecer parámetros de control de la calidad en cada proceso de la producción para de esta manera obtener un producto de calidad, uno de los avances más significativos en el proceso de elaboración del pan es en la etapa de fermentación, etapa que toma menos tiempo gracias a la operación de cámaras de leudo o fermentación, todo esto tratando de respetar las técnicas y formulas tradicionales de elaboración (Galdos, 2014, p.6).

Según Felipe Ruano presidente de la ASEMAC sobre el impacto ambiental en la industria panadera “la industria panadera ha aunado esfuerzos para compatibilizar el desarrollo de su actividad industrial y comercial con el concepto de sostenibilidad, mediante el uso de cogeneración y la disminución de emisiones de gases contaminantes, y así contribuir a la lucha contra el cambio climático” (ASEMAC, 2013, p.23).

Es importante seguir innovando y descubriendo métodos que aceleren el proceso de elaboración del pan pero sin perder sus características originales, y buscar ese balance perfecto entre calidad y bajos costos de producción, por lo que todo apunta a una total automatización en la industria panadera.

2.1.4 Componentes del pan

2.1.4.1 Harina de trigo

La harina de trigo según la Norma INEN 0616 “es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) hasta un grado de extracción determinado, considerando al restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado)” (INEN, 2013). Es el insumo principal en la panificación, siendo el medio absorbente de los demás insumos y formadora de la masa, es imposible usar una harina para panificación si su contenido gluten es inferior al 14% (Ángeles, 2013), el gluten es el compuesto formado por las proteínas glutenina y gliadina que provee elasticidad y firmeza a la masa (INEN, 2011).

El contenido químico de una harina de trigo para panificación se lo puede observar en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Composición química de la harina de trigo

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	12,0 - 14,0
Carbohidratos	65,0 - 70,0
Proteína	7,0 - 15,0
Grasa	1,5 - 2,5
Fibra	2,0 - 2,5
Ceniza	1,5 - 2,0

Fuente: (DuoC UC, 2012)

En la formulación de panes la harina es el insumo de partida, representando el 100 % de la masa total, de acuerdo a este porcentaje se desprenden los demás insumos, gracias a este cálculo se puede obtener la cantidad de cada insumo a emplear. Siempre es importante solicitar la ficha técnica al momento de emplear una harina, para analizar si su composición es apta para la panificación.

2.1.4.2 Agua

Relacionado a los costos de producción es el insumo menos costoso en la panificación y esencial para la formación de la masa (DuoC UC, 2012, p.18), por efecto el agua es el medio por el cual se logra la mezcla de la harina con los demás insumos, otorgándole consistencia a la masa y pudiendo controlar su temperatura, además permite el desenvolvimiento de la levadura y la formación del gluten.

La cantidad de agua cambia según el tipo y textura del pan que se desee, en la mayoría de los casos representa el 50 % - 65 % de la masa panadera teniendo como referencia el 100 % de harina, igualmente es muy importante medir la cantidad de agua a usar por lo que una excesiva o escasa cantidad de agua alteraría la formación de la masa (Holguin y Gañan, 2014, p.26).

Para poder obtener un producto panificado que cumpla con los estándares de calidad exigidos, se recomienda el uso de agua potable o semidura, por su bajo contenido de minerales y baja carga microbiana. Para retrasar la acción de la levadura y controlar la temperatura de la masa si se lo requiere se pueden usar cristales de hielo al momento de mezclar los insumos.

2.1.4.3 Levadura

Pertenece al grupo de los hongos unicelulares los cuales se caracterizan por transformar los azúcares en alcohol y en dióxido de carbono, la más usada en la industria panificadora es la del género *Saccharomyces cerevisiae* (Holguin y Gañan, 2014, p.28). En la panificación su principal función es la de fermentar la masa mediante la producción del dióxido de carbono (CO₂) gaseoso, por su actividad fermentadora el pan obtiene su sabor y aroma característicos.

Otra función esencial de la levadura es la de proveer de volumen a la masa o en términos panaderos hacer que el pan crezca a causa de la liberación de anhídrido carbónico gaseoso en la fermentación, la presentación comercial más usada de la levadura en la panificación

es la fresca o comprimida la cual viene en forma de cubos color crema cubierta de papel parafinado, se sugiere almacenarla a temperaturas entre 2 °C a 7 °C (Reyes y Cáceres , 2011, p.32).

2.1.4.4 Sal

Es un elemento muy importante en la elaboración de pan, cumple con algunas funciones entre las cuales están:

- Fortalece al gluten, logrando obtener una masa más compacta.
- Realza el sabor del pan.
- Ayuda en la conservación del pan, por su acción de absorción de agua.
- Retarda el crecimiento de microorganismos secundarios originados durante la fermentación del pan.
- Regula el proceso de fermentación, retardando el crecimiento de la levadura (Reyes y Mejía, 2011, p.15).

Su uso debe ser máximo del 2 % en la mezcla en referencia al 100 % de harina, un uso mayor a este porcentaje podría anular el proceso de fermentación de la levadura, malogrando la obtención de un producto de calidad.

2.1.4.5 Azúcar

Es el alimento de la levadura la cual se convierte en dióxido de carbono (CO₂) por lo que a grandes cantidades acelera el proceso de la levadura y en pocas la retarda, además los azúcares restantes del proceso de fermentación actúan como endulzantes y realzan el color

del pan (McGee, 2010, p.20). Además amplía el tiempo de conservación del pan ya que conserva la humedad en la masa.

2.1.4.6 Manteca Vegetal

Es un componente viscoso y sólido, obtenido de la hidrogenación de un aceite vegetal, proceso en el cual se circula gas hidrogeno sobre el aceite logrando su endurecimiento, sirve como conservante y optimizador de las cualidades del pan (Humanes, 2011, p.13), entre sus demás funciones están:

- Provee suavidad y uniformidad a la masa, haciéndola fácilmente manejable en los diferentes procesos de producción.
- Brinda frescura al pan y resiste a la rancidez, aumentando el tiempo de vida útil.

2.1.4.7 Huevo

El huevo es un alimento con un alto valor nutricional, conformado por vitaminas, proteínas, minerales, agua y grasas. Su estructura la conforman la cascara que ocupa el 12 % del peso total, la clara que representa el 55 % del peso total, y la yema de color amarillo que representa el 33 % del peso total en donde se encuentra la mayoría de los nutrientes. Su aporte más importante en la panificación es la esponjosidad que brinda a los panes mejorando su volumen, debido a la dilatación que presentan los huevos ante la presencia de calor. Realiza también la función de adhesión en la fase de mezclado de los diferentes insumos, permitiendo una mezcla homogénea, y aporta un alto valor nutricional al pan (Hamelman, 2013, p.5).

Según el estudio realizado en el presente trabajo, la adición de huevo a la masa de pan reduce el valor de dureza en la textura del pan, y con estudios más profundos se lograría convalidar el uso de huevo como reemplazo de los mejoradores químicos usados en la panadería.

2.1.4.8 Leche

Es un alimento nutritivo con alto contenido de proteína, calcio y fósforo. En la industria panificadora el tipo de leche empleado es la leche en polvo debido a diferentes motivos: su homogeneidad, fácil uso, se la puede almacenar a temperatura ambiente, su merma es baja comparada con la leche líquida, su tiempo de vida útil es más prolongado (Sebess, 2010, p.32).

Entre las funciones que cumple la leche en la composición del pan están:

- Enriquece el color y apariencia del pan.
- Refuerza en la formación de la corteza del pan.
- Provee consistencia a la masa.
- Contribuye a un mejor sabor y aroma al pan.

2.1.4.9 Mejoradores

Se califica como mejoradores de pan a los aditivos que se añaden a la masa en búsqueda de mejorar las propiedades físicas, de elaboración, propiedades organolépticas finales, y de conservación

del pan. Están compuestos básicamente de emulsionantes, ácido ascórbico, azúcares, antiaglutinantes, enzimas.

Se clasifican en conservantes, antioxidantes, fermentadores, reguladores (Grupo Vilbo, 2011, p.6). La dosis recomendada de mejorador esta entre el 0.5 % - 2 % con relación al peso de la harina.

Existen muchas dudas y cuestionamientos acerca del uso de los mejoradores en la panificación, hay ideologías a favor y en contra de su uso, un ejemplo en contra la encontramos en el resumen de la tesis de grado titulada “Determinación de los cambios organolépticos y la disminución de aditivos empleando masa madre en la formulación de pan artesanal campestre” donde opina que “el desarrollo de aditivos como mejoradores y acondicionadores de masa simplifican el proceso de elaboración, mejorando la apariencia del producto pero a la vez merma el aroma y sabor que identifican al pan tradicional” (Reyes Rentería , 2011, p.12).

No hay que olvidar que los mejoradores son productos alérgenos, por lo cual su contacto prolongado provocaría afectaciones en la piel, y sus efectos a largo plazo producirían asma y rinitis en el personal operativo. Se cuestiona también el uso de mejoradores que contienen hidroxibutilanisol y el hidroxibutilolueno, según la Food and Drug Administration (Administración de alimentos y medicamentos) de los Estados Unidos su uso en cantidades permitidas no provocarían afectaciones, pero en cantidades mayores tendría efectos cancerígenos (FDA, 2011).

Otra sustancia muy discutida es el bromato de potasio usado para obtener más fuerza y volumen en la masa, y sus efectos secundarios van desde diarreas, vómitos, convulsiones, tumores (Comite Editorial Salusline, 2014, p.16).

Se necesitan más estudios y análisis para erradicar el uso de estos mejoradores, pero al mismo tiempo siempre prevalecerá los intereses de las grandes compañías productoras de esta clase de aditivos o mejoradores y las grandes industrias de alimentos antes que la salud de los consumidores, creándose así una encrucijada, la única opción o recurso para el consumidor es la búsqueda de alimentos orgánicos libre de esta clase de aditivos e ingeniarse el reemplazo de un aditivo químico por uno natural que cumpla las mismas funciones en la industria alimenticia.

2.1.4.9.1 Acondicionador de masa

El acondicionador de masa es un tipo de mejorador de pan, usado para obtener una mejor textura y resistencia en el pan, su aplicación es muy discutida debido a la presencia de un compuesto químico sintético llamado azodicarbonamida. Se lo aplica también en la industria de plásticos, para la elaboración de alfombras de yoga, debido a que provee resistencia, esponjosidad y maleabilidad (RPP Noticias, 2014, p.5).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) “los trabajadores que tratan grandes volúmenes de esta sustancia química corren un riesgo mayor de padecer problemas respiratorios e irritación de piel”

(RPP Noticias, 2014, p.7). Uno de los casos que más repercusión tuvo por el uso de acondicionador de masa en los panes, fue el de las cadenas de comida rápida Subway en Estados Unidos, la cual fue obligada a retirar la azodicarbonamida en la elaboración de sus panes, como resultado de la publicidad negativa que estaba recibiendo y el reclamo de sus clientes. McDonald's y Starbucks han seguido el mismo ejemplo de Subway de retirar este compuesto químico antes que se produzcan reclamos similares (Ferré y Consulting Group, 2014, p.10).

2.2 Características de una masa de pan

2.2.1 Consistencia

Es equivalente al grado de dureza o suavidad en la masa, depende mucho del porcentaje de agua que se aplique en el amasado, lo cual es de suma importancia controlar la cantidad y temperatura de agua que se añade a la masa (Flecha, 2015, p.24).

2.2.2 Tenacidad

La tenacidad se la expresa como la fuerza que se aplica a una masa para deformarla, depende mucho del contenido proteico de la harina y la acción o no de aditivos o mejoradores que se añaden a la masa (Flecha, 2015, p.25).

2.2.3 Elasticidad

Es la conducta que presenta la masa para volver a su forma inicial después de haber sufrido un proceso de deformación. Una prueba

muy rápida y superficial de elasticidad es al momento de estirar un pedazo de masa y que esta se vuelva a encoger. Es una característica muy esencial en las masas debido a que de cierta manera manifiesta la reacción de la masa en la cocción y fermentación (Flecha, 2015, p.25).

2.2.4 Extensibilidad

Se la define como la disposición de la masa para estirarse y moldear sin que se presenten desgarros o roturas. Es necesario que la masa posea una buena extensibilidad para que pueda soportar las diferentes etapas del proceso de producción, y para que tenga una óptima fermentación y puedan quedar atrapados los gases generados en esta (Flecha, 2015, p.26).

2.3 Etapas de producción

2.3.1 Pesaje de insumos

Es la primera etapa en el proceso de producción del pan en el cual se pesan los insumos tanto sólidos como líquidos que conformarán la masa del pan, es muy importante controlar el peso de los insumos y que la formulación del pan este correctamente establecida para poder obtener una masa apta para la producción (Amorós, 2011, p.46).

Para pesar los insumos se usan balanzas industriales las cuales deben estar correctamente calibradas para el pesaje de los insumos, y se comienza a pesar primero la harina por ser el insumo base y del

cual se desprende el peso de los demás insumos, cuando se tiene el peso de todos los insumos se los añade en el amasador.

2.3.2 Amasado

Es la etapa donde empieza a formarse la masa, debido a la mezcla de los insumos que se produce por la acción de la mezcladora o amasadora. Cada tipo de pan tiene su tiempo e intensidad de amasado, además en esta etapa empieza la formación del gluten el cual determinara la calidad de la masa, es muy importante controlar el tiempo de amasado por lo que si se excede el tiempo se alteraría la consistencia de la masa, y también controlar la temperatura de la masa ya que esta tiene la tendencia a calentarse debido al movimiento constante del amasado y como consecuencia se acelera el proceso de fermentación, por eso se recomienda el uso de agua helada en la mezcla de los insumos para estabilizar la temperatura (Martínez, 2013, p.26).

Antiguamente se realizaba el amasado de forma manual con la fuerza de las manos, pero el tiempo de amasado era muy largo y el desgaste físico era grande, con la llegada de la revolución industrial comenzaron a operar las amasadoras industriales las cuales acortaban el tiempo del amasado y su capacidad de amasado era extenso, consiguiendo una gran cantidad de panes en poco tiempo.

2.3.3 División y boleado

La división es el corte que se realiza a la masa previamente amasada de acuerdo a la cantidad de panes que se desea, se considera

también que la masa pesa un 20 % más que el producto terminado y de acuerdo a esta relación se realiza la división, se deben realizar cortes limpios que no desgarren a la masa, y el boleado es la forma que se le da a la masa divida dependiendo del tipo de pan que se deseada, es importante que este proceso no tome un tiempo prolongado, debido a que la levadura está actuando sobre la masa, verificando la elasticidad de la masa se puede comprobar que la masa no ha sido completamente fermentada (Castilla, 2014, p17).

2.3.4 Laminado

Es un proceso específico aplicado solo a panes de forma alargada cilíndrica como el baguette o hot dog, en el cual mediante un sistema de rodillos automáticos la masa boleada es laminada de forma rápida proveyéndole la forma alargada cilíndrica. Este proceso es realizado a nivel industrial por una laminadora la cual se gradúa de acuerdo al largo y grosor que se desea en el pan.

2.3.5 Leudado

Es el proceso de fermentación controlada originado por la levadura la cual produce una maduración en el pan y transforma los azúcares en dióxido de carbono y en alcoholes los cuales favorecen al desarrollo del sabor, aroma y estructura en el producto final. El leudado es un proceso delicado y muy controlado, donde se deben cumplir algunos parámetros como la cantidad de levadura a usar, ya que un exceso de levadura en la masa no permite el incremento en el volumen. La temperatura, el tiempo y la humedad relativa son factores importantes al momento del leudado, un exceso de estos factores produce un pan seco, el cual se endurece rápidamente (Aguilar, 2010, p.30).

En la actualidad este proceso a nivel industrial se lo realiza en las cámaras de leudo o fermentación la cual reúne las cualidades necesarias de temperatura y humedad relativa para el óptimo desarrollo de la levadura, es necesario un mantenimiento constante de la cámara para que no se presente anomalías en el producto final.

2.3.6 Horneo

Proceso crítico en la panificación en el cual se produce la cocción de la masa previamente fermentada por medio de un horno, el cual transfiere calor a la masa por conducción o convección, dependiendo del tipo de horno. El tiempo y temperatura de horneado dependerá mucho del peso y tipo de pan, además del tipo de horno que se utilice. Es importante precalentar el horno, de lo contrario el pan se agrandará perdiendo humedad y consistencia (Marrou & Villacorta, 2010, p.24).

2.3.7 Empacado

La técnica de empaquetado cambia dependiendo de la presentación comercial del producto terminado, en la mayoría de industrias panificadoras se usan los empaques de polietileno de alta densidad que protegen al producto de agentes externos y llevan las rotulaciones exigidas por los institutos de calidad, es primordial que en esta última etapa de empaquetado se cumplan las normas de higiene e inocuidad para que no exista contaminación o presencia de objetos extraños dentro del empaque.

Previo al empaquetado y posterior al horneado se debe enfriar el pan a temperatura ambiente hasta que el pan alcance una temperatura

óptima entre 35 °C y 38 °C, durante el enfriamiento del pan ocurren una serie de alteraciones como la pérdida de humedad y la retrogradación del almidón que aceleran el envejecimiento del pan, además el pan pierde entre 1 a 3 % de su peso durante el enfriado (Santana & Tenesaca, 2013, p.54).

2.3.8 Almacenamiento

Un correcto almacenamiento del producto terminado evita un envejecimiento prematuro, para panes de alta rotación o consumo rápido se recomienda almacenarlos a temperatura de refrigeración (4 °C), para panes de baja rotación o consumo bajo se conservan en congelación a (-30 °C) .

2.4 Análisis de textura

2.4.1 Dureza

De acuerdo a Toledo (2012), se define a la dureza como “como la resistencia que opone un cuerpo a la deformación”. La dureza en la panificación es una propiedad textural muy importante, porque de acuerdo a esta se puede determinar el nivel de frescura en el pan.

Entre los factores que inciden en la dureza del pan son:

- Humedad
- Temperatura de horneado
- Tiempo de horneado
- Tiempo de enfriamiento

- Tiempo de almacenamiento
- Formulación del pan

Para medir la dureza en un producto panificado se usa usualmente un texturómetro el cual por acción de una sonda mide la dureza del pan, es recomendable que las muestras de pan a medir sean de la producción del día, justamente después de la etapa de enfriamiento.

2.4.2 Sensorial

El análisis sensorial es la evaluación que se realiza a un alimento por medio de los sentidos, en el cual se pueden analizar las propiedades organolépticas de un alimento. Si se requiere de un análisis sensorial muy profundo y estricto es necesario que la persona que realiza el análisis se haya capacitado en este tema y pueda distinguir fácilmente entre las diferentes cualidades del alimento. Es necesario el análisis sensorial al momento de cambiar un insumo en la elaboración de un alimento y analizar si este altera alguna propiedad organoléptica (Ramírez-Navas, 2012, p.21). Existen tres tipos de análisis organolépticos:

- **Descriptivo.**- describe las cualidades sensoriales y su medición.
- **Discriminativo.**- comprueba si hay diferencias entre productos.
- **Del consumidor.**- Elaborado por evaluadores no entrenados cuyo objetivo final es la aceptación del producto.

2.5 Ecuación

Una ecuación según el libro Álgebra Lineal es una “igualdad que contiene una o más variables, que involucra las operaciones básicas de suma, resta, multiplicación y división, cuyo objetivo varía según su campo de aplicación” (Kolman & Hill , 2011, p.8).

2.5.1 Ecuación estadística de regresión múltiple

Es un tipo de ecuación utilizada para el análisis de la relación entre una variable dependiente y un grupo de variables independientes. Aplicada principalmente en investigaciones de tipo cuantitativo. Para la obtención de este tipo de ecuación se emplea el uso de softwares estadísticos los cuales calculan los coeficientes de cada variable o factor (Barón & Téllez, 2012, p.48).

En la industria alimenticia este tipo de ecuación es aplicada para analizar la relación que existen entre diferentes tipos de variables dependiente e independientes, como en el caso del cálculo de las propiedades físico-químicas en los alimentos (acidez, dureza, pH).

2.6 Fundamento legal

Para generalidades del pan y principios básicos a nivel nacional se aplica las normas INEN 93, INEN 94, INEN 95, INEN 96. Para análisis y parámetros de dureza se respalda en la Norma Técnica Colombia NTC 1363 donde describe los requisitos generales que deben tener un producto panificado y establece un rango de dureza para el pan especial entre 4.08 N-5.48N, y entre la Norma Mexicana NMX-F-159-S-1983 la cual se basa en las especificaciones del pan blanco.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del ensayo.

El presente trabajo de titulación se realizó en la planta de procesamiento de alimentos de la compañía TROVICA S.A., específicamente en la sección de producción de panadería de la empresa de venta de productos panificados Melipatisserie, ubicada en la Cda. Pedro Menéndez Gilbert Mz 13 Solar 29, cantón Durán, provincia del Guayas. Este trabajo experimental fue realizado entre los meses de Noviembre del 2015 a Enero del 2016.

Las coordenadas donde se encuentra ubicada la planta producción de TROVICA S.A. son: 2°10'00.6" latitud sur y 79°50'00.1" longitud oeste.

3.2 Materiales

3.2.1 Insumos de panadería

A continuación se detallan los insumos requeridos para la elaboración de la masa de pan:

- Harina de trigo
- Manteca vegetal
- Levadura
- Azúcar
- Sal
- Leche en polvo
- Acondicionador de masa
- Huevo
- Agua
- Ajonjolí

3.2.2 Maquinaria y utensilios de producción

La fabricación de pan requiere de una variedad de materiales y utensilios, los cuales se detallan a continuación:

- Balanza industrial
- Balanza gramera
- Amasadora
- Boleadora
- Bandejas de aluminio
- Coches porta bandejas
- Horno industrial
- Cámara de leudo
- Guantes termoresistentes
- Moldes para hot dog
- Laminadora
- Selladora manual
- Empaque de polietileno
- Cofia
- Mascarilla
- Guantes desechables

3.2.3 Equipo de laboratorio

Para los respectivos análisis de dureza realizados se usaron los siguientes equipos:

- Texturómetro Brookfield CT3
- Cuchillo de pan
- Balanza

3.3 Factores Estudiados

Se estudiaron los siguientes factores: dos dosis de huevo, dos dosis de leche, dos dosis de acondicionador de masa.

Tabla 2. Descripción de los factores de estudio

FACTORES	DOSIS 1	DOSIS 2
Huevo	0	1.68
Leche	1.3	0
Acondicionador de masa	0.43	0

Elaborado por el Autor

En la Tabla 2 se muestra que cada factor tiene dos dosis expresadas en gramos.

3.4 Tratamientos Estudiados

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

Dos dosis de huevo: (H₁) y (H₂)

Dos dosis de leche: (L₁) y (L₂)

Dos dosis de acondicionador: (A₁) y (A₂)

Lo indicado generó un experimento factorial 2x2x2.

3.5 Combinaciones de Tratamientos

La combinación de los tratamientos se indica a continuación:

Tabla 3. Combinación de Tratamientos

Nº Tratamiento	Acondicionador	Huevo	Leche
1	A ₁	H ₁	L ₁
2	A ₁	H ₁	L ₂
3	A ₁	H ₂	L ₁
4	A ₁	H ₂	L ₂
5	A ₂	H ₁	L ₁
6	A ₂	H ₁	L ₂
7	A ₂	H ₂	L ₁
8	A ₂	H ₂	L ₂

Elaborado por el Autor

3.6 Diseño Experimental

Durante la presente investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2x2x2, con 8 observaciones.

Tabla 4. Descripción de los factores del diseño experimental

FACTOR	A y B NIVELES
Huevo	2
Leche	2
Acondicionador de masa	2

Elaborado por el Autor

3.7 Análisis de la varianza

Luego de considerados los factores e identificado el tipo de variable que representa cada uno de ellos, se procedió a realizar el ANDEVA, el esquema del análisis de la varianza se indica a continuación:

Tabla 5. ANDEVA

F. de V.	GL
Tratamientos	(7)
Huevos	1
Leche	1
Huevo x Leche	1
Acondicionador	1
Huevo x Acondicionador	1
Leche x Acondicionador	1
Acond. x Huevos x Leche	1
Error	56
Total	63

Elaborado por el Autor

Tabla 6. ANDEVA del estudio

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Resultados	64	1.00	1.00	0.43

Elaborado por el Autor

En la Tabla 6, se contempla que el coeficiente de variación (CV) es 0.43 siendo menor a 30 lo que indica que los datos son confiables y están distribuidos de manera normal, además el valor de R² (1.00) indica que el 100 % de los valores se ajustan al diseño.

3.8 Manejo del Ensayo

3.8.1 Formulación para pan de hot dog

Para el presente trabajo experimental se trabajó con dos fórmulas de pan de hot dog, una formula antigua previamente establecida y una nueva que se la creo con el objetivo de disminuir la dureza en el producto final (Anexo 23 y 24).

La principal diferencia entre las dos fórmulas radica en la presencia y ausencia de tres insumos: acondicionador de masa, huevo, y leche en polvo, como podemos observar en la siguiente Tabla:

Tabla 7. Presencia y ausencia de acondicionador de masa, huevo y leche en polvo en antigua y nueva fórmula.

INSUMOS	FORMULA ANTIGUA	FORMULA NUEVA
Acondicionador de masa	✓	X
Huevo	X	✓
Leche en polvo	✓	X

Elaborado por el Autor

Para la formulación de los panes se usó el porcentaje del panadero, donde la harina representa el 100 % del peso de la masa, y los demás insumos son calculados en relación a la harina, el peso de los insumos esta expresado en gramos, una ventaja de este tipo de formulación es la fácil memorización de los porcentajes de los insumos para futuros cálculos.

Más adelante en la sección de resultados se podrá observar la interacción de los tres insumos previamente mencionados: acondicionador de masa, huevo, leche en polvo, con el parámetro de dureza en el pan.

3.8.2 Elaboración de pan de hot dog

A continuación, se describe el proceso de elaboración del pan de hot dog según las normas establecidas por la empresa Melipatisserie, el

proceso es el mismo para las diferentes fórmulas, la parada máxima de producción es de 612 unidades de pan, pero solo se produjeron 500 panes por facilidad de tabulación, cada pan tiene un peso final de 80 gramos.

Pesaje de insumos

Se procedió a pesar los insumos de acuerdo a la formula correspondiente, se utilizó una balanza industrial para pesar la harina y el agua y una balanza gramera para los demás insumos, se usó como recipiente para pesar los insumos una bandeja de acero inoxidable y se tuvo cuidado de que la balanza este correctamente tarada para solamente obtener el peso del insumo.

Amasado

Se añaden los insumos correctamente pesados a la amasadora, menos la levadura la cual se la ira añadiendo durante el mezclado, se usó una amasadora marca Logiudice Forni con capacidad máxima de 50 kg de masa, para la masa de pan de hot dog el amasado se empieza a velocidad rápida por 10 minutos, a los 5 minutos se añade la levadura; pasado los 10 minutos se amasa otros 5 minutos a velocidad lenta. Al finalizar los tiempos de amasado se estira un pedazo de masa y si esta no se parte o rasga quiere decir que la masa esta lista.

División y Boleado

Se dividió manualmente la masa total en 17 porciones iguales con un peso de 2 880 gramos cada porción, las porciones se las fue ingresando a la boleadora la cual en cuestión de segundos boleó cada porción en 36 porciones más pequeñas de masa con un peso de 80 gramos cada una, se usó una boleadora marca Dr. Robot 2 con una capacidad máxima de 6 kg de masa, las porciones de masa previamente boleadas se las puso en reposo sobre bandejas de aluminio listas para el siguiente proceso de laminado.

Laminado

Las porciones de masa previamente boleadas son pasadas por una laminadora la cual le da la forma alargada característica del pan de hot dog, cada masa laminada tiene que tener una largo de 17 cm, se coloca las masas laminadas en los moldes de hot dog los cuales están ordenados sobre bandejas de aluminio, se rocía agua a cada masa en el molde y se esparce el ajonjolí, se coloca las bandejas con los moldes en los coches, se espera hasta llenar el coche y empezar el siguiente proceso.

Leudado

Se ingresan los coches a la cámara de leudo a una temperatura de 44 °C por un tiempo de 2 horas y media, con el fin de acelerar el proceso de fermentación.

Se usó una cámara de leudo marca Colip con capacidad para 6 coches. Pasado el tiempo del leudo la masa estará leudada, teniendo una apariencia inflada producida por los gases retenidos del proceso de fermentación.

Horneo

Se pre-calienta el horno por 10 minutos antes de ingresar el coche salido de la cámara de leudo, se ingresa el coche y se hornea a una temperatura de 225 °C por 16 minutos, se saca el coche con mucha precaución cumplido el tiempo de horneo usando guantes termo-resistentes para la manipulación de los coches, se deja enfriar a temperatura ambiente por 40 minutos.

Empacado

Después que el pan esta enfriado se lo desmolda manualmente y se revisa que cada unidad de pan cumpla con las características físicas apropiadas y no presente deformaciones o manchas, se procede a empacar los panes sin alteraciones en fundas de polietileno las cuales deben estar correctamente fechadas, para el pan de hot dog se le da un tiempo de vida útil de 15 días, se empacan 5 unidades de pan por funda, y se las sella con la selladora manual controlando que quede correctamente sellada sin aberturas o quemaduras provocadas por la selladora, finalmente se coloca las fundas correctamente selladas en las gavetas de pan.

Almacenamiento

Se cuentan con dos cámaras de almacenamiento para producto terminado panificado, una cámara de congelación donde se almacena producto para stock y otra de refrigeración donde se almacena producto para despacho o de alta rotación, se traslada las gavetas con producto terminado del área de empaque a las cámaras de almacenamiento de acuerdo al fin que vaya a tener el producto final, en el caso del pan de hot dog al ser un producto de alta rotación se lo almacena en la cámara de refrigeración a la espera de su despacho.

3.9 Plan de muestreo

Para la elaboración del plan de muestreo se tomó como base la parada de producción diaria, establecida previamente en 500 panes, según se describe en el apartado 3.8.2. La obtención del número de muestras se dio mediante el uso de la ecuación para el cálculo de la muestra de una población finita que se muestra a continuación:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot pq}{d^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot pq}$$

Dónde:

N = Total de la población

Z_{α} = 1,96 si el Nivel de confianza es del 95 %; 1.645 si es de 90 %; 2.576 si es de 99 %

P = Frecuencia esperada del facto a estudiar. Cuando se desconoce dicha frecuencia se utiliza el valor de $p=0.5$ (50%) que maximiza el tamaño muestral

$q = 1 - p$

d = Precisión o error admitido

Tabla 8. Fechas de muestreo

Fechas de muestreo y análisis de dureza	
2 diciembre 2015	Primera toma de muestras y análisis
9 diciembre 2015	Segunda toma de muestras y análisis
16 diciembre 2015	Tercera toma de muestras y análisis
22 diciembre 2015	Cuarta toma de muestras y análisis
7 enero 2016	Quinta toma de muestras análisis
13 enero 2016	Sexta toma de muestras y análisis
21 enero 2016	Séptima toma de muestras y análisis
27 enero 2016	Octava toma de muestras y análisis

Elaborado por el autor

3.10 Muestreo

Se tomaron muestras de pan al concluir la etapa de enfriamiento de la producción, se escogieron muestras al azar que no presentaran alteraciones en su estructura y su temperatura entre 32 °C – 34 °C. Se usó guantes, cofia, y mascarilla para evitar alteraciones de algún agente biológico y exceso de manipulación del producto.

3.11 Análisis de dureza en pan de hot dog

Posterior a la toma de muestras se realizó el análisis de dureza usando un texturómetro Brookfield CT3, de cada muestra se cortó con un cuchillo de pan rodajas de 23 mm de espesor y se las colocó una por una sobre la plataforma de análisis, se configuró el texturómetro para el respectivo análisis, y se procedió al análisis. La prueba se realizó con una sonda cilíndrica de 37.2 mm de diámetro y la configuración de la prueba en el texturómetro se la ejecuto en modo normal con una carga inicial de 0.05 N, a una velocidad de análisis de 2 mm/s, y a una distancia de 10 mm. Los resultados se los expresó en Newton.

3.12 Variable Evaluada

Se evaluó la variable de dureza en el producto terminado, y la influencia que tienen en ella los tres factores de estudio: acondicionador de masa, leche, huevo.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de dureza

Terminado los muestreos y los análisis respectivos se procedió a realizar la tabulación de los resultados de dureza obtenidos mediante el uso del texturómetro, considerando la dureza expresada en Newton de los 8 tratamientos durante las 8 semanas de toma de muestras, se obtuvo lo siguiente:

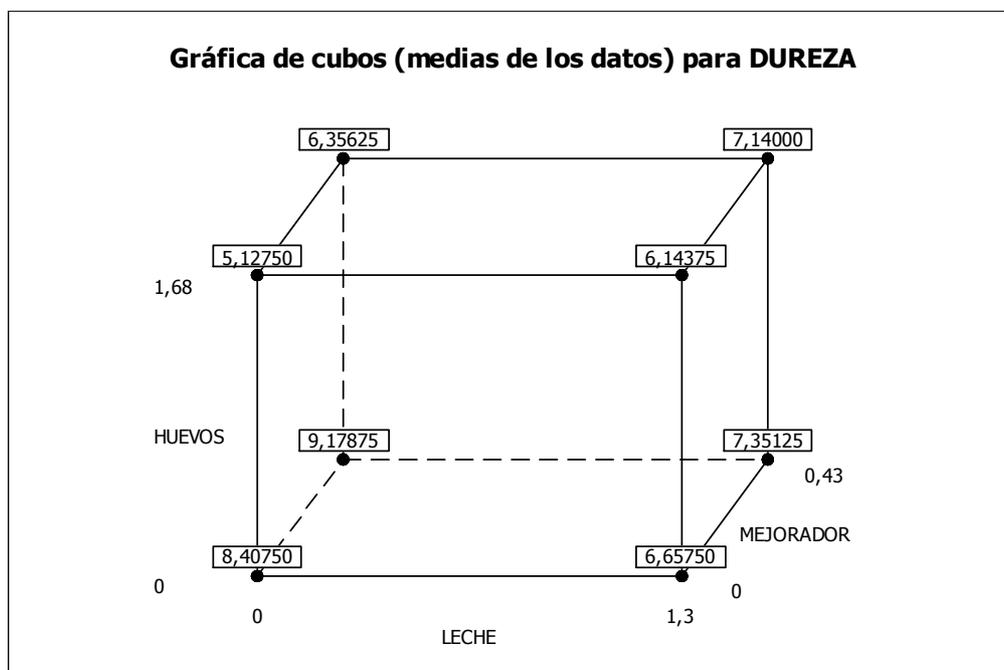
Tabla 9. Tabulación de resultados

	DOSIS			DUREZA								
	Acond.	Huevo	Leche	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Promedio
T1	0.43	0	1.3	7.34	7.36	7.34	7.35	7.37	7.34	7.35	7.36	7.35
T2	0.43	1.68	1.3	7.12	7.15	7.13	7.16	7.12	7.12	7.15	7.17	7.14
T3	0.43	0	0	9.13	9.13	9.15	9.22	9.24	9.16	9.23	9.17	9.18
T4	0.43	1.68	0	6.36	6.34	6.42	6.32	6.37	6.38	6.34	6.32	6.36
T5	0	0	1.3	6.67	6.74	6.65	6.67	6.66	6.63	6.61	6.63	6.66
T6	0	1.68	1.3	6.12	6.14	6.17	6.11	6.19	6.12	6.17	6.13	6.14
T7	0	0	0	8.33	8.38	8.41	8.34	8.36	8.38	8.42	8.34	8.37
T8	0	1.68	0	5.15	5.12	5.11	5.13	5.12	5.14	5.14	5.11	5.13

Elaborado por el Autor

Como se aprecia en la Tabla 8, el tratamiento con el promedio de dureza más bajo de 5.13 es el tratamiento 8 el cual fue elegido como el mejor porque se encuentra dentro del rango de dureza (4.08N-5.48N) de la Norma Técnica Colombia NTC 1363, y en su formulación tiene una dosis de 0 acondicionador y leche en polvo y 1.68 de huevo, los tratamiento con el valor de dureza que sobrepasa el rango fueron los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 por ende son descartados.

Gráfico 1. Cubos para Dureza



Elaborado por el Autor

En el Gráfico 1, se interpreta que cada vértice del cubo equivale a la media de dureza de cada tratamiento y cada cara representa uno de los factores con su respectiva dosis, en la cual el vértice superior izquierdo de la cara anterior del cubo tiene la media de dureza más

baja con una dosis de 1.68 de huevo y 0 acondicionador y 0 leche convirtiéndolo en el mejor tratamiento.

4.2 Efecto de los factores

A continuación se analizaran los efectos que tuvieron los factores con la variable de dureza, en todos los casos se aplicó un test de Duncan con un nivel de significancia del 5 % y un nivel de confianza del 95 %:

Tabla 10. ANDEVA

F.V.	SC	GI	CM	Fcal	p-valor
Modelo	92.20	7	13.17	14170.70	<0.0001
Huevo	46.10	1	46.10	49602.87	<0.0001
Leche	3.03	1	3.03	3257.36	<0.0001
Acondicionador	13.89	1	13.89	14948.67	<0.0001
Huevo*Leche	28.52	1	28.52	30679.61	<0.0001
Huevo*Acond.	0.52	1	0.52	561.62	<0.0001
Leche*Acond.	0.12	1	0.12	129.92	<0.0001
Huevo*Leche*Acond.	0.01	1	0.01	14.85	0.0003
Error	0.05	56	9.3E-04		
Total	92.25	63			

Elaborado por el Autor

En la Tabla 10 tenemos el análisis de la varianza del diseño estadístico, donde todos los factores son altamente significativos al ser el p-valor menor a 0.05, tenemos 56 grados de libertad (gl) y un error experimental de 0.0009 %.

Tabla 11. Efecto huevo x leche

Leche			
Huevo	L ₁	L ₂	X
H ₁	7	8.77	7.88
H ₂	6.64	5.74	6.19
X	6.82	7.25	7.04

Elaborado por el Autor

En la Tabla 11 todas las medias son significativamente diferentes entre sí, siendo las medias de 6.64 y 5.74 las más bajas y aceptables de acuerdo al parámetro de dureza, en los dos casos la dosis de huevo es de 1.68 y para las medias más altas de 8.77 y 7 es de 0, teniendo el huevo un efecto suavizante o reductor de dureza, la leche tiene un efecto suavizante pero en menor grado que el huevo, siendo indiferente su uso de acuerdo a la dureza.

Tabla 12. Efecto huevo x acondicionador

Acondicionador			
Huevo	A ₁	A ₂	X
H ₁	8.27	7.51	7.89
H ₂	6.75	5.64	6.19
X	7.51	6.57	7.04

Elaborado por el Autor

Con respecto a la Tabla 12, todas las medias son significativamente diferentes, las medias más altas de dureza de 8.27 y 7.51 son las que tiene una dosis de 0 huevo o ausencia de huevo, al contrario de las medias más bajas de 6.75 y 5.64 que tienen una dosis de huevo de

1.68, confirmando una vez más su efecto suavizante, en el caso del acondicionador tiene un efecto endurecedor al tener una dosis de 0.43 en la media más alta de 8.27, anulando su uso de acuerdo a la dureza.

Tabla 13. Efecto leche x acondicionador

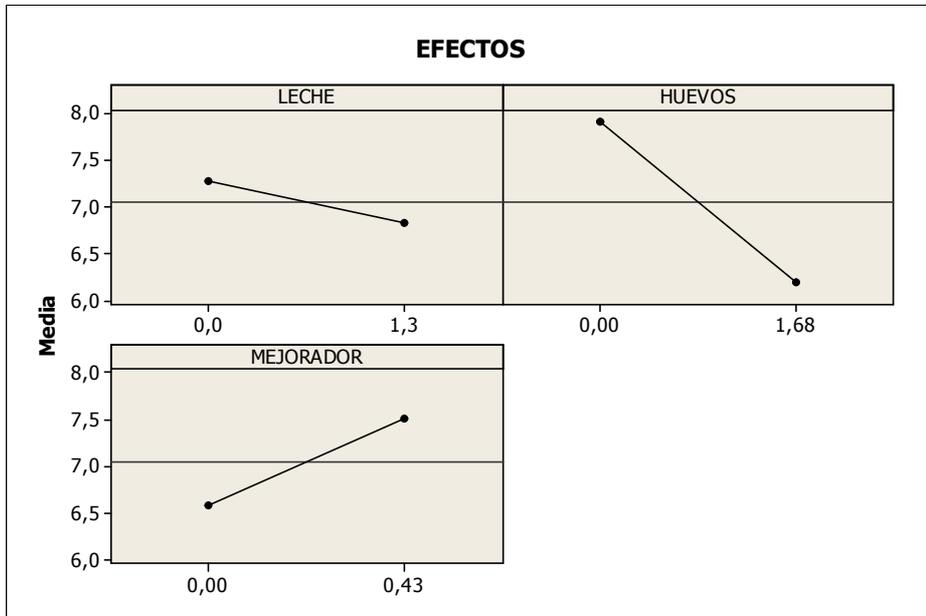
Acondicionador			
Leche	A ₁	A ₂	X
L ₁	7.25	6.40	6.82
L ₂	7.77	6.75	7.26
X	7.51	6.57	7.04

Elaborado por el Autor

Como se observa en la Tabla 13, todas las medias son significativamente diferentes, confirmando el efecto endurecedor que tiene el acondicionador al estar presente con una dosis de 0.43 en las medias más altas de 7.77 y 7.25, y siendo la leche un agente suavizante con menos efectividad que el huevo.

Se puede apreciar los efectos anteriormente analizados en el siguiente Gráfico:

Gráfico 2. Efectos de los factores con la variable de dureza



Elaborado por el Autor

El eje de las ordenadas (y) representa un rango de dureza y de las abscisas (x) las dosis de los factores, siendo el huevo el de mayor influencia por lo que su recta presenta una mayor inclinación o una reacción acentuada con respecto a los demás factores, concluyendo que a mayor dosis de huevo disminuye la dureza y a menor esta aumenta, la leche es la de menor influencia siendo su tendencia parecida a la del huevo pero menor intensidad, y por último el acondicionador tiene una tendencia opuesta a los anteriores factores, aumentando la dureza si su dosis aumenta y disminuyendo si esta igual disminuye.

4.3 Ecuación estadística de dureza

Mediante la aplicación de un software estadístico se obtuvo una ecuación estadística de tipo regresión múltiple para predecir la dureza óptima en relación a los 3 factores de estudio, se debe de tomar como referencia la elaboración de una unidad de pan para el cálculo de la ecuación.

Para la obtención de la ecuación primeramente se deben identificar las variables dependiente y las independientes, en este caso la dependiente es la dureza que es la que se desea calcular y las independientes son los factores y sus distintas combinaciones, después se procede a ingresar los datos del muestreo al software estadístico minitab 16, elegir la opción estadística de la barra de herramientas y escoger regresión, en regresión se escoge como respuesta la variables de dureza, y automáticamente nos provee de la ecuación y sus coeficientes.

Tabla 14. Coeficientes de la ecuación

Término	Coef
Constante	8.40750
Leche	-1.34615
Huevos	-1.95238
Acondicionador	1.79360
Leche*Huevos	1.26660
Leche*Acondicionador	-0.138640
Huevos*Acondicionador	0.633306
Leche*Huevos*Acondicionador	-0.165048

Elaborado por el Autor

En la Tabla 14 se puede observar los coeficientes para cada incógnita que pertenece a la ecuación. Los coeficientes negativos son negativos debido a que la dureza disminuye a medida que los coeficientes: leche, huevos, leche*acondicionador, leche*huevo*acondicionador; aumentan. Los coeficientes positivos son positivos porque la dureza aumenta a medida que los coeficientes: acondicionador, leche*huevos, huevos*acondicionador; aumentan.

A continuación se observa la ecuación elaborada en base al uso de herramientas estadísticas y a la investigación del presente proyecto:

$$Y = 8.40750 - 1.34615(L) - 1.95238(H) + M(1.79360) + 1.2660(L * H) - 0.1386408(L * M) + 0.63306(H * M) - 0.165048(L * H * M)$$

Donde:

Y = Dureza

L =Leche

H =Huevo

M =Mejorador

Reemplazando por las dosis del mejor tratamiento elegido del presente trabajo se obtiene:

$$Y = 8.40750 - 1.34615(0) - 1.95238(1.68) + 0(1.79360) + 1.2660(0 * 1.68) - 0.1386408(0 * 0) + 0.63306(1.68 * 0) - 0.165048(0 * 1.68 * 0)$$

Se realiza el cálculo y se tiene como respuesta:

$$Y=5.1385$$

Obtenemos un resultado de dureza de 5.13 el cual concuerda con la dureza óptima que se había obtenido durante la experimentación del proyecto.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se elaboraron ocho masas de pan de hot dog, con diferentes dosis de acondicionador de masa, huevo, leche en polvo, se tomó como base una fórmula antigua que presentaba problemas de dureza y otra nueva que se originó para reducir dureza en el pan.
- Se determinó la dureza de las muestras provenientes de las ocho masas usando un texturómetro, resultando el tratamiento 8 con el índice más bajo de dureza, por ende en la fórmula más adecuada para la elaboración de pan de hot dog.
- Se eligió de entre los ocho tratamientos, el mejor; mediante un análisis estadístico de varianza se observó que si existen diferencia entre los tratamientos analizados. Se definió que el tratamiento ocho obtuvo valores óptimos de dureza respaldado en el rango de la Norma Técnica Colombia NTC 1363.
- Se comprobó mediante herramientas estadísticas la influencia del huevo con la dureza, estableciendo que a mayor dosis disminuye la dureza, cumpliéndose la hipótesis alternativa, así mismo el efecto del acondicionador con la dureza, a mayor dosis aumenta la dureza, y la leche en polvo tuvo la influencia más baja.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda evitar el uso de los acondicionadores de masa en la industria panificadora, ya que se demostró mediante análisis estadístico que influye en el aumento de la dureza en el producto final, del mismo modo se recomienda la adición de huevo al 4 % ya que su incidencia radica en la disminución de la dureza.
- Realizar otra clase de análisis que evalúen el parámetro de dureza, para obtener una variedad de resultados que refuercen el análisis de la hipótesis aprobada en el presente trabajo.
- Realizar análisis del aumento de dureza tomando como variable el tiempo de almacenamiento del producto terminado, para poder estimar y establecer un tiempo de vida útil del producto final.
- Analizar el uso de otro tipo de mejoradores o aditivos químicos usados en la industria panificadora, para comprobar sus reacciones negativas en producto terminado y salud humana.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, P. V. (Julio de 2010). *Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (Manihot esculenta crantz) variedad valencia, factibilidad de usos en productos de panadería*. Obtenido de Tecnología en Marcha: http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/69/68
- Amorós, N. (2011). *Industrias Artológicas Triticultura, Molinería, Panadería*. Barcelona: MAXTOR.
- Ángeles, A. G. (2013). "EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DEL PAN, ELABORADO A PARTIR DE HARINA DE TRIGO NACIONAL (*Triticum Vulgare*), CON ADICIÓN DE GLUTEN VITAL "
- ASEMAC. (4 de Septiembre de 2013). *Diario del Campo*. Obtenido de La industria panadera analiza el proceso trigo-harina-pan: <http://www.diariodelcampo.com/detallepost.asp?id=1661yidcat=5>
- Barón, F., y Téllez, F. (Agosto de 2012). *Apuntes de bioestadística*. Obtenido de Bioestadística: www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap06.pdf
- Castilla, M. (2014). *Pan Casero*. CreateSpace Independent Pub.
- Comite Editorial Salusline. (2014). *Salusline*. Obtenido de <https://www.salusline.com/?SEC=modulosyMOD=NUTRICIONyaid=847>

- DuoC UC. (2012). *Manual de panadería*. Obtenido de biblioteca.duoc.cl/bdigital/Documentos_Digitales/600/640/38435.pdf
- FAO. (2011). *Origen del pan*. Obtenido de ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak792s/ak792s02.pdf
- FDA. (2011). *FDA*. Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/cuales-son-funciones-del-bha-bht-alimentos-congelados-info_240616/
- Ferré y Consulting Group. (1 de Mayo de 2014). *Escándalo mundial por una sustancia química que usaba Subway en sus panes*. Obtenido de Artes Blancas: http://www.artesblancas.com/escandalo-mundial-por-una-sustancia-quimica-que-usaba-subway-en-sus-panes/
- Flecha, M. (2015). *Procesos y Tecnicas de Panificacion*. Obtenido de Edu: https://www.edu.xunta.es/centros/cfrourense/.../mod/.../view.php?id...
- Galdos, M. (8 de Agosto de 2014). *El Club del Pan*. Obtenido de Panaderia Tradicional: http://www.elclubdelpan.com/libro_maestro/panaderia-tradicional-el-futuro-esta-en-el-pasado
- Gil, Á. (2010). *Tratado de Nutrición*. Madrid: Panamericana.
- Gironi, G. (2010). *La Panadería*. Madrid: Maxtor.
- Grupo Vilbo. (2011). *Mejorantes Panarios*. Obtenido de http://www.panaderia.com/articulos/view/mejorantes-panarios

- Hamelman, J. (2013). *El Pan: Manual de técnicas y recetas de panadería*. Madrid: Libros con Miga.
- Holguin, L. E., y Gañan, E. O. (2014). *Repositorio Insitucional Universidad de Cuenca*. Obtenido de Manual para el equipamiento e implementación en panaderías artesanales: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/19836>
- Humanes, J. P. (2011). *Panadería-Pastelería*. Madrid: Norma-Capitel.
- INCERHPAN. (Junio de 2015). *Dossier de prensa ASEM MAC*. Obtenido de www.asemac.es/.../DOSSIER%20DE%20PRENSA%20ASEMAC%20juni...
- INEN. (2011). *NTE INEN 0093*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0093.1979.pdf>
- INEN. (2011). *NTE INEN 0529*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0529.1981.pdf>
- INEN. (2013). *NTE INEN 0616*. Obtenido de www.normalizacion.gob.ec/.../2014/NORMAS_2014/.../nte_inen_iso_2141...
- Kolman, B., y Hill, D. R. (2011). *Álgebra Lineal*. México DF: Pearson.
- Marroú, M. E., y Villacorta, M. (Diciembre de 2010). *Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por arracha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft), fortificado*. Obtenido de Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos: https://www.researchgate.net/profile/Maria_Leon_Marrou/publication/49611085_Valor_nutritivo_de_pan_con_sustitucion_par

cial_de_harina_de_trigo_Triticum_aestivum_por_arracacha_A
rracacia_xanthorrhiza_Bancroft_fortificado/links/02bfe50e732
0b5240c000000.pdf

Martínez, J. M. (2 de Mayo de 2013). *El amasado (Técnicas de amasado)*. Obtenido de El Club del Pan: http://www.elclubdelpan.com/libro_maestro/el-amasado-tecnicas-de-amasado

McGee, H. (2010). *La Buena Cocina*. Debate.

Melipatisserie. (2013). *Diagrama de flujo panadería*. Guayaquil: Melipatisserie.

Melipatisserie. (2015). *Formula pan de hot-dog*. Guayaquil.

Mundopán. (2014). *Mundopán*. Obtenido de La origen del pan y su historia hasta nuestros dias: <http://www.mundopan.es/el-origen-del-pan-y-su-historia-hasta-nuestros-dias-cereal/>

Ramírez-Navas, J. S. (2012). *Análisis Sensorial: Pruebas Orientadas al Consumidor*. Cali: Reciteia.

Reyes Rentería, M. B. (19 de Abril de 2011). *ESPOL*. Obtenido de Determinación De Los Cambios Organolépticos Y La Disminución De Aditivos Empleando Masa Madre En La Formulación De Pan Artesanal Campestre: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/15908>

Reyes, R., y Mejía, M. (2011). *Panadería y Pastelería*. MIRBET.

RPP Noticias. (2014). *ADA, la peligrosa sustancia usada en 500 productos alimenticios de EEUU*. Obtenido de RPP Noticias: <http://rpp.pe/lima/actualidad/ada-la-peligrosa-sustancia-usada-en-500-productos-alimenticios-de-eeuu-noticia-673560?ref=rpp>

Santana, A. G., y Tenesaca, J. d. (2013). *Análisis de la Retrogradación del Pan Molde Blanco Mediante Métodos Experimentales Convencionales y Análisis Térmicos*. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/25405>

Sebess, P. (2010). *Técnicas de Panadería Profesional*. Buenos Aires: Colección Master Chef.

Toledo, M. I. (2012). *Determinación de índices de calidad física de alimentos para peces*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-ab482s/AB482S18.htm>

ANEXOS

Anexo 1: Pesado de insumos



Fuente: El autor

Anexo 2: Amasado



Fuente: El autor

Anexo 3: División de masas #1



Fuente: El autor

Anexo 4: División de masas #2



Fuente: El autor

Anexo 5: Boleado #1



Fuente: El autor

Anexo 6: Boleado #2



Fuente: El autor

Anexo 7: Laminado



Fuente: El autor

Anexo 8: Leudado #1



Fuente: El autor

Anexo 9: Leudado #2



Fuente: El autor

Anexo 10: Horneo



Fuente: El autor

Anexo 11: Enfriamiento



Fuente: El autor

Anexo 12: Empacado



Fuente: El autor

Anexo 14: Almacenamiento #1



Fuente: El autor

Anexo 15: Almacenamiento #2



Fuente: El autor

Anexo 16: Muestra #1



Fuente: El autor

Anexo 17: Muestra #2



Fuente: El autor

Anexo 18: Rotulado de muestras



Fuente: El autor

Anexo 19: Corte de muestras



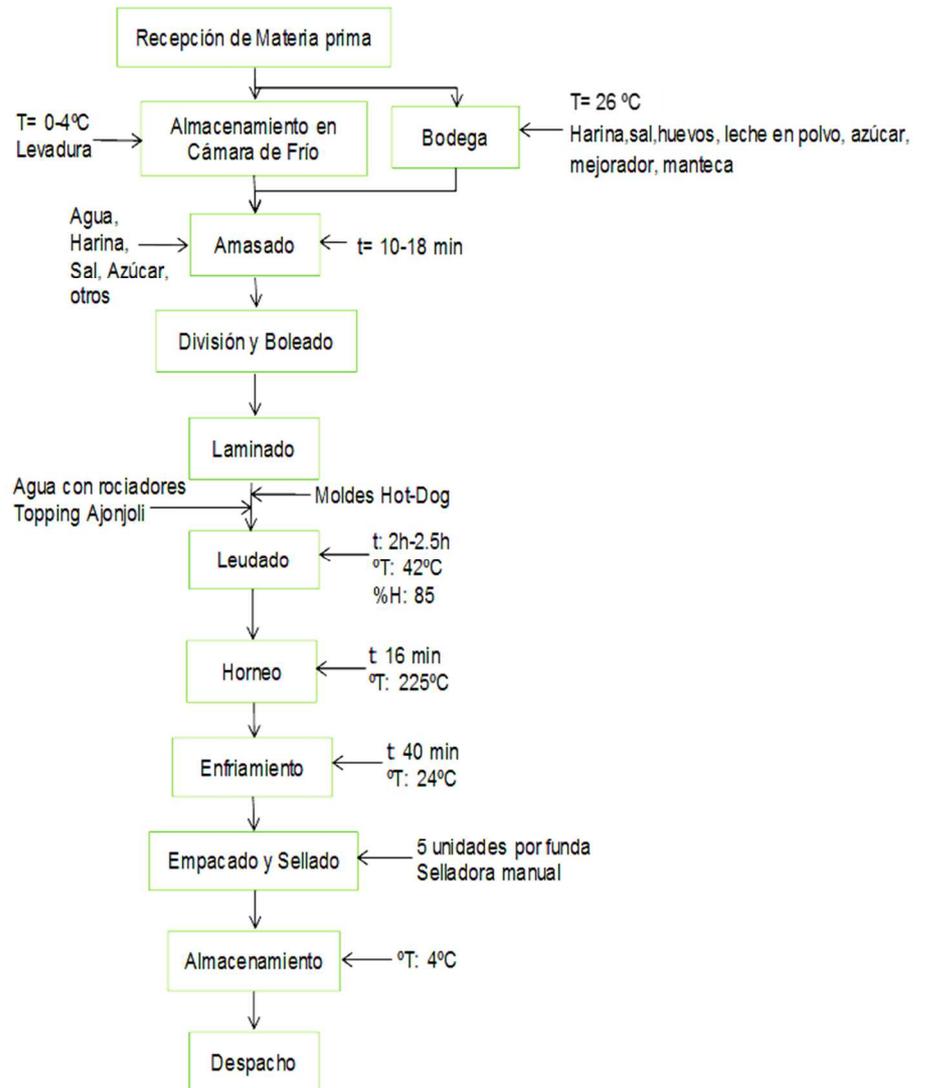
Fuente: El autor

Anexo 20: Análisis de dureza



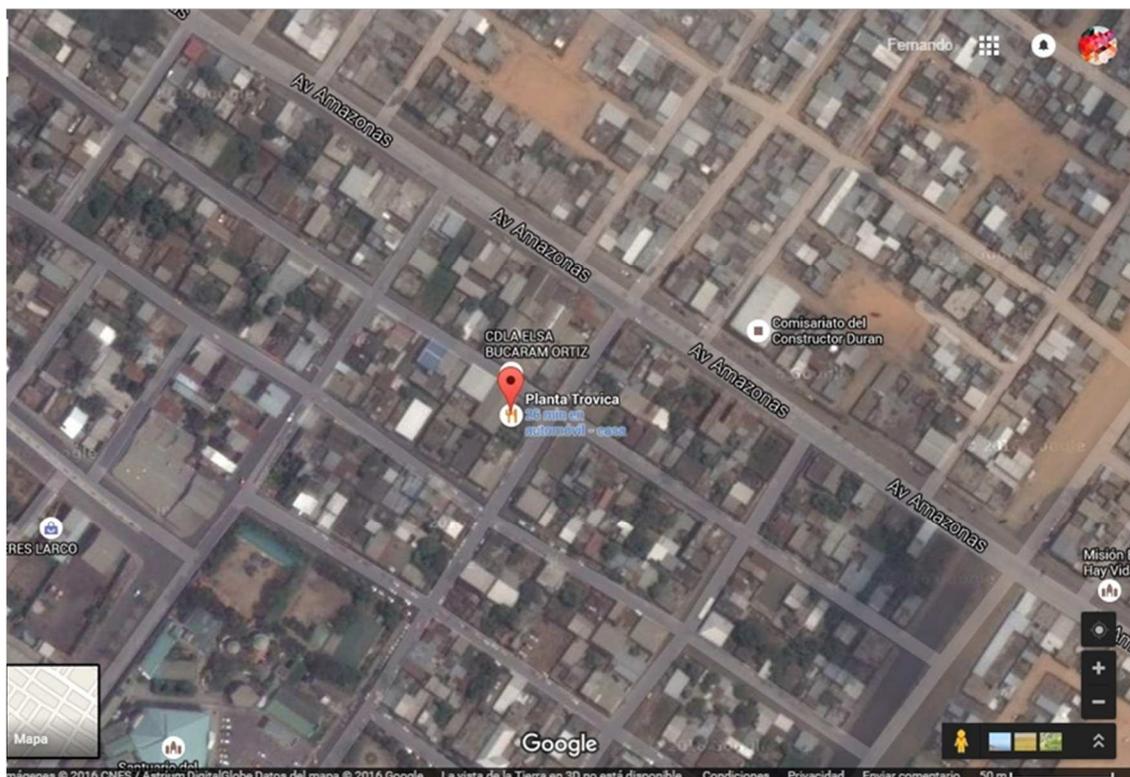
Fuente: El autor

Anexo 21: Diagrama de flujo del pan de hot dog



Fuente: Melipatisserie, 2013

Anexo 22: Ubicación del ensayo



Fuente: Google Maps

Anexo 23: Formula antigua y nueva de pan de hot dog expresada en gramos.

INSUMOS	FORMULA ANTIGUA	FORMULA NUEVA	INSUMOS	FORMULA ANTIGUA	FORMULA NUEVA
HARINA	24989	25767	LECHE POLVO	750	0
AZUCAR	3748	3865	AGUA	13975	12884
MANTECA	3748	3865	HUEVO	0	1030
LEVADURA	999	1033	TOTAL MASA	48960	48960
SAL	500	515	TOPPING		
MEJORADOR	250	0	AJÓNJOLI	500	500

Fuente: (Melipatisserie, 2015)

Anexo 24: Formula antigua y nueva de pan de hot dog expresada en porcentajes.

INSUMOS	FORMULA ANTIGUA	FORMULA NUEVA	INSUMOS	FORMULA ANTIGUA	FORMULA NUEVA
HARINA	100%	100%	LECHE POLVO	3%	0%
AZUCAR	15%	15%	AGUA	56%	50%
MANTECA	15%	15%	HUEVO	0%	4%
LEVADURA	4%	4%	TOTAL MASA	48960	48960
SAL	2%	2%	TOPPING		
MEJORADOR	1%	0%	AJÓNJOLI	500	500

Fuente: (Melipatisserie, 2015)

Anexo 25: Cronología del muestreo

N trat	Mejorador	Huevo	Leche Polvo	DUREZA							
				1	2	3	4	5	6	7	8
1	M1 (0,43)	H1 (0)	L1 (1,3)	7,34	7,36	7,34	7,35	7,37	7,34	7,35	7,36
2	M1 (0,43)	H2 (1,68)	L1 (1,3)	7,12	7,15	7,13	7,16	7,12	7,12	7,15	7,17
3	M1 (0,43)	H1 (0)	L2 (0)	9,13	9,13	9,15	9,22	9,24	9,16	9,23	9,17
4	M1 (0,43)	H2 (1,68)	L2 (0)	6,36	6,34	6,42	6,32	6,37	6,38	6,34	6,32
5	M2 (0)	H1 (0)	L1 (1,3)	6,67	6,74	6,65	6,67	6,66	6,63	6,61	6,63
6	M2 (0)	H2 (1,68)	L1 (1,3)	6,12	6,14	6,17	6,11	6,19	6,12	6,17	6,13
7	M2 (0)	H1 (0)	L2 (0)	8,33	8,38	8,41	8,34	8,36	8,38	8,42	8,34
8	M2 (0)	H2 (1,68)	L2 (0)	5,15	5,12	5,11	5,13	5,12	5,14	5,14	5,11

Fuente: El autor



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Alba Coronel Juan Fernando, con C.C: # 0925979221 autor del trabajo de titulación: Obtención de una ecuación estadística para la optimización del parámetro dureza en la elaboración del pan de hot dog previo a la obtención del título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL con Concentración en Agronegocios** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de marzo de 2016

f. _____
Nombre: Alba Coronel Juan Fernando
C.C: 0925979221



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Obtención de una ecuación estadística para la optimización del parámetro dureza en la elaboración del pan de hot dog.		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Alba Coronel, Juan Fernando		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Chero Alvarado Victor Egbert M. Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Agroindustrial		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Agroindustrial con Concentración en Agronegocios		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de marzo del 2016	No. DE PÁGINAS:	91
ÁREAS TEMÁTICAS:	Producción Industrial		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	PAN, DUREZA, ACONDICIONADOR DE MASA, HUEVO, LECHE, ECUACIÓN		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>En el presente trabajo se elaboraron 8 masas de pan de hot dog, con el objetivo de encontrar el mejor tratamiento que tenga una dureza óptima, posterior a esto mediante el uso de herramientas estadísticas se obtuvo una ecuación para el cálculo de la dureza tomando como referencia la dosis de acondicionador de masa, leche y huevo en la masa de pan y la interacción de cada uno con la dureza, se usaron como base dos fórmulas o recetas una antigua y otra nueva para la elaboración de las 8 masas. Para la elaboración de las masas se usó el mismo método establecido por la empresa Melipatisserie, lugar donde se realizó la parte experimental del presente trabajo. Se tomaron muestras de cada tipo de pan provenientes de los 8 tratamientos y posteriormente al análisis de dureza usando un texturómetro.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-2821539 / 0990715599	E-mail: juan.alba@cu.ucsg.edu.ec / fernandoalbac10@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Donoso Bruque Manuel Enrique		
	Teléfono: 0991070554		
	E-mail: manuel.donoso@cu.ucsg.edu.ec		

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	