

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS



“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN YOGURT A TEMPERATURA VARIABLE”

Trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Jorge Humberto Mantilla Bonilla

Tutora: Ing. Ibeth Manzano

Ambato – Ecuador

2012

APROBACIÓN

Ingeniera Ibeth Manzano

TUTORA DE TESIS

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de Investigación: “Desarrollo de una aplicación informática para el cálculo del tiempo de vida útil en yogurt a temperatura variable”, desarrollado por Jorge Humberto Mantilla Bonilla, observa las orientaciones metodológicas de la investigación científica, cumpliendo las disposiciones de la Universidad Técnica de Ambato, por lo que considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a evaluación ante los organismos respectivos.

Ambato, Febrero de 2012

TUTORA DE TESIS

AUTORÍA

La responsabilidad del contenido de la investigación, corresponde exclusivamente a Jorge Humberto Mantilla Bonilla e Ingeniera Ibeth Manzano Tutora del trabajo de investigación; y, es patrimonio intelectual de la Universidad Técnica de Ambato.

Autor

Tutora

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros de Tribunal de Grado, aprueban el informe del Trabajo de Investigación, sobre el tema “**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN YOGURT A TEMPERATURA VARIABLE**” presentado por el Señor Jorge Humberto Mantilla Bonilla, de conformidad con el reglamento de graduación para obtener el Título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato:

Para constancia firman:

f.....

Ing. Romel Rivera - PRESIDENTE

f.....

Ing. Danilo Morales
DELEGADO

f.....

Ing. Diego Salazar
DELEGADO

DEDICATORIA

“Sembrar para cosechar”

A Laura Herminia Bonilla Rivera, mi madre,
quien ha sabido con esfuerzo y sacrificio
impulsar mi vida y marcar mi camino en
busca del fruto de su arduo trabajo.....mi
bienestar.....

A Andrei Esteban Mantilla Freire, mi hijo,
para que me permita sembrar sobre él.....

AGRADECIMIENTO

A Dios y mi Madre que han iluminado mi sendero.

A Jenny por la paciencia mientras yo atravesaba por mi aventura del estudio.

A mis hermanas Valesca y Yadira por apoyarme como si fuese su propio hijo; mi hermano Juan por su ejemplo; a Chris y Nicole por enseñarme a ser padre.

A mis compañeros y compañeras de aula que me apoyaron de corazón mientras cumplía con mi deber de padre.

A mis profesores que me enseñaron algo más que ciencias.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos por cultivar mi mente por un mejor futuro.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

Carátula -----	i
Aprobación por el Tutor-----	ii
Autoría de Tesis -----	iii
Aprobación del Tribunal de Grado -----	iv
Dedicatoria -----	v
Agradecimiento -----	vi
Índice General de Contenidos -----	vii
Índice de Cuadros-----	xiii
Índice de Gráficos-----	xv
Resumen ejecutivo -----	xvii

B. TEXTO

Introducción -----	1
--------------------	---

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema -----	2
1.2. Planteamiento del Problema -----	2
1.2.1. Contextualización -----	2

Macro-----	2
Meso -----	3
Micro -----	4
1.2.2. Análisis Crítico -----	6
1.2.3. Prognosis-----	8
1.2.4. Formulación del Problema-----	8
1.2.5. Interrogantes (Subproblemas)-----	8
1.2.6. Delimitación-----	9
1.3. Justificación -----	9
1.4. Objetivos-----	9
General -----	9
Específicos -----	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos-----	11
2.2. Fundamentación Filosófica-----	14
2.3. Fundamentación Legal-----	14
2.4. Categorías Fundamentales-----	15
2.4.1. La Programación-----	16
Visual Basic-----	16

SQL Server-----	17
2.4.2. El Yogurt -----	18
Factores que afectan la vida útil del Yogurt -----	21
Métodos de Evaluación-----	22
2.4.3. Estimación científica de la Vida Útil -----	23
Modelos Predictivos -----	23
Cinética de la reacción básica para predecir la pérdida de calidad de los alimentos a temperatura constante -----	24
Reacción de Cero Orden -----	26
Reacción de Primer Orden -----	28
Efectos de la Temperatura -----	32
Predicción de la Vida Útil a Temperatura Variable -----	34
Predicción para la reacción de cero orden -----	34
Predicción para la reacción de primer orden-----	36
2.4.4. Método de Tolerancia al Tiempo y Temperatura -----	37
2.4.5. Resolución del Método Gráfico de la Tolerancia al Tiempo y Temperatura-----	43
2.5. Hipótesis -----	45
2.5.1. Hipótesis Nula -----	45
2.5.2. Hipótesis Alternativa -----	46
2.6. Señalamiento de las Variables de las Hipótesis -----	46
2.6.1. Variable Independiente-----	46

2.6.2. Variable Dependiente-----	46
----------------------------------	----

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad Básica de la Investigación -----	47
3.2. Nivel o Tipo de Investigación-----	47
3.3. Población y Muestra-----	48
3.3.1. Diseño Experimental-----	48
Niveles de los Tratamientos-----	48
3.4. Operacionalización de las Variables-----	49
3.4.1. Variable Independiente-----	49
3.4.2. Variable Dependiente-----	49
3.5. Plan de Recolección de Información-----	50
3.6. Plan de Procesamiento de la Información -----	50

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1. Análisis de los Resultados -----	51
4.1.1. Datos Obtenidos -----	51
4.1.2. Cálculos -----	52
4.1.3. Cálculo de la vida útil a temperatura variable -----	55
Hoja de Cálculo -----	55

Programa en ejecución “Shelf Life”-----	56
Cálculo Comparativo -----	75
4.2. Interpretación de los Datos -----	77
4.3. Verificación de las Hipótesis -----	77

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones -----	78
5.2. Recomendaciones -----	79

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos Informativos -----	80
6.2. Antecedentes -----	80
6.3. Justificación -----	81
6.4. Objetivos-----	81
6.5. Factibilidad -----	82
6.6. Fundamentación -----	82
6.6.1. Descripción del proceso de elaboración de lácteos -----	82
6.6.2. Descripción del Modelo Programable -----	82
6.6.3. Análisis-----	83
6.7. Modelo Operativo -----	84

6.8. Administración-----85

6.9. Previsión de la Evaluación -----86

C. MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía -----87

Anexos-----89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentaje de error estimado de la constante de reacción k como función de la precisión analítica y el seguimiento de los cambios de las especies reactivas -----	30
Cuadro 2. Niveles de los tratamientos -----	48
Cuadro 3. Operacionalización de la variable independiente -----	49
Cuadro 4. Operacionalización de la variable dependiente-----	49
Cuadro 5. Modelo Operativo (Plan de Acción) -----	70
Cuadro 6. Administración de la Propuesta -----	71
Cuadro 7. Previsión de la Evaluación -----	72
Cuadro 8. Valores del incremento de Ácido Láctico a 3 °C-----	Anexo 1
Cuadro 9. Valores del incremento de Ácido Láctico a 16 °C -----	Anexo 1
Cuadro 10. Valores del incremento de Ácido Láctico a 25 °C-----	Anexo 1
Cuadro 11. Valores del incremento de Ácido Láctico a 42 °C-----	Anexo 1
Cuadro 12. Resumen del incremento del Ácido láctico en el yogurt a diferentes temperaturas durante el tiempo de almacenamiento -----	Anexo 2
Cuadro 13. Cuadro resumen de t en horas a las diferentes temperaturas-----	Anexo 3
Cuadro 14. Cálculo de la hipotenusa para las cuatro temperaturas del experimento -----	Anexo 4

- Cuadro 15.** Cálculo del cateto opuesto para las cuatro temperaturas del experimento -----Anexo 5
- Cuadro 16.** Cálculo del cateto adyacente para las cuatro temperaturas del experimento -----Anexo 6
- Cuadro 17.** Adición de las alturas para la nueva escala de temperaturas corregidas-----Anexo 7
- Cuadro 18.** Cálculo de la Vida Útil a temperatura variable utilizando la hoja de cálculo-----Anexo 8
- Cuadro 19.** Diseño experimental de un factor completamente aleatorizado-----Anexos 9
- Cuadro 20.** Análisis de Varianza del diseño experimental -----Anexos 9
- Cuadro 21.** Diferencia mínima significativa (DMS)-----Anexos 9

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Árbol de Problemas-----	6
Gráfico 2. Categorías Fundamentales -----	15
Gráfico 3. Diagrama de flujo de la elaboración del Yogurt entero Mabosa-----	18
Gráfico 4. Tiempo de Almacenamiento vs Pérdida de Calidad para Reacciones de Cero Orden-----	27
Gráfico 5. Pérdida de Calidad (%) vs Tiempo de Almacenamiento para Reacciones de Primer Orden -----	28
Gráfico 6. Pérdida en los atributos de la Calidad siguiendo las dos diferentes órdenes de la reacción-----	31
Gráfico 7. Influencia de la temperatura sobre la constante de Reacción. La pendiente de la recta = Energía de Activación -----	32
Gráfico 8. Diagrama de Vida útil acelerada para diferentes valores de Q_{10} -----	34
Gráfico 9. Historia de Tiempo y Temperaturas -----	35
Gráfico 10. Solución Gráfica a la hipótesis de la Tolerancia al Tiempo y Temperatura Ecuación (27)-----	40
Gráfico 11. Solución Gráfica a la hipótesis de la Tolerancia al Tiempo y Temperatura Ecuación (28)-----	40
Gráfico 12. Atributo de la calidad vs Tiempo de almacenamiento con línea de tendencia para obtener las nuevas temperaturas corregidas-----	42
Gráfico 13. Vida útil vs Temperatura. Igualdad de áreas de referencia-----	43
Gráfico 14. Inverso del Tiempo vs Temperatura-----	44

Gráfico 15. Inverso del Tiempo vs Temperatura diseño del triángulo rectángulo para cada par ordenado-----	45
Gráfico 16. % Ácido Láctico a cada temperatura vs Tiempo de Almacenamiento con regresión lineal y correlación -----	Anexo 1
Gráfico 17. Inverso del tiempo vs la Temperatura -----	Anexo 2
Gráfico 18. Construcción de la escala de temperaturas corregidas-----	Anexo 3
Gráfico 19. Cálculo del área de referencia-----	Anexo 4

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación planteado ha desarrollado un software que permite de manera análoga al método “punto letal” de Bigelow y Ball conocido universalmente, calcular el comportamiento de una de las variables que afectan la vida útil del yogurt, recíproco al tiempo de almacenamiento en la Hipótesis de Tolerancia al Tiempo y Temperatura (TTT) desarrollado por Van Arsdel (1959).

Bajo la premisa de que los componentes del yogurt están sujetos a las condiciones que el método exige, los puntales de su proyección son la adición, conmutación y no presencia de efectos adicionales, los que Thorne (1983) ha comprobado ya en alimentos congelados.

Se ha tomado como referencia Yogurt entero de la producción normal de Industrias “MABOSA” para el experimento, 40 muestras desde el fin de la fermentación cuyo porcentaje de ácido láctico es de 0.60%, para someterlas en grupos de 10 muestras a ambientes controlados de 3, 16, 25 y 42 °C durante 10 horas de almacenamiento y con mediciones a intervalos de cada hora a partir del tiempo cero y cuya variable de respuesta es la cantidad de ácido láctico presente en el medio medido a través de titulación; y, tomando en cuenta que la norma legal INEN 710 permite máximo 1.5 % de ácido láctico presente.

Estas variables de respuesta sirven para aplicar el método TTT de forma gráfica y obtener los comportamientos de ellas a diferentes temperaturas, de tal forma se emplea la geometría analítica y la trigonometría sobre la forma gráfica para extraer los valores del comportamiento y tendencia de las variables e introducirlos en lenguaje de programación.

Con un nivel de confianza del 95 % se comparó el resultado obtenido del diseño experimental de un factor completamente aleatorizado encontrándose que los efectos de las temperaturas alteran el atributo de calidad de acidez evaluado.

Un testigo, que a partir del fin de la fermentación se ha sometido a un ambiente controlado de 20 °C, muestra alteraciones físicas a los 5 días y termina su vida útil aproximadamente a los 7 días sobrepasando el límite máximo de

acidez permitida comparado con el software calcula que para 20 ° C la vida útil será de 7 días y 20 horas, encontrando un buen porcentaje de acierto para el pronóstico.

La dinámica del software permite al investigador realizar pronósticos a diferentes condiciones de almacenamiento hasta la refrigeración, desde y bajo cero grados centígrados de temperatura, no trabaja.

El Software es libre con Licencia GNU/GPL y se espera que se siga desarrollando.

INTRODUCCIÓN

La Vida Útil de los alimentos es un dato informativo que conglomerar muchos factores tales como la fecha de expiración, el tiempo preferible de consumo del alimento, referencias de la calidad del producto antes de que haya cambios susceptibles de deterioro, condiciones mínimas de almacenamiento, entre otros, que el consumidor desconoce o confunde gracias a que los productores locales, en especial la pequeña industrial de alimentos, no posee los medios ni recursos adecuados para poder determinar a través de estudios especializados la vida de sus productos.

En este escenario los consumidores adquieren yogurt en condiciones de almacenamiento inapropiadas, y los productores no mantienen cadenas de frío, esto hace un llamado de atención a trabajar en ese sentido impulsando el nexo entre comunidad universitaria y empresa, dotándole de las herramientas necesarias, económicas y oportunas para que puedan pronosticar la vida de anaquel de sus elaborados.

El desarrollo del software “SHELF LIFE” pretende ayudar con el problema del etiquetado incorrecto del producto u omisión del mismo, dar a conocer las condiciones mínimas en las que el yogurt en este medio debería mantenerse; y, dotar de la herramienta necesaria para poder pronosticar la vida útil del alimento de una forma sencilla por la facilidad de uso, de una manera rápida y sobre todo tomando en cuenta que es un método económico y al alcance de todos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema

“Desarrollo de una aplicación informática para el cálculo del tiempo de vida útil de yogurt a temperatura variable”

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Contextualización

Macro

Meyer (1982) “La producción de leche se conoce desde hace más de 6000 años. En la mayoría de países en vías de desarrollo, los métodos de procesamiento de productos lácteos han avanzado muy lentamente. Generalmente la elaboración de productos tradicionales se ha ceñido a las condiciones locales, las tecnologías disponibles y los hábitos culturales. Salvo raras excepciones, en que el procesamiento de productos lácteos ha sido desarrollado de manera colectiva, la escasa producción individual de leche por los granjeros (en su mayoría dispersos en un área extensa), no ha hecho sino perennizar el mantenimiento del procesamiento doméstico tradicional de lácteos. En muchos países de clima tropical, la elaboración y fermentación de la leche, son procesos complicados. Con excepción de Europa, es poca la evidencia de inclusión del yogurt y otros productos lácteos en la dieta tradicional. En algunas partes del África recién se comenzó a ordeñar el ganado a partir de la llegada de los españoles.”

AZTI (2007) “La producción de yogurt como alimento ayuda a extender la vida útil de la leche que en condiciones higiénicas de pasteurización debe tener un tiempo de consumo de 8 a 10 días entre 5 y 7 ° C en un envase sin abrir. La responsabilidad de determinar el tiempo de vida útil del yogurt es del productor y los factores que influyen en el deterioro del alimento son: el crecimiento de los microorganismos, los deterioros no microbianos como la pérdida de la humedad, cambios químicos y enzimáticos, oxidación de lípidos, entre otros; y, otros factores externos tales como roedores y plagas, olores y sabores extraños en el almacenamiento, además de la manipulación indebida. En la actualidad la industria alimentaria está innovando en el desarrollo de nuevos productos que conllevan una nueva problemática, la falta de conocimiento sobre el deterioro de los alimentos preparados. En este sentido, se propone afrontar dos problemáticas. Por un lado la calidad y seguridad alimentaria en los productos preparados refrigerados, en los que la temperatura de almacenamiento y sus fluctuaciones influye de manera decisiva en la vida útil y que el sistema actual de fecha de caducidad no lo contempla. Por otro lado los productos de larga vida útil como los platos preparados esterilizados o los congelados, en los que un procedimiento de determinación de vida útil a tiempo real llevaría años, no es práctico para las empresas.”

Meso

Fao (1990) a través del Departamento de Agricultura y producción al Consumidor señala “Los países del con sur de América tienen una importancia relativa en el sector productivo lácteo de acuerdo a lo siguiente: La cantidad de leche producida por país, el nivel de tecnología aplicada, la relación entre lo producido y lo ocupado por la industria, el consumo promedio de las personas al año, el nivel de aceptación de los lácteos; y, la existencia de órganos especializados en cada país que asistan al sector de manera técnica”. Es justamente la falta de soporte por parte de los organismos especializados para que en este medio no haya claridad respecto a la forma en que se alarga la vida útil de la leche en subproductos, por parte de los productos, y la falta de aplicación y difusión de las autoridades hacia el consumidor final posee la misma analogía.

Muchas empresas dedican tiempo y dinero al estudio adecuado de la vida de sus productos, sin embargo otras simplemente copian los tiempos y estiman una similitud entre productos adoptando las determinaciones hechas por otros sin tomar en cuenta las variables que afectan a la vida útil de sus productos. Aquí se ha dado cabida para la proliferación de pequeños productores que concentran esfuerzos en la transformación de la leche en derivados que permitan un mejor acarreo a centros de consumo masivo y con el crecimiento demográfico de la región los productos lleguen a nuevos destinos sin que ellos se dañen o sufran cambios que los consumidores perciban como razones de rechazo.

Existen pocas propuestas por parte de los investigadores respecto al cálculo y determinación de la vida bajo varias condiciones de temperaturas de los productos; y, por parte de los productores mucho se deja por desear respecto a los canales de distribución e instrucciones de manejo para preservar los alimentos en condiciones adecuadas, convirtiéndose en un mal general cultural e idiosincrasia.

Micro

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2000) “Las fechas de vencimiento indican la vida útil del alimento envasado. La declaración de las mismas es obligatoria, y comprenden el período dentro del cual el alimento mantiene su inocuidad y/o características organolépticas (olor, color, etc.). A partir del día siguiente al indicado ese alimento no debe ser consumido y esta terminantemente prohibida su venta. Podemos hallar expresada la fecha de caducidad como: “consumir antes de.....”, “válido hasta.....”, “validez.....”, “val.....”, “vence.....”, “vencimiento.....”, “vto.....”, “venc.....”: Algunos ejemplos son: Válido hasta: 19/03/09, venc. marzo de 2009, etc. Condiciones de almacenamiento: nos indica cuál es la temperatura y características del ambiente al cual debemos mantenerlos para asegurar su estabilidad. Por ejemplo, mantener en lugar fresco y seco, una vez abierto conservar refrigerado, conservar en heladera (0° – 5° C).”

No se ha tomado en cuenta que el yogurt es un alimento que debe mantener la cadena de frío para que su aporte nutritivo se mantenga y su vida sea

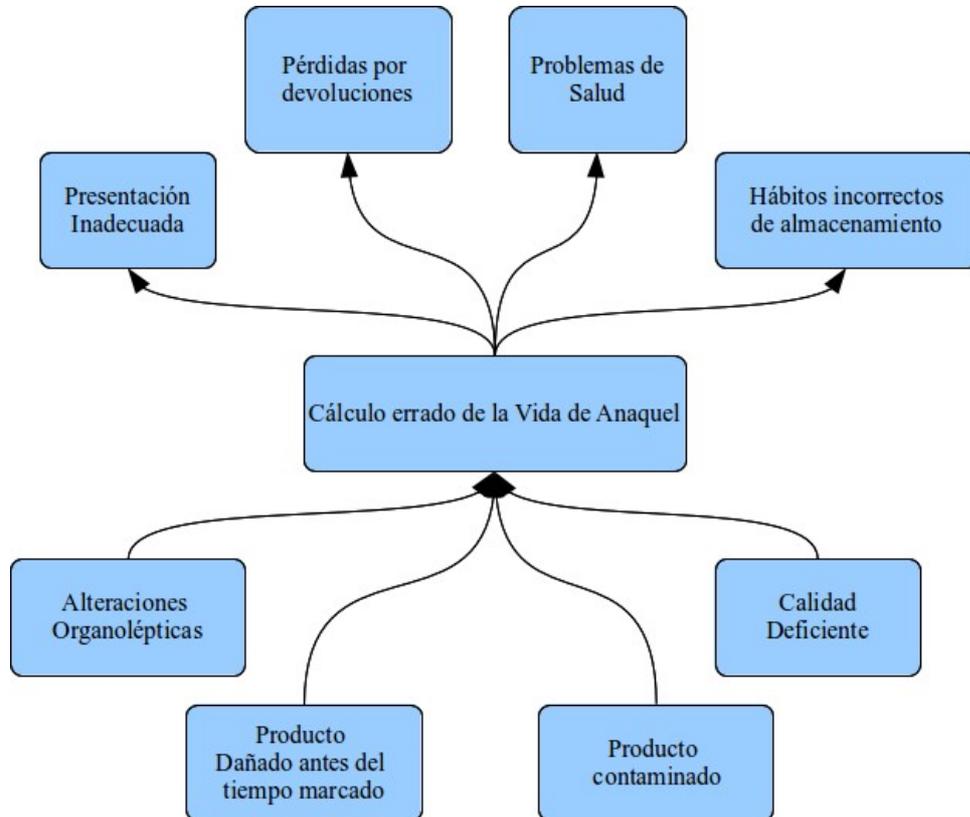
la adecuada, podemos ver que en el mercado existen productos de yogurt envasados que no se mantienen bajo condiciones de refrigeración, de igual manera durante su transporte no se mantiene la cadena fría; y, muchas veces ni siquiera el consumidor conoce la necesidad de mantener al yogurt bajo condiciones de refrigeración.

Esta costumbre que los productores han creado en el mercado de este alimento está muy arraigada, de tal forma que se ha tergiversado las condiciones de almacenamiento del yogurt. La omisión al determinar con precisión la vida útil, condiciones de transporte y almacenamiento del yogurt ya sea por falta de recursos económicos y/o tiempo, ha hecho que tanto productores, distribuidores; y, consumidores desistan de la co-responsabilidad que les atañe.

Esta situación implica la necesidad de implementar de mejor manera un sistema de etiquetado dentro del país, la responsabilidad que recae en el productor se encuentra ligada al establecimiento de la norma dictada para el producto, es decir que un productor en el Ecuador al emprender con un determinado producto debe cumplir con una serie de requisitos entre los cuales se encuentra el registro sanitario, es aquí que, para el caso en particular del yogurt la determinación de la vida útil sigue un patrón determinado y se establece que son veinte y un días de conservación, además de que el trámite debe cumplir al menos con dicho período de estimación. Esto no contempla ninguna posibilidad de alargar el tiempo determinado por la norma, sin embargo tampoco la norma ha tomado en consideración el tipo de almacenamiento que se da al producto por parte de los intermediarios o los detallistas que puede variar sustancialmente al someter al producto bajo otras condiciones de temperatura. Lo planteado en contexto muestra una problemática que llama a soluciones por parte de quienes están en el medio productivo, por quienes forman parte de la cadena de distribución de los productos sensibles a la temperatura de almacenamiento y por último a los consumidores finales quienes deben exigir una información completa del etiquetado del producto adquirido.

1.2.2. Análisis Crítico

Gráfico 1. Árbol de Problemas



Elaborado por: Jorge Mantilla

Meyer (1982) “Se enfoca a la producción de leche como de consumo limpia y sana, así como a su transformación en diferentes productos comestibles de larga duración.”

Esta transformación en productos derivados de larga duración, es objeto de estudio para muchos entendidos en producción de alimentos; la metodología usada para ese efecto se simplifica en dos partes: método directo y método indirecto.

El método directo es el más utilizado, sin embargo por su complejidad y tiempo de estimación hace que los empresarios descarten la posibilidad de uso,

mientras que el método indirecto es más rápido por sus condiciones elaboradas y aceleradas, pero no toma en cuenta todos los factores de deterioro de la vida útil del alimento, convirtiéndolo en modelo con ciertas limitaciones. Es necesario tomar en cuenta también que los métodos descritos son costosos y muchas veces tediosos, otras veces las normativas vigentes en el país no aportan con datos relevantes que permitan ser parámetros comparativos del deterioro del alimento.

El yogurt es un alimento que por su tecnología, ofrece disponibilidad inmediata al consumidor, es por ello que los productores y distribuidores prefieren no ahondar en cálculos innecesarios como la determinación correcta del tiempo de vida útil del yogurt, así mismo las condiciones de transporte y almacenamiento.

Si se toma en cuenta la teoría de barreras: la actividad de agua, pH del medio, concentración de sacarosa, simbiosis de los probióticos del yogurt, entre otros, para el yogurt la temperatura podría ser el principal factor de deterioro, entonces se debería mantener las condiciones de refrigeración durante toda la cadena alimentaria, eslabón por eslabón, así se evitaría buscar otros medios fraudulentos por parte de los productores para alargar la vida útil del yogurt, a riesgo de la salud del consumidor.

Por otro lado, la Programación es una herramienta informática que ha permitido la solución de algoritmos que por su complejidad no se tratan de manera manual sino por medio de un ordenador.

Un modelo informático programado para determinar el comportamiento de ciertas tendencias lineales, en este caso la variación cuantificable a través del tiempo de uno de los factores que influyen en el deterioro del alimento, que se relacionan a variables independientes como la variación de temperatura, ayudan a entender la conducta de las mismas en otras condiciones.

Van Arsdel y Colaboradores (1968) “Usaron un sistema coordinado para estimar matemáticamente la pérdida de calidad en frutas y vegetales congelados y refrigerados sujetos a un número de diferentes temperaturas por varios períodos de tiempo.”

La teoría de Tolerancia al Tiempo y Temperatura (TTT), permite pronosticar el comportamiento de dichas variables sobre un factor de estudio, que para el caso específico del yogurt es el incremento de la cantidad de ácido láctico en el medio.

1.2.3. Prognosis

Prescindir de un modelo informático que permita calcular la vida útil del yogurt envasado desde su elaboración, pasando por su transporte bajo diferentes condiciones de temperaturas, hasta su almacenamiento en percha antes del expendio, permitiría que los productores continúen omitiendo el etiquetado correcto del tiempo de consumo esto como una responsabilidad impostergable que la ley lo exige, además de que no se pueda prever que tanto los productores así como los distribuidores provoquen defectos organolépticos por deterioro debido a la mala manipulación del producto por un uso inadecuado durante el almacenamiento, tomando en cuenta que el mismo cuenta con varias etapas cada una con tiempos y temperaturas distintas.

1.2.4. Formulación del problema

¿Cómo se desarrollará una aplicación informática para el cálculo del tiempo de vida útil a temperatura variable?

1.2.5. Interrogantes: Subproblemas

- ¿Cómo el desarrollo de un sistema informático ayudaría a la determinación de la vida útil del yogurt a temperatura variable?

- ¿Es adecuado el método utilizado para determinar la vida útil del yogurt?

- ¿Se puede determinar la vida útil del yogurt a temperatura variable utilizando un método que no sea tan costoso?

- ¿Se considera en el medio a la temperatura y sus variaciones como el factor principal de deterioro del yogurt?

1.2.6. Delimitación del objeto de investigación

Categoría	: Tecnología
Área	: Investigación Básica
Subárea	: Industria Láctea
Sector	: Leche
Subsector	: Productos Fermentados

Delimitación Geográfica y Espacial:

El proyecto se realizó en el laboratorio de la empresa “Industrias Mabosa”, ubicada en la ciudad de Ambato, Provincia del Tungurahua, durante el segundo semestre del 2010.

1.3. Justificación

La creciente pequeña industria de alimentos en el país se fundamenta en personas emprendedoras, que a razón de pulso, sacan adelante sus proyectos, este panorama ubica a responsabilidades primordiales y técnicas como la fecha de caducidad y la forma de almacenamiento en segundo plano debido a los escasos recursos y poco tiempo disponible para el diseño de un estudio típico del tiempo de vida útil; esto incentiva a la búsqueda de nuevas alternativas para este efecto, tal como un software que permita calcular la vida útil del yogurt desde su nacimiento hasta su lugar de expendio, tomando en cuenta las variaciones de temperatura desde el envasado, el almacenamiento previo a la distribución, la distribución misma; y, el almacenamiento final antes de la venta al consumidor, por tanto se pretende obtener un modelo que beneficie a la colectividad y principalmente a los productores, de una manera rápida, sencilla y económica.

1.4. Objetivos

Objetivo General:

- Desarrollo de una aplicación informática para el cálculo del tiempo de vida útil en bolos de yogurt a temperatura variable.

Objetivos Específicos:

- Dotar de una herramienta informática confiable, económica y rápida a los responsables del cálculo del tiempo de vida útil.
- Validar el método indirecto gráfico para calcular el tiempo de vida útil en alimentos.
- Establecer las condiciones de almacenamiento mínimas para que el yogurt cumpla con los requerimientos de ley en el Ecuador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

En el estudio a través del tiempo en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, se han tratado varias veces el tema de la vida útil de los alimentos en distintos estudios que a continuación se detallan: “Tiempos de vida útil en trucha arcoiris mediante congelación” - Aguaguiña y Escobar (1998), “Determinación de vida útil de salchichas Frankfurt” - Moreno y Villacís (1998), “Estudio de la vida útil de pulpa de chirimoya mínimamente procesada” - Cholota y Quito (1999), “Determinación de tiempos de vida útil de arveja fresca” - Aguirre y Espinoza (2002), “Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con un conservador y un mejorador” - Bernal y Navas (2003), “Efectos del recubrimiento y refrigeración en la vida útil del rábano almacenado” - Fonseca (2005), “Estudio y Análisis proximal del agregado de leche de soya en polvo a carne molida en la elaboración de hamburguesas y tiempos de vida útil” - Mena y Morales (2005), “Incidencia de microondas y temperaturas de almacenamiento en la vida útil de mora de castilla irradiada” - Garófalo y Pérez (2005). Todos las investigaciones que preceden, trabajan bajo la misma norma, utilizando el método propuesto por Labuza (1982) que determina el orden de reacción al que responde cada uno de los alimentos sujetos a la investigación, es decir a temperaturas constantes.

Labuza (1982) “Debido al tamaño de los países y la distancia entre los productores de alimentos y consumidores, muchas formas de preservación deben ser usados para asegurar que los alimentos consumidos tengan una buena calidad, sean seguros y provean los nutrientes necesarios. Estos factores son la base de la preservación. En adición, los métodos para preservar son usados para separar los alimentos en componentes comestibles y para producir nuevos y más alimentos que satisfagan las necesidades y deseos del público consumidor. Finalmente muchos alimentos preservados se producen por razones puramente estéticas, es decir que cumplan con los deseos psicológicos del consumidor con fines específicos y la nutrición, si bien son suministrados, pues no es motivo de preocupación. Hay que señalar, sin embargo, que detrás de todos los métodos de conservación el principio básico es la seguridad alimentaria. Los alimentos preservados son cambiados o transformados de tal forma que sean seguros de cualquier sustancia tóxica o microorganismos nocivos, siempre y cuando los distribuidores, minoristas y consumidores finales practiquen ellos mismos buenos hábitos sanitarios y de manejo”.

La Autoridad Sanitaria de Nueva Zelanda (2005) “Por otro lado la Vida de anaquel o útil de un alimento es una guía para el consumidor del período de tiempo que los alimentos se pueden mantener antes de que comiencen a deteriorarse, facilitando las condición de almacenamiento a seguir.

La vida útil de un producto se inicia desde el momento en que se preparan los alimentos o son fabricados. Su longitud depende de muchos factores, incluyendo los tipos de ingredientes, proceso de fabricación, tipo de envasado y cómo se almacenan dichos alimentos. La vida útil se indica mediante una etiqueta en el producto con una marca de la fecha.

Entonces, la vida útil de los alimentos está relaciona a la seguridad alimentaria.

Un ensayo de Vida útil describe cómo un alimento mantendrá su calidad durante el almacenamiento, la seguridad alimentaria y la vida útil del producto

están extremadamente vinculadas lo que entonces supone que durante la vida de anaquel el alimento que deberá:

- Ser seguro para comer
- Mantener su apariencia, olor, textura y sabor
- Cumplir con cualquiera de las alegaciones nutricionales de la etiqueta.

Cualquier persona que produce y vende paquetes de alimentos en los que se requiera la fecha de caducidad, es el responsable legal para el cálculo de cuánto tiempo es razonable que su producto se espere mantener, sin cambio apreciable en la calidad. En la etiqueta de los alimentos es necesario los detalles de la vida y las instrucciones de almacenamiento para satisfacer ese tiempo de vida útil.

En la mayoría de los casos, esto es responsabilidad de los fabricantes de alimentos, pero también puede ser de los empacadores, procesadores secundarios, los minoristas de alimentación y supermercados.

Todos en esta cadena de producción de alimentos tienen una influencia en la calidad de los alimentos y la seguridad. No es posible tener la certeza de que los alimentos son seguros a menos que haya un plan de control de los alimentos en el lugar que identifica y controles de riesgos en toda la cadena alimentaria. El papel de cada persona en la cadena alimentaria debería ser considerado.”

Martins, López y Teixeira (2008) “Fechar el tiempo de vida útil es una de las tareas más difíciles en ingeniería en alimentos. La presión del mercado ha llevado a la aplicación de análisis sensoriales para las fechas de caducidad, lo que puede no reflejar el espectro total de la calidad. Por otra parte, métodos tradicionales para determinar la caducidad y pequeñas pruebas a escala de la cadena de distribución no se pueden reproducir en un laboratorio bajo condiciones reales de almacenamiento, distribución y consumo para determinar la calidad de los alimentos. El advenimiento de sistemas informáticos ha de revolucionar la manera de gestionar, distribuir y consumir los alimentos.”

2.2. Fundamentación Filosófica

El estudio de investigación esta basado en el paradigma positivista de acuerdo a lo dicho por el autor Julio García Salinero (1978) quien deduce lo siguiente:

El enfoque científico más tradicional se apoya en el paradigma filosófico del positivismo del siglo XIX de Loke, Comte, Newton, reflejo de un pensamiento más amplio, denominado modernismo. El positivismo entiende que se pueden conseguir explicaciones objetivas del mundo. Para este enfoque la realidad es algo exterior, ajeno, objetivo y puede y debe ser estudiada y por tanto conocida.

En definitiva es el paradigma de las Ciencias Naturales. Se parte de un principio de que todo fenómeno natural es regular, ordenado, responde a una causa objetiva que lo explicaría, independientemente del observador de ese fenómeno. Por la importancia que tiene el concepto “realidad objetiva”, los científicos que se apoyan en este paradigma intentan ser lo más objetivos posibles en la explicación del fenómeno a estudiar, intentando mantener al margen del proceso de investigación sus valores, creencias, respecto al tema de estudio.

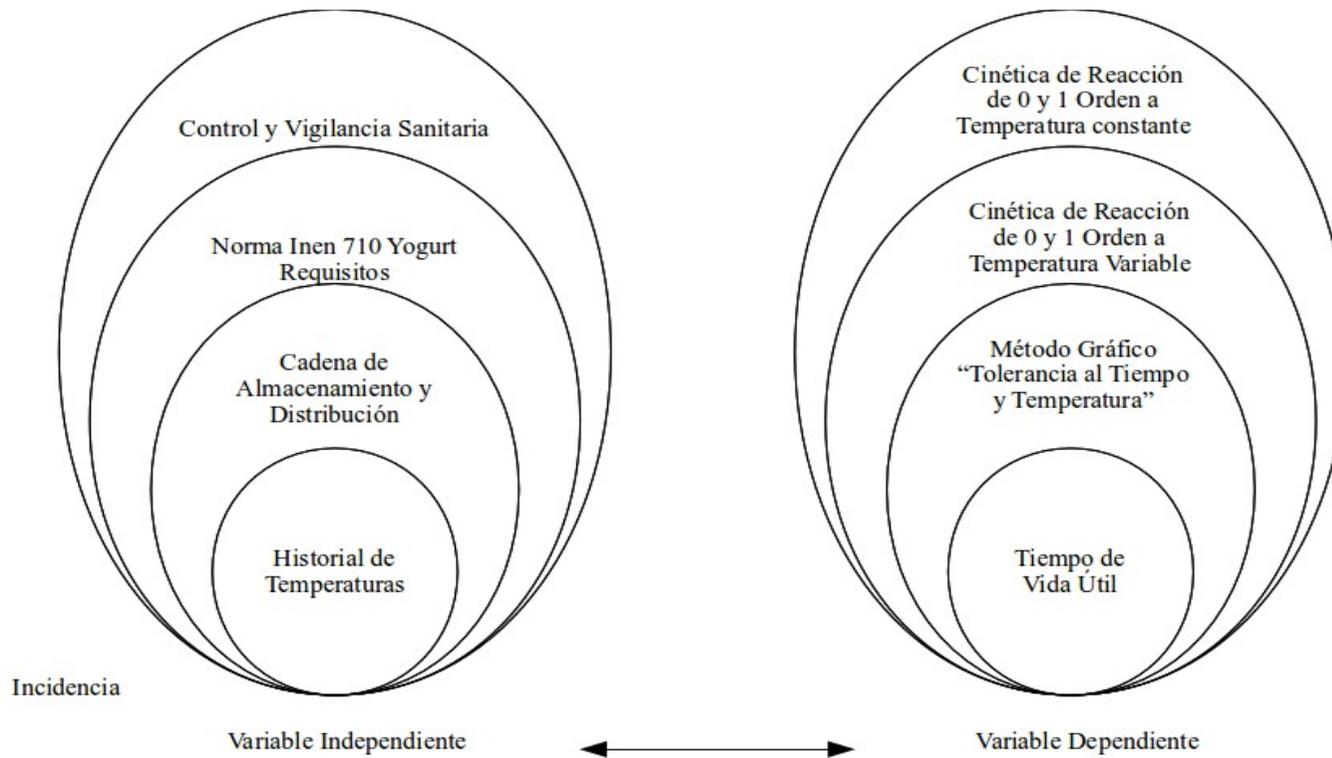
La investigación denominada cuantitativa está vinculada a esta tradición del pensamiento positivista, que se caracteriza por una concepción global del mundo asentada en el positivismo lógico, la utilización del método hipotético deductivo, el carácter particularista orientado a los resultados, el supuesto de objetividad. Normalmente la metodología cuantitativa es sinónimo de rigor y de procedimientos fiables, que definen el método científico.

2.3. Fundamentación Legal

Norma Ecuatoriana INEN 710 (1983), esta norma trata sobre “Los Requisitos”, en cuyo numeral 5.5 “Especificaciones” detalla las cantidades máximas y mínimas de los tres tipos de yogurt existentes en el mercado, que deben ser cumplidas, y que para este caso el parámetro “Acidez” será considerado para determinar la vida máxima permitida del producto.

2.4. Categorías Fundamentales

Gráfico 2. Categorías Fundamentales



Elaborado por: Jorge Mantilla

2.4.1. La Programación

Visual Basic

Jalón (1999) “Visual Basic 6.0 es uno de los lenguajes de programación que más entusiasmo despiertan entre los programadores de PC's, tanto expertos como novatos. En el caso de los programadores expertos por la facilidad con la que desarrollan aplicaciones complejas en poco tiempo. En el caso de los programadores novatos, por el hecho de ver lo que son capaces a los pocos minutos de empezar su aprendizaje. El inconveniente del uso de Visual Basic 6.0 es que las aplicaciones resultan ser menos rápidas o eficientes.

Visual Basic 6.0 es un lenguaje de programación visual, también llamado lenguaje de cuarta generación. Esto quiere decir que un gran número de tareas se realizan sin escribir código, simplemente con operaciones gráficas realizadas con el cursor sobre la pantalla.

Visual Basic 6.0 es también un programa basado en objeto aunque no orientado a objetos como es el caso de C++ o Java. La diferencia está en Visual Basic 6.0 utiliza objetos con propiedades y métodos, pero carece de los mecanismos de herencia propios.

Los programas orientados a eventos son sistemas típicos de Windows, tales como Netscape, Word, Excel. Cuando uno de estos programas ha arrancado, lo único que hace es quedarse a la espera de las acciones del usuario, que en este caso son llamados eventos. El usuario dice si quiere abrir y modificar un fichero existente, o bien comenzar a crear un fichero desde el principio. Estos programas pasan la mayor parte de su tiempo esperando los eventos del usuario y respondiendo a ellos. Las acciones que el usuario puede realizar en un momento determinado son variadas, y exigen un tipo especial de programación: **La programación orientada a eventos**. Este tipo de programación es sensiblemente mas complicada que la secuencial y la iniciativa, pero Visual Basic 6.0 la hace especialmente sencilla y agradable.

Visual Basic 6.0 puede trabajar de dos modos distintos: en modo de diseño y en modo de ejecución. En diseño el usuario construye interactivamente la aplicación, colocando controles en el formulario, definiendo sus propiedades, y desarrollando funciones para gestionar los eventos. En ejecución se prueba la aplicación, en este caso el usuario actúa sobre el programa introduciendo eventos, pudiendo analizar cómo responde el programa.”

SQL Server

Microsoft SQL Server es un sistema para la gestión de bases de datos basado en el modelo relacional. Utiliza lenguajes para consulta como T-SQL y ANSI SQL, y se constituye como una alternativa a otros potentes gestores de bases de datos como Oracle o PostgreSQL.

SQL Express Edition se distribuye de forma gratuita y utiliza el mismo motor de base de datos con orientación a proyectos más pequeños, además es común complementar los proyectos de SQL Server implementando aplicaciones de dos capas mediante el uso de formularios de Windows con el entorno de desarrollo VBA Access o Visual Basic.

El uso de las herramientas antes mencionadas permitirán almacenar los elementos que denominamos como atributos de calidad dentro de la base de datos, sin límite, lo que permite a los investigadores realizar las repeticiones que se estimen necesarias.

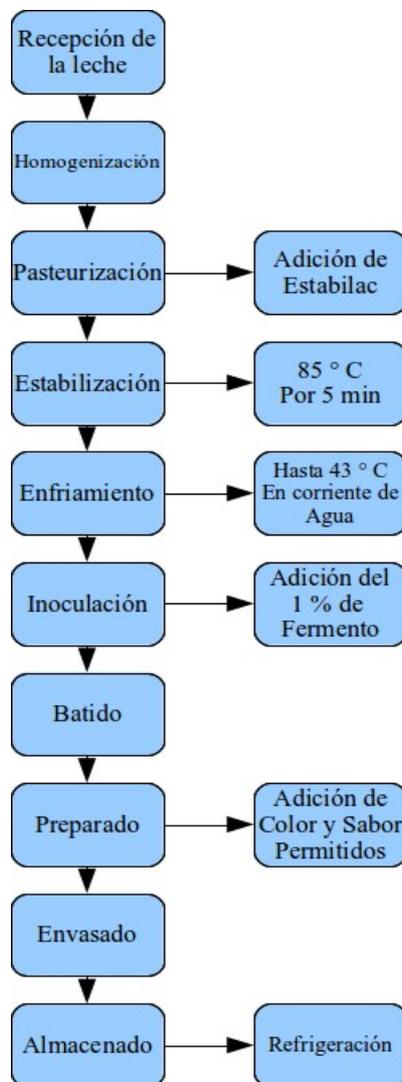
A través entonces de procedimientos almacenados dentro del gestor SQL Server la base de datos calcula lo necesario para enviar como parámetro los valores de respuesta a Visual Basic que a su vez con bloques de código, ejecuta las sentencias para calcular la vida de anaquel del producto.

En su conjunto, Visual Basic 6.0 y SQL Server son las aplicaciones que se utilizan para programar el software para el cálculo del tiempo de vida útil, las versiones que se utilizan son personales lo que permite la distribución del producto final con fines educacionales más no comerciales.

Cabe destacar que el entorno en que se desarrolla la aplicación informática esta orientada a equipos con Windows XP ya que SQL Server posee incompatibilidad con Sistemas Operativos superiores tales como Windows 7, sin embargo a esto, la mayor difusión del sistema Windows en Ecuador se encuentra bajo la tutela de XP, por lo que no se estima como un problema su uso. Para equipos modernos tales como laptops que se encuentran en boga, se recomienda el uso de la virtualización para hacer uso de XP corriendo dentro de Windows 7.

2.4.2. El Yogurt

Gráfico 3. Diagrama de flujo de la elaboración del Yogurt entero Mabosa



Elaborado por: Jorge Mantilla

Gösta (2003) “Diversos factores se deben cuidar o controlar durante el proceso de fabricación con objeto de obtener un yogurt de alta calidad, con adecuado sabor, aroma, viscosidad, consistencia, apariencia y libre de suero separado y con un prolongado período de conservación. Los tratamientos previos de la leche incluyen entonces toda una serie de medidas que afectan todas ellas de forma muy importante a la calidad del producto acabado. El tratamiento mecánico al que se somete el yogurt durante su producción afecta también a su calidad.

Elección de la leche:

La leche para la producción de yogurt debe ser de la más alta calidad bacteriológica. Debe tener un bajo contenido en bacterias y sustancias que puedan impedir el desarrollo de los cultivos típicos del yogurt. La leche no debe contener antibióticos, bacteriófagos ni residuos de soluciones de limpieza por agentes desinfectantes. Por ello, la industria láctea debe obtener la leche para la producción de yogurt y ganaderos seleccionados, con prácticas de producción aprobadas. Por otra parte, dicha leche debe ser cuidadosamente analizada en la industria láctea.

Aditivos en la leche:

En la producción de yogurt se pueden añadir a la leche sustancias estabilizantes y azúcar o edulcorantes.

Azúcar o edulcorantes: La sacarosa, o un monosacáridos como la glucosa, se pueden añadir solos o en combinación con frutas. Para satisfacer a las personas a dieta, entre los cuales los diabéticos constituyen una importante categoría, se deben utilizar edulcorantes. Un edulcorante no tiene valor nutritivo pero proporciona el sabor dulce e incluso si se añaden pequeñas dosis.

Se ha de señalar que la adición de demasiada cantidad de azúcar (más del 10%) a la leche antes del período de inoculación e incubación tiene un efecto adverso sobre las condiciones de fermentación debido a que cambia la presión osmótica de la leche.

Sustancias estabilizantes: los coloides hidrófilos tienen la propiedad de ligar agua. Con ello se aumenta la viscosidad del producto y contribuyen a la prevención de la separación de suero en el mismo. El tipo de estabilizante y la proporción en que debe ser añadido se determina de forma experimental por cada fabricante. Si se utiliza un exceso de estabilizante, o éste no es el correcto, el producto puede adquirir una consistencia dura y elástica, como de goma.

Si se produce de forma correcta, el yogur natural no necesita la adición de estabilizantes, ya que se origina un gel fino y consiste con una alta viscosidad de forma natural. Los estabilizantes se emplean en la producción de yogurt con frutas y yogurt pasteurizado. Los estabilizantes del 0,1 al 0,5% tales como la gelatina, pectina, almidón y agar agar son las sustancias más comúnmente usadas.

Homogeneización:

Los motivos principales de la homogeneización de la leche que se va a utilizar en la fabricación de productos lácteos acidificados son prevenir la separación de la nata durante el período de incubación y asegurar una distribución uniforme de la grasa de la leche.

La estabilidad y consistencia del yogurt se ven mejoradas por la homogeneización, incluso en aquellos productos con bajo contenido en grasa. La homogeneización con un posterior calentamiento a alta temperatura, normalmente a 85 °C durante 5 minutos tiene una muy buena influencia sobre la viscosidad.

Tratamiento térmico:

La leche se trata térmicamente antes de proceder a la inoculación de los cultivos.

Ello se hace con el objeto de:

- ✓ Mejorar las propiedades de la leche como sustrato para las bacterias del cultivo industrial
- ✓ A asegurar que el coagulo del yogurt terminado sea firme

- ✓ Reducir el riesgo de separación de suero en el producto terminado

Se consiguen resultados óptimos por medio del tratamiento térmico de la leche de 80 a 85 °C durante un tiempo de mantenimiento de unos 5 minutos. Esta combinación de tiempo y temperatura desnaturaliza alrededor de 70% de las seroproteínas.

Preparación del cultivo:

El manejo del cultivo para la producción del yogurt requiere una higiene y precisión máximas. Los cultivos están disponibles actualmente en el mercado como concentrados, congelado y liofilizado, y están siendo utilizados ampliamente. De esta forma se evita la necesidad de invertir en una sala separada de cultivos. La gran ventaja, es que la inoculación directa de la leche con cultivo concentrado minimiza el riesgo de contaminación, ya que se evitan las etapas intermedias de la propagación.”

Factores que afectan la vida útil del yogurt

Man y Jones (1994) “Para evaluar la vida útil del yogurt se hace necesario identificar las características de los ingredientes, el proceso y las condiciones del almacenamiento, que son responsables o que tienen influencia directa sobre la vida del producto.

La corta vida de productos refrigerados como el yogurt está influenciada por:

- ✓ Materias Primas
- ✓ Formulación del producto
- ✓ Parámetros del proceso
- ✓ Implementación de Buenas prácticas de manufactura
- ✓ Llenado y empaçado

- ✓ Distribución y Almacenamiento
- ✓ Acarreo y manipulación del consumidor

Los cambios bioquímicos y microbiológicos son altamente reducidos al almacenarlos a bajas temperaturas. La recomendación para almacenamiento de yogurt es de 5 °C o menos.”

Métodos de Evaluación

Man y Jones (1994) “No hay tests absolutos para evaluar la vida útil, ya que dependen de varios factores, algunos de mucha importancia en el yogurt como es el tipo, los criterios de calidad con que se elabora, la experiencia de los fabricantes, etc.

Los factores críticos a considerar al evaluar la vida útil del yogurt son:

- ✓ Objeto de vida del producto
- ✓ Temperaturas de Almacenamiento y Distribución
- ✓ Contaminación por mohos y levaduras
- ✓ Estabilidad de la textura y Sinéresis
- ✓ Degradación del sabor y el color.

Normalmente se usan los análisis sensoriales para evaluar la vida útil del yogurt, sin embargo la precaución debe primar en estos ensayos debido a que puede haber riesgos de infección microbiológica hacia los catadores. Además se han practicado regímenes a escala en las plantas sujetando los productos a temperaturas de evaluación y así determinar el máximo tiempo de vida en el que hayan cambios susceptibles.”

2.4.3. Estimación científica de la Vida Útil

Modelos Predictivos

Azti (2007) “En los años 80 se reconoció que la microbiología tradicional basada en el análisis a *posteriori* de productos finales era cara y poco aplicativa. La idea de analizar sistemáticamente el comportamiento microbiano en las diferentes condiciones características de los alimentos se extendió rápidamente. La microbiología predictiva es una herramienta útil mediante la cual pueden ser moldeadas las respuestas de crecimiento de microorganismos de interés en los alimentos respecto a los principales parámetros de control como son la temperatura, pH, etc. Los modelos matemáticos y el uso de ordenadores permiten coordinar y expresar brevemente cantidades ingentes de información, dando lugar a aplicaciones como Food MicroModel, Delphi, etc.

Los modelos informáticos predictivos permiten calcular la vida útil de los alimentos en un período menor al real, mediante estudios de envejecimiento acelerado. Para acelerar la cinética de deterioro, es necesario almacenar cada producto a varias temperaturas de conservación haciendo un seguimiento de los parámetros de calidad.”

En el caso en particular la temperatura afecta de manera especial al yogurt de tal forma que la velocidad de crecimiento bacteriano propio del medio se incrementa o reduce según la variación de la temperatura. En el yogurt se encuentran en simbiosis *Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus Thermophilus* sirviéndose del medio de cultivo que es la leche, transformando la lactosa en ácido láctico, por ser termo-resistentes las temperaturas óptimas de desarrollo bordean los 42 ° C, entonces tomando en cuenta que su desarrollo y reproducción es logarítmico, entonces una disminución de la temperatura al rango de la refrigeración pondrán a las bacterias casi en latencia, y como resultado a esta acción, la vida de anaquel del yogurt se extiende.

Labuza (1982) “Además del desarrollo del ácido láctico en el medio hay que tomar en cuenta que las fluctuaciones de temperatura de por sí pueden afectar a la estabilidad física del alimento.”

Sin embargo a esto, se puede citar que en el medio, la mayoría del yogurt envasado se distribuyen en presentaciones que no permiten al consumidor observar las alteraciones físicas antes mencionadas, razón por la cual basamos la determinación de la vida útil en la cantidad de ácido láctico producido, ya que si se aplica una determinación sensorial se puede determinar la alteración organoléptica del sabor ácido.

Las normas establecen los métodos de determinación de la vida útil del yogurt, la INEN 710; el ente regulador de los registros sanitarios: Instituto de Higiene Leopoldo Izquieta Pérez , emite la vida útil del yogurt como 21 días, efectuado por laboratorios certificados que toman en cuenta las consideraciones de la norma. Sin embargo cabe destacar que no se toma en cuenta variantes que los productores aplican a sus productos con la finalidad de alargar la vida de anaquel del producto. En el producto motivo de la investigación, por ejemplo, gran parte del consumo se lo hace congelado, mientras que otra parte menor lo hace bajo refrigeración.

Otra parte que no ha sido considerada es que la temperatura varía de acuerdo a la cadena que mantiene el producto, y que, como se ha detallado anteriormente, la variación en este parámetro afecta de manera significativa al producto.

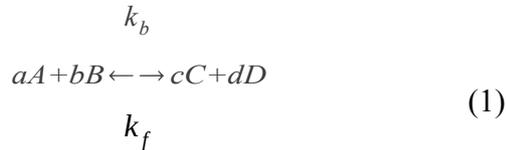
Labuza (1982) “Se presenta una amplia gama de datos recopilados de la vida útil en numerosos alimentos.”

En base a esto, se ha aplicado con mucha frecuencia la ecuación propuesta por Labuza para determinar la vida de anaquel en los productos alimenticios sujetos a la cinética del alimento en particular, efecto de análisis.

Cinética de la reacción básica para predecir la pérdida de calidad de los alimentos a temperatura constante

Man y Jones (1994) “La cinética química envuelve al estudio de la velocidad y mecanismos por las cuales una especie química se convierte en otra.”

La velocidad de una reacción química está determinada por la masa de producto obtenido o el reactivo consumido por unidad de tiempo. La forma general de un modelo cinético se puede obtener tomando en cuenta la siguiente reacción química:



Donde A y B son los reactivos, C y D son los productos, a , b , c y d son los coeficientes estequiométricos para reactivos y productos; y, k_f y k_b son los catalizadores que aceleran o retardan la reacción. La velocidad a la que el reactivo, por ejemplo A , cambia debería estar dado por:

$$\frac{d[A]}{dt} = k_f [A]^\alpha [B]^\beta - k_b [C]^\gamma [D]^\delta \quad (2)$$

Donde $[A]$, $[B]$, $[C]$ y $[D]$ son las concentraciones de los reactivos masa por unidad de volumen; α , β , γ y δ son los órdenes de la reacción con respecto a cada producto o reactivo; y t es el tiempo.

Las ecuaciones (1) y (2) son para casos generales, ya que estas ecuaciones no tienen solución por la cantidad de variables, la simplificación de los procedimientos por consiguiente son usados. Por ejemplo, las condiciones de la reacción pueden ser escogidas de tal forma que la reacción de los catalizadores sea predominante. Si la concentración del reactivo B en la ecuación (1) se mantiene muy alta, entonces el cambio en su concentración es insignificante. En consecuencia el retardo de la constante de velocidad será considerablemente más pequeño que la constante de velocidad de reacción acelerada. Para este caso la velocidad de reacción puede ser representada por:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k'_f [A]^n \quad (3)$$

Donde k'_f es el pseudo acelerador de la constante de velocidad, y n es el orden de la reacción. La velocidad de la reacción es descrita principalmente por la concentración de una especie.

Debido a la naturaleza compleja de los alimentos, es difícil la determinación de los mecanismos actuales de las reacciones intermedias que conducen a un cambio de la calidad en particular.

El siguiente enfoque es comúnmente usado para analizar los cambios de la calidad en los alimentos, una expresión general puede ser escrita como sigue para los atributos de la calidad Q :

$$\pm \frac{dQ}{dt} = kQ^n \quad (4)$$

Donde \pm se refiere ya sea al incremento o pérdida del valor de los atributos de la calidad Q , k es el pseudo acelerador de la constante de velocidad; y, n es el orden de la reacción. Se asume que factores externos como la temperatura, humedad, luz y concentraciones de otros componentes se mantienen constantes.

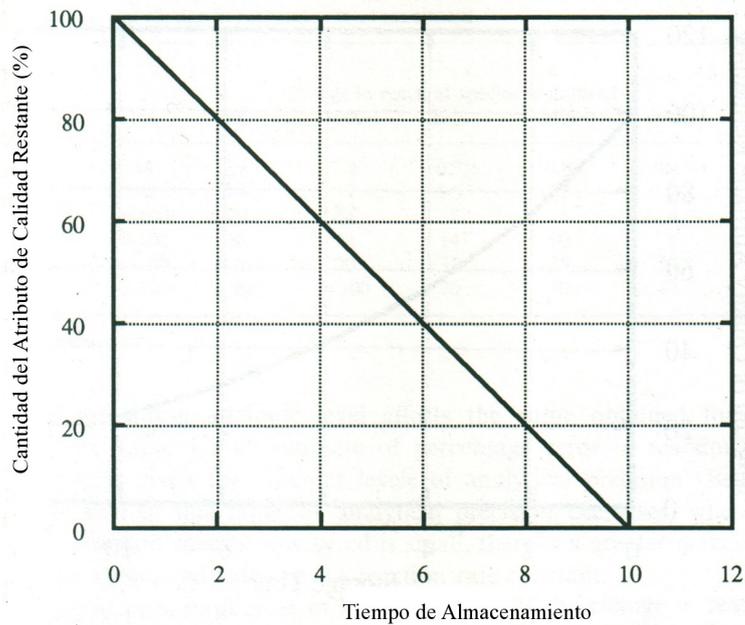
La ecuación (4) puede reescribirse más específicamente para un atributo de la calidad que está decreciendo con el tiempo y siguiendo un n -ésimo orden de reacción:

$$-\frac{dQ}{dt} = kQ^n \quad (5)$$

Reacción de Cero Orden

Consideremos que un atributo de calidad Q se reduce durante un período de almacenamiento como se muestra en el gráfico 4.

Gráfico 4. Tiempo de Almacenamiento vs Pérdida de Calidad para Reacciones de Cero Orden.



Fuente: Man y Jones (1994)

Un examen más detenido de la gráfica lineal implica que la tasa (%) de pérdida del atributo de calidad es constante a través del período de almacenamiento y no depende de la concentración de Q . Esta suposición ha sido ampliamente usada en la literatura de ciencia de alimentos. Esta gráfica lineal representa a la reacción de cero orden, por consiguiente sustituyendo $n = 0$ en la ecuación (5) tendremos:

$$-\frac{dQ}{dt} = k \quad (6)$$

La ecuación (6) puede ser integrada para obtener:

$$Q = Q_o - kt \quad (7)$$

Donde Q_o representa el valor inicial del atributo de calidad y Q es la cantidad que queda de ese atributo de calidad después del tiempo t .

Si es el final de la vida útil el tiempo t_s , se observa que el atributo de calidad ha llegado a cierto nivel Q_e , entonces:

$$Q_e = Q_o - kt_s \quad (8)$$

En consecuencia la vida útil al tiempo t_s puede ser calculada por:

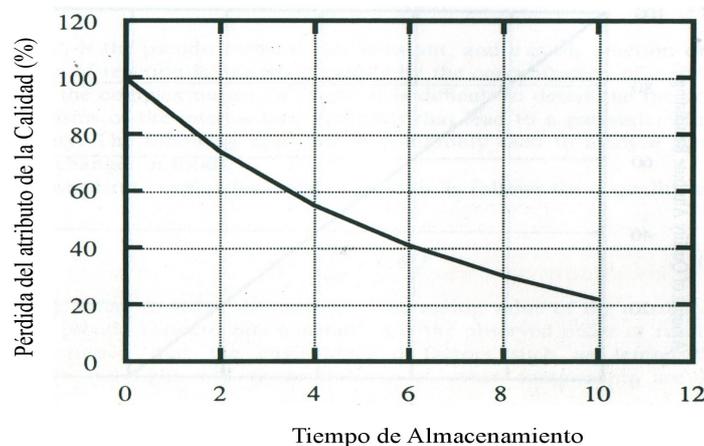
$$t_s = \frac{Q_o - Q_e}{k} \quad (9)$$

Man y Jones (1994) “El uso de la ecuación de orden cero (6) describe a reacciones del tipo de degradación enzimática, pardeamiento no enzimático y oxidación de grasas que conducen al desarrollo de olores rancios.”

Reacción de Primer Orden

Man y Jones (1994) “Consideremos la gráfica 5 donde un atributo de calidad Q , decrece de una manera exponencial con el tiempo de almacenamiento. La tasa (%) de pérdida del atributo de la calidad es dependiente de la cantidad restante del atributo de calidad; esto implica que a medida que el tiempo avanza y el atributo de la calidad decrece también lo hace la velocidad de la reacción.”

Gráfico 5. Pérdida de Calidad (%) vs Tiempo de Almacenamiento para Reacciones de Primer Orden.



Fuente: Man y Jones (1994)

Este gráfico exponencial entre el tiempo y el atributo de la calidad representa la reacción de primer orden, $n = 1$, y la ecuación (5) es modificada como sigue:

$$-\frac{dQ}{dt} = kQ \quad (10)$$

Por integración obtenemos:

$$\ln \frac{Q}{Q_o} = -kt \quad (11)$$

Donde Q es la cantidad del atributo de la calidad perdido al tiempo t .

Al final de la vida útil t_s , para un cierto nivel final del atributo de la calidad Q_e , podemos escribir la ecuación (11) así:

$$\ln \frac{Q_e}{Q_o} = -kt \quad (12)$$

o:

$$t_s = \frac{\ln \frac{Q_o}{Q_e}}{k} \quad (13)$$

Muchas veces es conveniente conocer el tiempo medio de vida de una reacción, Para conocerlo, la ecuación (13) puede ser modificada sustituyendo $Q_e = 0.5 Q_o$,

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k} \quad (14)$$

Man y Jones (1994) “Los tipos de alimentos que se deterioran con este tipo de reacción incluye pérdidas de vitaminas y proteínas y el crecimiento microbiano.”

Benson (1960) “En el análisis de datos experimentales sobre la variación de un atributo de la calidad hay dos cuestiones que son importantes:

El primer tema de importancia está en la precisión analítica al medir el nivel del atributo que afecta el valor obtenido para la constante de velocidad. En la tabla 1 un estimado del porcentaje de error en la reacción de la constante de velocidad k dado para diferentes niveles de precisión analítica experimentado, como se muestra en esta tabla, la precisión analítica decrece, donde el cambio de la especie reactiva monitorizada es pequeña, hay el más grande porcentaje de error en los valores calculados para la reacción de velocidad constante.

Cuadro 1. Porcentaje de error estimado de la constante de reacción k como función de la precisión analítica y el seguimiento de los cambios de las especies reactivas.

Precisión Analítica (%)	Seguimiento del cambio de las Especies Reactivas						
	1%	5%	10%	20%	30%	40%	50%
± 0.1	14	2.8	1.4	0.7	0.5	0.4	0.3
± 0.5	70	14	7	3.5	2.5	2	1.5
± 1.0	>100	28	14	7	5	4	3
± 2.0	>100	56	28	14	10	8	6
± 5.0	>100	>100	70	35	25	20	15
± 10.0	>100	>100	>100	70	50	40	30

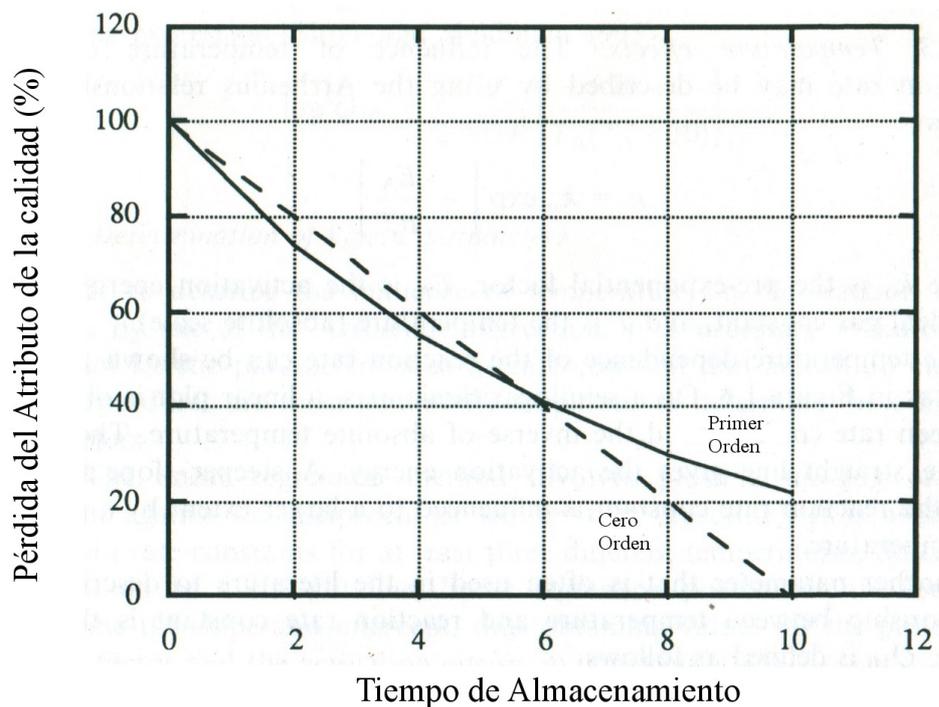
Fuente: Benson (1960)

El segundo tema de importancia en el análisis cinético es el cambio en el seguimiento de las especies reactivas.”

En el gráfico 6 se muestran las dos tendencias de reacción: cero y primer orden. En este caso la superposición entre las líneas de cero y primer orden, hasta la disminución de un 55 % de los atributos de la calidad, indican que tanto el modelo de cero como primer orden pueden ser usados para describir los cambios en el atributo. Sin embargo, más allá del 55 % de la disminución, hay una considerable diferencia para predecir el nivel de atributo de la calidad por parte de los modelos de cero y primer orden.

Cabe destacar que el análisis que se efectúa en base a las proposiciones revisadas son las que normalmente se utilizan para el pronóstico de la vida útil de los alimentos en el medio académico, entonces sin lugar a dudas una alternativa que se derive de los modelos de cero y primer orden es idónea para la determinación de la vida útil del yogurt en particular.

Gráfico 6. Pérdida en los atributos de la Calidad siguiendo las dos diferentes órdenes de la reacción.



Fuente: Man y Jones (1994)

Man y Jones (1994) “Por consiguiente, los datos experimentales sobre la tasa de cambio de un atributo de calidad están disponibles solo para al menos el 55% de la disminución en un atributo de la calidad restante, entonces un simple modelo de reacción de cero orden sería suficiente. Sin embargo el uso de ese modelo para extrapolar más del 55% del cambio puede conducir a serios errores si la reacción correcta fuera de primer orden. Por lo tanto la precaución debe ser ejercida al determinar la orden de la reacción.”

Efectos de la Temperatura

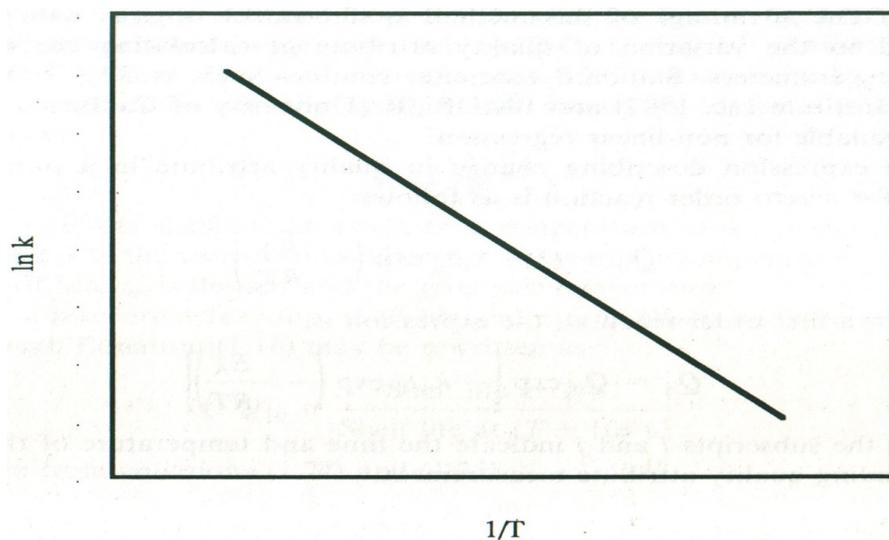
El efecto de la temperatura en la velocidad de reacción puede ser descrita usando la ecuación de Arrhenius:

$$k = k_o \exp\left[-\frac{E_A}{RT}\right] \quad (15)$$

Donde k_o es un factor pre – exponencial, E_A es la energía de activación, R es la constante ideal para los gases; y, T es la temperatura absoluta.

La dependencia de la temperatura con la velocidad de reacción se muestra en el gráfico 7 en papel semi logarítmico, obteniéndose una línea recta entre el inverso de la temperatura y el logaritmo de la constante. La pendiente equivale a la energía de activación. Una pendiente más pronunciada implica que la constante de velocidad de la reacción está influenciada en mayor medida por un cambio en la temperatura.

Gráfico 7. Influencia de la temperatura sobre la constante de Reacción. La pendiente de la recta = Energía de Activación.



Fuente: Man y Jones (1994)

Otro parámetro que es usado frecuentemente en la literatura para describir la relación entre la temperatura y la velocidad de reacción es el valor de Q_{10} que es definido como sigue:

$$Q_{10} = \frac{\text{Reacción a la Temperatura } (T+10)^\circ\text{C}}{\text{Reacción a la Temperatura } T^\circ\text{C}} \quad (16)$$

Para una reacción de cero orden, la vida útil y la constante son inversamente proporcionales y la ecuación (16) quedaría así:

$$Q_{10} = \frac{\text{Vida útil a la Temperatura } T^\circ\text{C}}{\text{Vida útil a la Temperatura } (T+10)^\circ\text{C}} \quad (17)$$

o:

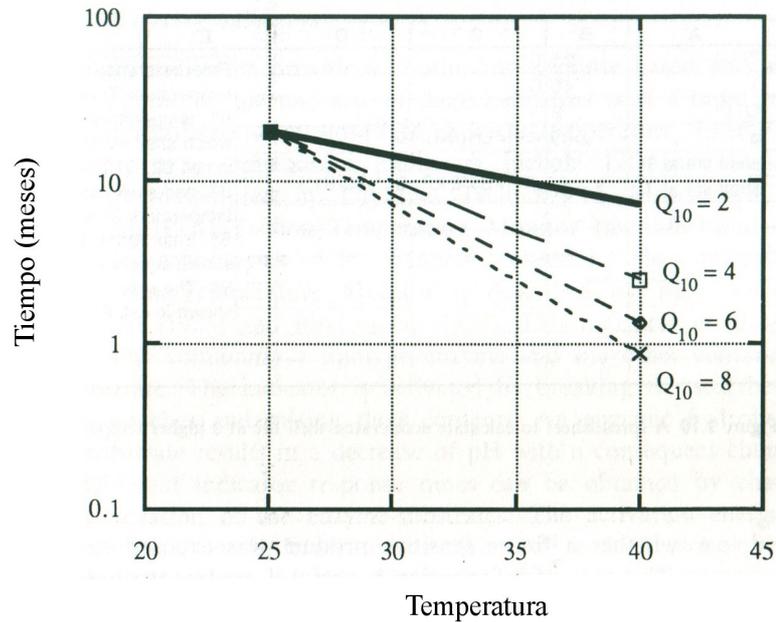
$$Q_{10} = e^{10a} \quad (18)$$

o:

$$a = \frac{\ln Q_{10}}{10} \quad (19)$$

Man y Jones (1994) “Estas ecuaciones nos permitan diseñar test acelerados para vida útil como se muestra en el gráfico 8 para diferentes valores de Q_{10} , si la vida útil a 25 °C es de 20 meses y los test se hacen a 40 °C, para un $Q_{10} = 4$ la vida útil se reduce hasta los 2.5 meses.”

Gráfico 8. Diagrama de Vida útil acelerada para diferentes valores de Q_{10} .



Fuente: Man y Jones (1994)

Predicción de la Vida útil a temperatura variable

Labuza (1972) “Presentó una serie de derivaciones matemáticas fundamentadas en las reacciones de cero y primer orden”

Predicción para la reacción de Cero Orden

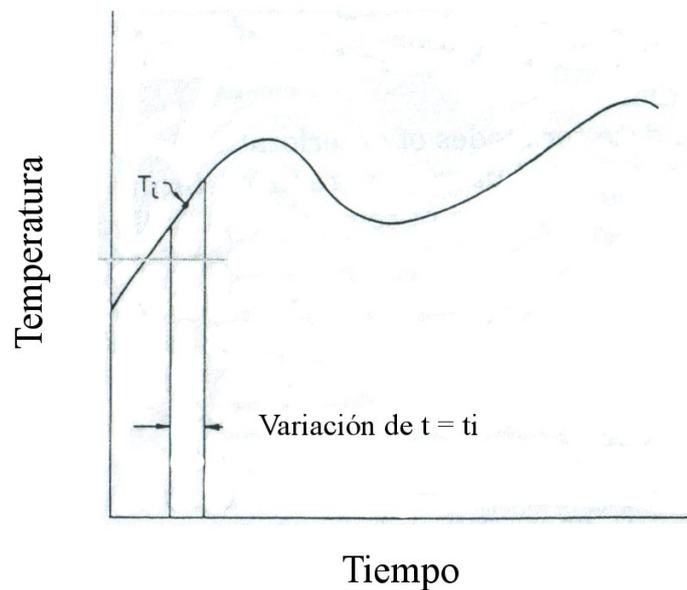
Para la reacción de cero orden la ecuación va como se muestra:

$$Q = Q_o - \Sigma(k_i t_i) \quad (20)$$

Donde $\Sigma(k_i t_i)$ es la suma del producto de la constante k_i para cada temperatura t_i dada por el intervalo de tiempo al promedio de temperatura T_i por el período de tiempo dado.

La historia de temperaturas se divide en períodos de tiempo adecuados como se muestra en el gráfico 9 y es el promedio de la temperatura que en el período de tiempo puede ser encontrado. La constante de reacción en este período de tiempo es calculada luego del gráfico de vida útil usando una reacción de cero orden y su constante es multiplicada por el tiempo durante el período para obtener $k_i t_i$ y sus incrementos son sumados para obtener la cantidad de pérdida de calidad a cada tiempo.

Gráfico 9. Historia de Tiempo y Temperaturas.



Fuente: Labuza (1982)

Si la vida útil se basa simplemente en un tiempo para llegar a la inaceptabilidad, entonces se puede simplificar la ecuación (20) para darnos:

$$f_c = \sum \left(\frac{t_i}{t_s} \right)_{T_i} \quad (21)$$

Donde f_c es la fracción de vida útil consumida. Esta ecuación utiliza la misma técnica que la ecuación (20). Los valores fraccionados luego son sumados para darnos la fracción de vida útil consumida. Desde esto, tenemos:

$$(1 - f_c)t_s = \text{días a los que se dejó a la temperatura } T_s \quad (22)$$

es decir, el tiempo que se deja a cualquier temperatura es la fracción de vida útil restante $(1 - f_c)$ veces a esa temperatura desde el gráfico.

Este método fue desarrollado inicialmente por la USDA que es el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos por sus siglas en inglés en 1960 y es referido como el método de: “*Tolerancia al Tiempo y Temperatura*” (TTT).

Predicción para la reacción de Primer Orden

Como con la predicción de reacción de Cero Orden, una ecuación puede ser desarrollada para predecir la cantidad disminuida de calidad de la vida útil como función de la variable temperatura de almacenamiento para reacciones de Primer Orden en la siguiente forma:

$$Q = Q_o \exp[-\Sigma k_i t_i] \quad (23)$$

Donde Q es la cantidad cedida de calidad al final de la distribución de tiempo y temperatura, y Σ es la sumatoria de la constante por cada tiempo como en la reacción de cero orden. Si los datos para alimentos son basados únicamente en la vida útil, entonces una similar ecuación para el método TTT puede derivarse:

$$\ln \frac{Q}{Q_o} = -\Sigma k_i t_i \quad (24)$$

y:

$$k_i = \frac{\ln Q_E / Q_o}{t_s} \quad (25)$$

A la fracción del tiempo t de vida útil consumida = $\ln Q/Q_o$

A la fracción de tiempo t_s de vida útil consumida = $\ln Q_E/Q_o$

f_R = la fracción de vida útil restante es:

$$f_R = 1 - \frac{\ln Q_o/Q}{\ln Q_o/Q_E} = 1 - \Sigma \left(\frac{t_i}{t_s} \right)^{T_i} \quad (26)$$

Labuza (1982) “El uso de esta ecuación todavía debe ser validada para el almacenamiento de los alimentos, pero ha sido aplicada en la forma de la ecuación (24) para calcular la pérdida de la calidad, destrucción de nutrientes y muerte de microorganismos durante el procesamiento térmico de alimentos enlatados por Lenz y Lund 1977 a, b, c. No hay razón para creer que esta ecuación y sus aproximaciones no son aplicables para la predicción en el almacenamiento de los alimentos.”

Hasta aquí se ha mostrado la base científica para las predicciones del tiempo de vida útil, y la forma en que se derivan hasta llegar a la sección de interés que es el método TTT. Como consecuencia se puede destacar:

- ✓ Tanto la cinética de reacción de cero orden como la de primer orden tienen el limitante bajo el 55% aproximadamente de la calidad restante del alimento.
- ✓ La determinación del orden de la reacción se hace dificultosa y es el punto básico para poder predecir el tiempo de almacenamiento, lo que significa que si no hay precisión en los datos experimentales se puede caer en errores significativos.
- ✓ Las cinéticas de ambos órdenes suponen que factores externos como temperatura y humedad se mantienen constantes.
- ✓ Para la temperatura variable las ecuaciones propuestas para cero y primer orden no han sido totalmente validadas.

2.4.4. Método de Tolerancia al Tiempo y Temperatura

Thorne (1983) “La velocidad a la que una reacción química individual procede, varía exponencialmente con la temperatura. Aun que las reacciones y procesos que cambian el efecto de la calidad en frutas y vegetales son muchos y variados, una relación exponencial para describir ese efecto aislado se encuentra

aproximadamente validado, al menos sobre rangos moderados de temperatura. Tal relación puede ser usada para combinar a la temperatura con la vida útil.”

Thorne y Meffert (1979) “Ajustaron las ecuaciones exponenciales para publicar datos de tiempos de almacenamiento y sus temperaturas para frutos y vegetales frescos y congelados; y, obtuvieron coeficientes de correlación muy altos. Previamente varios autores han reportado similares relaciones para un sin número de productos individuales.”

Thorne (1983) “Si la vida útil a una determinada temperatura es definido como el tiempo requerido para que varios cambios fisiológicos determinen el límite inaceptable de la calidad del alimento, entonces el recíproco de ese tiempo de vida útil es la razón a la cual esos cambios toman lugar a esa determinada temperatura. Como una curva exponencial usualmente es ajustada para observar los datos de vida útil y temperatura, eso haría posible construir una curva de la tasa de cambio correspondiente a $1/\text{Tiempo de almacenamiento}$ contra el tiempo de cada uno de los puntos históricos de tiempo y temperatura. El área bajo esta curva para cada tiempo debería ser la medida total del cambio sufrido, producto de la temperatura. Esta es la base del método conocido como la “Hipótesis de la Tolerancia al Tiempo y Temperatura” propuesta en primer lugar por Van Arsdel (1959). Esta es análoga al método que primero propuso Bigelow y colaboradores y que después fue modificada por Ball y que sirven para determinar la efectividad del proceso de esterilización en alimentos enlatados, el método universal hoy en día. El “punto letal” del método de Bigelow y Ball es análogo al recíproco del tiempo de almacenamiento en la hipótesis TTT. El término “Tiempo de almacenamiento” requiere aceptar que la “Calidad” muestra dudosos parámetros y por lo tanto una carencia de todos los elementos de una medida cuantitativa satisfactoria. Pero al menos es posible derivar relaciones entre temperatura y tiempo de almacenamiento especialmente si hay un indicador válido de la calidad para ser usado. Utilizando como dato, un procedimiento para sumar el efecto irregular de la temperatura histórica sobre la calidad o un indicador de la calidad puede ser usado.”

Thorne (1983) “El efecto acumulativo de las historias de temperaturas conocidas sobre la calidad puede ser estimado rápidamente si se confía en la validez de los datos de varias temperaturas fijas con los rangos requeridos, con tal de que los cambios en la calidad del producto sean conocidos para ser aditivos y conmutativos; y, que no haya efectos adicionales debido al cambio mismo de la temperatura.”

Thorne (1983) “Es improbable que un indicador de la calidad tenga una relación lineal con la temperatura o el tiempo, a lo que se debe utilizar una función matemática conveniente ya sea lineal, exponencial, logarítmica, etc, así que el cambio de la propiedad con el tiempo puede ser calculado desde las inclinaciones de esas líneas a diferentes temperaturas. En otras palabras, el indicador de calidad o una función de este, debe depender solo de la temperatura y nunca de él mismo.”

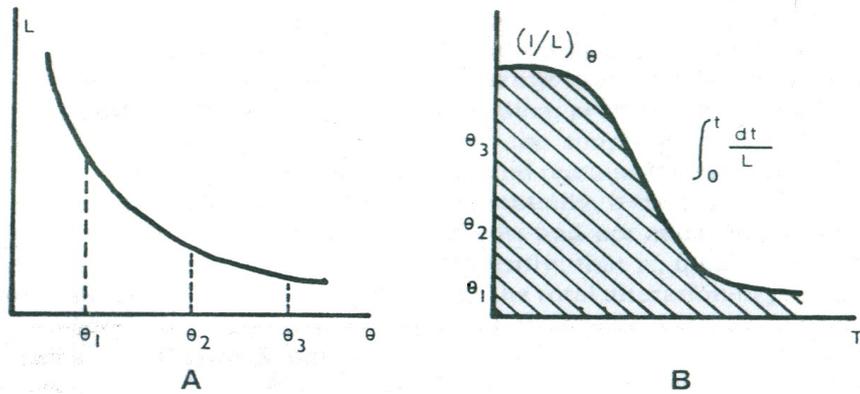
La solución gráfica de la hipótesis de la tolerancia al tiempo y temperatura basados en datos de tiempos de almacenamiento y temperaturas se muestran en los gráficos 10 y 11 respectivamente y su forma puede ser resumido por la ecuación (27) y luego en la ecuación (28):

$$(1/L)_{restante} = 1 - \int_0^t (1/L) dt \quad (27)$$

$$Q = Q_0 + \int_0^t (dQ/dt) dt \quad (28)$$

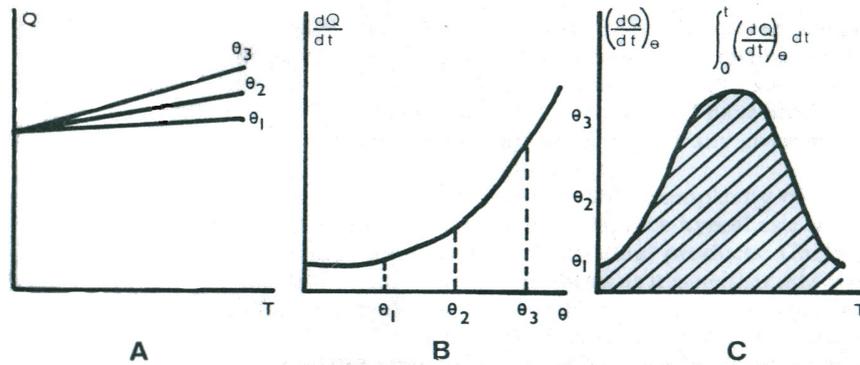
Donde Q es el indicador del valor de la calidad a una determinada temperatura, Q_0 es el valor inicial del atributo de calidad; y, $1/L$ es la fracción de vida de almacenamiento del producto.

Gráfico 10. Solución Gráfica a la hipótesis de la Tolerancia al Tiempo y Temperatura Ecuación (27).



Fuente: Thorne (1994)

Gráfico 11. Solución Gráfica a la hipótesis de la Tolerancia al Tiempo y Temperatura Ecuación (28).



Fuente: Thorne (1994)

En el segundo de estos enfoques (ecuación 28), una correlación debe encontrarse entre el indicador de la calidad y el momento en que el producto se vuelve inaceptable habiendo dificultad de identificar cualquier atributo de la calidad que pueda ser un factor limitante para el producto. Complicaciones en este

procedimiento pueden aparecer si dos o más procesos de deterioración están presentes; y, usualmente hay al menos dos.

Los resultados finales de calcular con TTT pueden ser expresados convenientemente en una de estas maneras: (i) la cantidad de tiempo a una temperatura constante de selección que produciría el mismo cambio en el producto; o, (ii) la temperatura constante efectiva que produciría el mismo cambio en el producto al mismo tiempo.

Thorne (1983) “Como ya se ha expuesto, la hipótesis de TTT se basa en tres importantes supuestos: (i) adición, (ii) conmutación, (iii) la no existencia de efectos adicionales. La adición significa que el total de alteración en las propiedades del producto producidas por una sucesión de varias temperaturas, es la simple suma de las cantidades por separado del cambio a cada temperatura. Conmutación significa que el total de la alteración en las propiedades es independiente del orden de presentación de las varias experiencias de temperatura. La no existencia de efectos adicionales fuera de la temperatura misma implica que el gradiente de temperatura en particular dentro del producto creado cuando cambia la temperatura ambiente no tienen ningún efecto.”

Thorne (1983) “Estos tres supuestos han sido probados en alimentos congelados.”

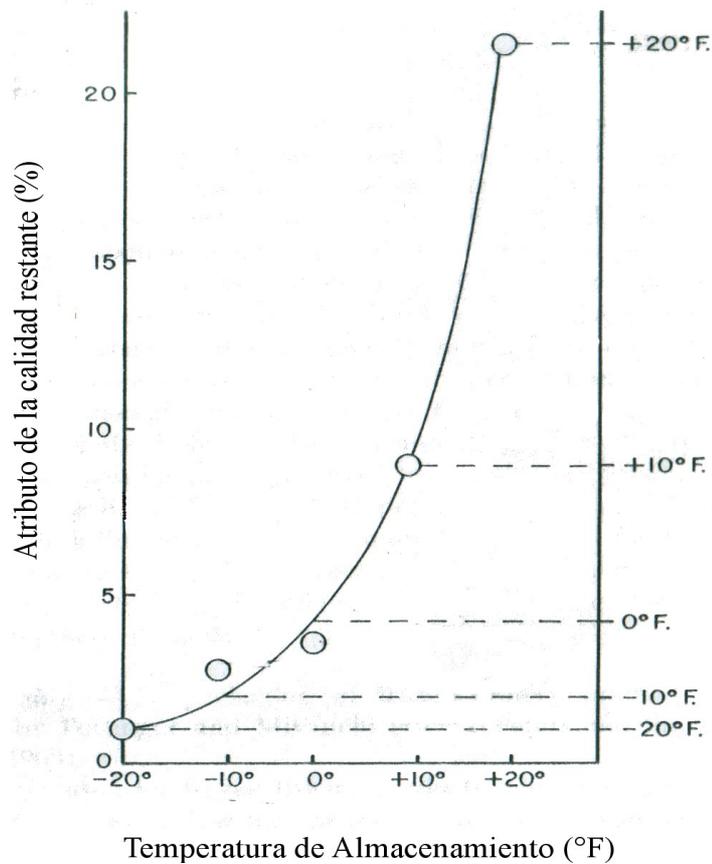
Thorne (1983) “Sin embargo los alimentos frescos poseen grandes complejos bioquímicos y metabólicos en donde se hace difícil la aplicación del método y se sujeta a limitaciones para alimentos individuales.”

Van Arsdel y Giuadagni (1959) “Se ha usado un sistema matemático coordinado de tiempo y temperatura para estimar la pérdida de calidad de peces, frutas y vegetales congelados sujetos a varias temperaturas por distintos períodos de tiempo. Esta herramienta muestra una considerable promesa para estimar la pérdida de calidad en productos congelados.”

Entonces con una historia de temperaturas y tiempos construyeron una gráfica en la que se linealiza de mejor manera la tendencia. A partir de esta gráfica

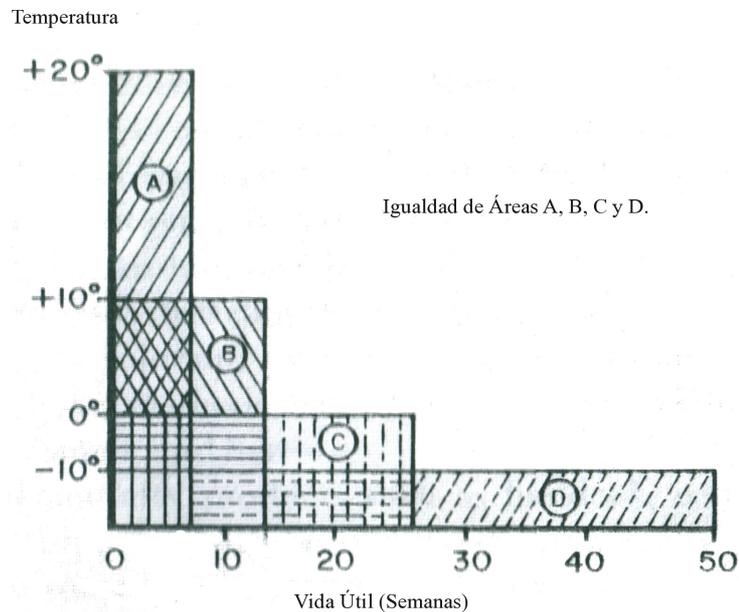
se construyeron una nueva, donde hay una nueva escala desproporcionada de temperaturas corregidas a las que se sometieron sus productos y calculan el área correspondiente a una determinada temperatura, lo que permite igualar las áreas a cualquier otra temperatura. Lo mencionado se ilustra en las gráficas 12 y 13 respectivamente.

Gráfico 12. Atributo de la calidad vs Tiempo de almacenamiento con línea de tendencia para obtener las nuevas temperaturas corregidas.



Fuente: Van Arsdel (1959)

Gráfico 13. Vida útil vs Temperatura. Igualdad de áreas de referencia.



Fuente: Van Arsdel (1959)

2.4.5. Resolución del Método Gráfico de la Tolerancia al Tiempo y Temperatura

Como se muestra en las gráficas 12 y 13, la hipótesis de la Tolerancia al Tiempo y Temperatura utiliza dos sistemas de coordenadas para pronosticar la pérdida de calidad en los alimentos. Alvarado y colaboradores (2005) utilizaron el método gráfico TTT para determinar el tiempo de vida útil a temperatura variable en naranjillas con recubrimiento. La aplicación del método se lo hace de manera manual construyendo las gráficas en papel milimetrado.

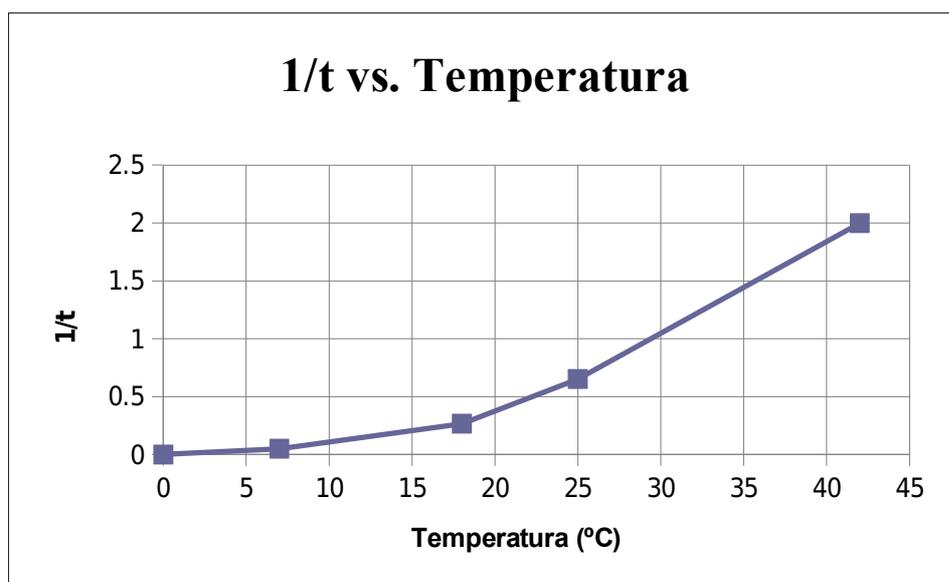
El primer sistema de coordenadas x versus y se define a partir de los datos de crecimiento del atributo de la calidad, que para este caso específico es el porcentaje de ácido láctico producido como respuesta al crecimiento bacteriano propio del yogurt contra el tiempo de almacenamiento del experimento. Se aplica entonces a cada línea obtenida de temperatura una regresión que mejor se ajuste para tener la ecuación que represente a la misma, de donde la variable dependiente

será el tiempo de almacenamiento. Se calculan entonces los tiempos de vida útil para cada temperatura sujetando la ecuación al máximo permitido para el atributo de estudio, es decir que la acidez no supere lo establecido en la norma. El inverso de cada tiempo obtenido anteriormente sirve para construir la nueva gráfica con temperaturas. Por proyecciones verticales se construye la nueva escala arbitraria de temperaturas corregidas. Hasta aquí el detalle de las gráficas anteriormente expuestas, sin embargo como se mencionó, todo esto se hace sobre papel milimetrado y es susceptible a error.

En la presente investigación, para la solución del método se ha utilizado una hoja de cálculo en la que se obtiene las gráficas de los datos del atributo de calidad vs. el tiempo y la gráfica del inverso del tiempo vs. la temperatura, a partir de esta se aplicó la geometría analítica y trigonometría para determinar con exactitud los puntos donde se ubican las nuevas temperaturas corregidas, de la siguiente manera:

La gráfica obtenida del inverso de la temperatura vs. el tiempo, va a dar una curva de donde por proyección horizontal, se obtienen la nueva escala de temperaturas corregidas, de aquí que para cada par ordenado se dibuja una recta como se muestra en el gráfico 14:

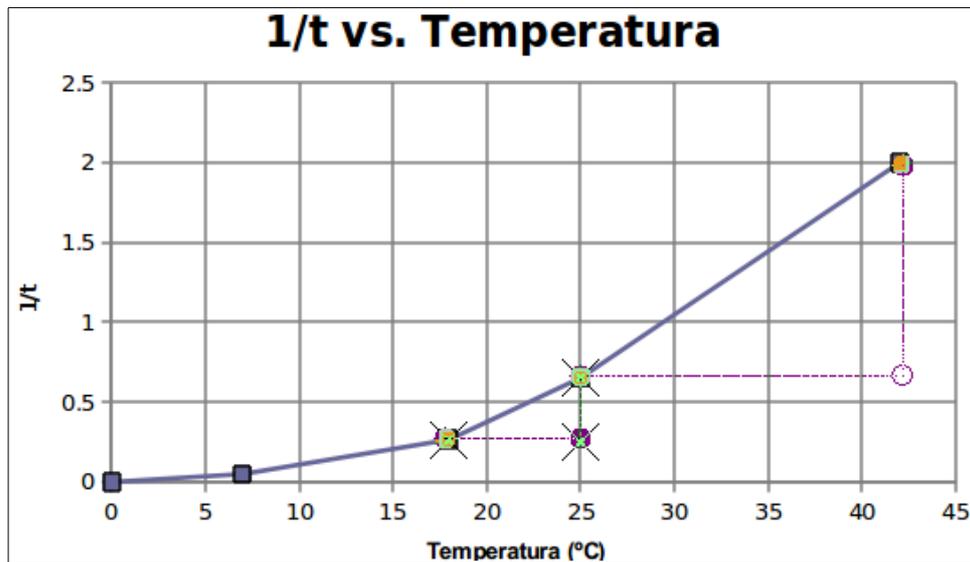
Gráfico 14. Inverso del Tiempo vs Temperatura.



Elaborado por: Jorge Mantilla

Como se puede observar para cada línea entre los pares ordenados que conforman la curva, se puede dibujar un triángulo rectángulo el que nos va a permitir por medio de trigonometría determinar los lados que corresponden a las alturas para las nuevas temperaturas corregidas que se utiliza en el método TTT y que se muestra en el Gráfico 15:

Gráfico 15. Inverso del Tiempo vs Temperatura diseño del triángulo rectángulo para cada par ordenado.



Elaborado por: Jorge Mantilla.

A partir de estos datos se construye una nueva gráfica de temperaturas corregidas vs. el tiempo de almacenamiento donde se calcula el área de referencia correspondiente a la base de cálculo lo que permitirá estimar la vida útil del alimento en cuestión sujeto a cualquier alteración de la temperatura e igualando el área de referencia principal.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis Nula (H_0):

Evaluar la no incidencia de diferentes temperaturas de almacenamiento en el cambio de la acidez como atributo de calidad del yogurt

$$H_0: T_1 = T_2 = T_3 \dots T_n$$

2.5.2. Hipótesis Alternativa (H_1):

Evaluar la incidencia de diferentes temperaturas de almacenamiento en el cambio de la acidez como atributo de calidad del yogurt

$$H_1: T1 \neq T2 \neq T3 \dots \dots \dots Tn$$

2.6. Señalamiento de las Variables de la Hipótesis

2.6.1. Variable Independiente

Historial de Temperaturas

2.6.2. Variable Dependiente.

Tiempo de vida útil del yogurt

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad básica de la investigación

El diseño de investigación estará de acuerdo con las modalidades de la investigación: de campo y experimental.

3.2. Nivel o tipo de investigación

La Investigación Exploratoria es preliminar mediante la cual se realiza la observación inmediata del área y de los elementos constitutivos del objeto que va a ser investigado.

Las funciones específicas de la investigación exploratoria son las siguientes: formular problemas, desarrollar hipótesis, aclarar conceptos, reunir información y familiarizar al investigador con el fenómeno que desea examinar.

El estudio preliminar se realizará a través de la revisión de la documentación y de contactos directos, y esto se refiere a la lectura y análisis de toda clase de fuentes bibliográficas y demás clases de documentos, para lo cual es necesario informarse de la investigación documental. Los contactos directos sirven para lograr una primera aproximación al problema.

3.3. Población y muestra

El estudio se realizó en el Laboratorio de Industrias Mabosa, por lo que se tuvo como población al nivel de producción normal de la fábrica, la muestra se escogió de un lote diario de producción y corresponde a cuarenta unidades de producto envasados de yogurt con 3.5% de grasa y 8,5% de sólidos no grasos. Esta tendencia es muy particular del producto de MABOSA, por lo que las variables de respuesta corresponde exclusivamente a este tipo de yogurt. Además de las muestras para el experimento se analizó un testigo para evaluar la vida a una determinada temperatura.

3.3.1. Diseño Experimental

A fin de validar el proyecto se ejecutó un Diseño experimental completamente aleatorio de un solo factor con cuatro tratamientos.

Niveles de los tratamientos:

Se realizaron diez observaciones por cada tratamiento. Esto es a la temperatura T1 se somete a 10 unidades de 50 centímetros cúbicos de producto terminado y así respectivamente hasta T4. El cuadro 2 muestra los niveles:

Cuadro 2. Niveles de los tratamientos

TRATAMIENTOS
Temperatura
(°C)
T1: 3
T2: 16
T3: 25
T4: 42

Elaborado por: Jorge Mantilla

El testigo corresponde a una unidad de 4000 cc de producto terminado que se sometió a 20° C hasta que el atributo de calidad sobrepase el máximo legal o presente alguna característica organoléptica de indicio de daño del producto final. Este análisis se hizo con la finalidad de comparar resultados reales contra una

simulación con el software a esa temperatura de trabajo y poder determinar la fiabilidad de los datos expuestos por el programa basado en el método TTT.

3.4. Operacionalización de las Variables

3.4.1. Variable Independiente:

Cuadro 3. Operacionalización de la variable Temperatura

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas e Instrumentos
La Historia de Temperaturas desde la concepción hasta el expendio	Temperatura	Variable	Cambio en la acidez del medio	Refrigerador Estufa Termómetro Acidómetro

Elaborado por: Jorge Mantilla

3.4.2. Variable Dependiente

Cuadro 4. Operacionalización de la variable Tiempo de vida útil.

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas e Instrumentos
Aceptabilidad del producto final.	Análisis experimental	Respuesta experimental	¿Los tratamientos producen la misma acidez por la variación de temperatura?	ANOVA Software Hoja de cálculo

Fuente: Jorge Mantilla

3.5. Plan de recolección de Información

Para la recolección de la información se utilizó datos experimentales sobre la medición de las cantidades de ácido láctico producido como porcentaje mediante titulación de las observaciones. También se recogió información de libros, tesis, artículos técnicos e internet.

3.6. Plan de procesamiento de la información

Se ejecutó un experimento de un factor completamente aleatorizado, y su análisis fue con ANOVA. La variable de respuesta para el experimento es la cantidad de acidez producida que relacionamos directamente con el tiempo de vida útil, según la norma INEN 710 que expresa como límite máximo aceptable 1,50 % de ácido láctico presente en el medio, lo cual permite evaluar el efecto producido de la temperatura sobre el atributo de calidad escogido. Además se hizo una comparación entre el el testigo y el resultado del software a la temperatura de trabajo de 20° C y así poder evaluar la eficiencia de lo proyectado por el sistema.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1. Análisis de los Resultados

4.1.1. Datos Obtenidos

Se aplicó la técnica de titulación para determinar la cantidad de ácido láctico presente en el medio, a partir de que la fermentación concluye una vez alcanzado el 0,60 % de ácido láctico, se constituye en el valor inicial de acidez al tiempo cero. Se hicieron mediciones cada hora a partir del tiempo cero para cada temperatura de trabajo y los valores de determinación son las décimas de mililitros gastados de Hidróxido de Sodio (NaOH) necesarios para neutralizar el medio, así se transformaron estos datos para cada temperatura utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ AL} = (V * N * F) / W$$

Donde :

% AL es el porcentaje de ácido láctico, V es el volumen en décimas de mililitros gastado de Hidróxido de Sodio (NaOH), N es la normalidad del Hidróxido de Sodio (NaOH), F es el factor del ácido preponderante; y, W es el peso en gramos de la muestra. Cabe destacar que para mayor sensibilidad del

experimento se utilizó Hidróxido de Sodio 0.01 Normal a diferencia del que comúnmente se utiliza que es 0.1 Normal, cuya finalidad es utilizar un mayor volumen gastado que permita una mayor exactitud al ejecutar el experimento.

En el anexo 1 de cuadros se muestran los resúmenes.

4.1.2. Cálculos

Para aplicar la resolución del método gráfico TTT con los datos obtenidos y utilizando una hoja de cálculo, se resumió: los valores del incremento de la acidez como atributo de la calidad, lo que se muestra en el anexo 2 de cuadros en 10 horas de almacenamiento a las temperaturas de 3, 16, 25 y 42 °C respectivamente.

Con los valores del incremento de la acidez para la temperatura de 3 °C se construyó un gráfico del tiempo en horas contra el incremento de la acidez como atributo de la calidad, del cual se obtuvo la regresión y correlación, de forma análoga se procedió para las temperaturas de 16, 25 y 42 °C respectivamente, mostrados en el anexo 1 de gráficos.

Del gráfico 16 del anexo 1 de gráficos, se tomó las ecuaciones de regresión lineal de la forma $y = ax + b$ para obtener el modelo de cálculo de la vida útil según el método TTT y que sigue la siguiente forma:

$$Q = at + b \quad (29)$$

Donde Q es el atributo de la calidad, a es la pendiente de la recta, t es el tiempo en horas; y , b es el intercepto, así para 3 °C se obtuvo:

$$Q = 0.012t + 0.591 \quad (30)$$

Para 16 °C se obtuvo:

$$Q = 0.005t + 0.594 \quad (31)$$

Para 25 ° C se obtuvo:

$$Q=0.003t+0.593 \quad (32)$$

Para 42 ° C se obtuvo:

$$Q=0.0007t+0.6013 \quad (33)$$

Para cada temperatura de trabajo se obtuvo una regresión lineal con cuatro pendientes y cuatro interceptos; según la norma el atributo de la calidad máximo permitido es de 1,5 % de ácido láctico y que corresponde a Q , se despejó t para cada temperatura, dentro de la hoja de cálculo se diseñó el cuadro 13 que se muestra en el anexo 3 de cuadros.

En el cuadro 13, se asignó además una fila con Temperatura cero y una columna con el inverso del tiempo para cada temperatura en la hoja de cálculo, esto es con la finalidad de construir la gráfica 17 correspondiente al inverso del tiempo vs la temperatura, que parta desde el origen y que se muestra en el anexo 2 de gráficos.

Un par ordenado es un punto en el gráfico 17, cada par ordenado corresponde a una altura partiendo desde el origen, esto permitió construir una escala nueva de temperaturas corregidas por proyección sobre el eje de las ordenadas en la nueva gráfica 18 que se muestra en el anexo 3 de gráficos. Este caso que se lo hacía manualmente sobre papel milimetrado. Sin embargo para que el programa funcione, se utilizó cálculos trigonométricos y geometría analítica para resolver las distancias y alturas a las que se construyó la nueva escala de temperaturas corregidas.

El cuadro 14 del anexo 4 de cuadros, muestra el cálculo de la distancia entre dos puntos X y Y en el plano cartesiano, donde X_1 y X_2 son las temperaturas y Y_1 y Y_2 son los inversos del tiempo correspondientes a cada par ordenado, por geometría analítica se resolvió la distancia entre dos puntos, que corresponde a la hipotenusa del triángulo rectángulo de lados c como hipotenusa, a como cateto opuesto y b como cateto adyacente, que se ha diseñado para cada sección de recta

por cada temperatura de trabajo, siendo $c_1 = 3.0000001$ centímetros la hipotenusa para $3\text{ }^\circ\text{C}$, y así sucesivamente hasta c_4 .

El cuadro 15 del anexo 5 de gráficos se muestra el cálculo del cateto opuesto por simple diferencia del valor de cada abscisa que corresponde a las temperaturas de trabajo del experimento, donde X_2 es la temperatura superior y X_1 es la temperatura inferior correspondientes a cada par ordenado, siendo $a_1 = 3.00$ centímetros el cateto opuesto para $3\text{ }^\circ\text{C}$, y así sucesivamente hasta a_4 .

En el cuadro 16 del anexo 6 de cuadros, se muestra el despeje del cateto adyacente b con la ecuación de Pitágoras, donde a y c corresponden a el cateto opuesto y la hipotenusa respectivamente y que se han obtenido para cada temperatura previamente. Cada cateto adyacente encontrado corresponde a la altura del triángulo rectángulo que corresponde, siendo $b_1 = 0.0007$ centímetros el cateto adyacente para $3\text{ }^\circ\text{C}$, y así sucesivamente hasta b_4 . Sin embargo para construir la escala de temperaturas corregidas hay que acumular estos valores.

En el cuadro 17 del anexo 7 de cuadros, se muestra la sumatoria de los valores del cateto adyacente encontrado previamente para cada temperatura donde h es la altura y b_n es el cateto adyacente. Las nuevas alturas acumuladas corresponden a las ordenadas en el gráfico 18 que se muestra en el anexo 3 de gráficos, siendo $h_1 = 0.0007$ centímetros la altura acumulada para $3\text{ }^\circ\text{C}$, y así sucesivamente hasta h_4 .

La gráfica 19 del anexo 4 de gráficos, muestra una escala arbitraria construida a partir de las alturas calculadas. De esta gráfica se calcula el área de referencia a cualquier temperatura, observando que el área de referencia está determinada geoméricamente por: la base multiplicada por su altura, así:

$$A_r = b \times h$$

$$A_r = 1348 \text{ cm} \times 0,0007 \text{ cm}$$

$$A_r = 1 \text{ cm}^2$$

Para las cuatro temperaturas el área de referencia siempre fue la misma.

El método TTT comprende en igualar el área de referencia para cualquier otra temperatura de trabajo, es decir que si se conoce la altura correspondiente a una temperatura dada, y además se conoce de antemano el área de referencia, entonces queda por despejar la base que corresponde al nuevo tiempo de vida útil. Este proceso es el que permite jugar con las variables de temperatura hasta igualar el área de referencia.

A continuación se presenta el historial de temperaturas, a las que se realizó el experimento, los datos de trazabilidad del producto de Mabosa son a los que normalmente se encuentran sujetos y que corresponden a:

Fin de la fermentación:	0 horas	
Enfriamiento:	2 horas	20 °C
Refrigerado:	14 horas	7 °C
Envasado:	4 horas	17 °C
Almacenamiento:	12 horas	7 °C
Distribución:	2 horas	10 °C

Estas condiciones son las que normalmente se ejecutan en el proceso productivo de MABOSA, lo que permite establecerlo como un estándar de trabajo, tomando en cuenta que pueden haber fluctuaciones en el proceso.

4.1.3. Cálculo de la vida útil a temperatura variable

Hoja de Cálculo

Con el Historial de temperaturas del producto de Mabosa, en el programa base de la hoja de cálculo, se obtuvo el cuadro 18 de resumen mostrado en el anexo 8 de cuadros que detallan los resultados del cálculo de la vida útil utilizando las fluctuaciones de la temperatura desde el fin de la fermentación hasta la distribución al cliente bajo condiciones de refrigeración.

La vida útil para el producto será de 710,37 horas.

Programa en ejecución “Shelf Life”

La programación utilizando la base de datos SQL Server, almacena procedimientos que son generados y/o solicitados por Visual Basic 6.0 en tiempo de ejecución, procesa los datos de la misma forma que lo presentado en la hoja de cálculo, es decir que el diseño del sistema de “Shelf Life” es análogo a lo presentado para la hoja de cálculo en cuanto a los cálculos necesarios para resolver el método gráfico, por ende el código de programación responde a los diferentes cálculos que se propusieron para determinar la mejor tendencia de los datos, las alturas, las distancias entre otros de los puntos del plano cartesiano del comportamiento de los datos observados.

La programación se divide en formularios o ventanas que observamos durante la ejecución del programa:

- Formulario Días
- Formulario Porcentajes
- Formulario Pérdidas
- Formulario Tiempo y Temperatura
- Formulario Respuesta
- Formulario Principal
- Formulario de Splash Screen

Los nombres asignados son referenciales y no necesariamente expresan el significado. Cada Formulario anterior posee un código de programación determinado. El formulario Principal contiene a los demás formularios o ventanas.

A continuación se muestran los principales cálculos aplicados en el código de programación:

Formulario Días:

```
Private Sub cmd_acept_Click()  
If Val(txt_num_dias.Text) >= 3 Then  
  
    perd_pec_dias = Val(txt_num_dias.Text)  
    Dim i As Integer  
    For i = 0 To Val(txt_num_dias.Text) - 1  
        Dim ing_tiemp As ADODB.Recordset  
        Set ing_tiemp = New Recordset  
        ing_tiemp.CursorLocation = adUseClient  
        ing_tiemp.Open "SP_ING_TIEMP " & i, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic  
    Next i  
    Dim guard_unid As ADODB.Recordset  
    If opt_default.Value Then  
  
        Set guard_unid = New Recordset  
        guard_unid.CursorLocation = adUseClient  
        guard_unid.Open "insert UNIDADES (UNIDAD) values (" & cmbo_tiemp.Text & ")", conexion,  
adOpenDynamic, adLockOptimistic  
        unid = cmbo_tiemp.Text  
    End If  
    If opt_nuev_tiemp.Value Then  
  
        Set guard_unid = New Recordset  
        guard_unid.CursorLocation = adUseClient  
        guard_unid.Open "insert UNIDADES (UNIDAD) values (" & Trim(txt_tiemp.Text) & ")",  
conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic  
    End If  
    Unload Me  
    frm_porc.Show  
  
Else  
  
    MsgBox "Ingresar mínimo 3 tiempos", vbCritical, "Error"  
    txt_num_dias.SetFocus  
    txt_num_dias.Text = ""  
    txt_num_dias.SetFocus  
End If  
  
End Sub
```

Este bloque de código permite la delimitación de la cantidad mínima de tiempos del experimento, especificando 3 como la menor cantidad hasta un número indefinido de tiempos. Además el código permite la conexión a la base de datos de SQL para poder diseñar una matriz de tiempos y temperaturas de forma similar a la que se utiliza en la hoja de cálculo. En el caso de no ingresar al menos 3 tiempos el código señala que hay un error y que ingrese al menos tres tiempos.

```

Private Sub Form_Load()
    reset_formulario Me, 4035, 3105
    CentrarForma Me
    cmbo_tiemp.AddItem "Minutos"
    cmbo_tiemp.AddItem "Horas"
    cmbo_tiemp.AddItem "Días"
    cmbo_tiemp.AddItem "Semanas"
    cmbo_tiemp.AddItem "Meses"
End Sub

```

Este bloque de código permite escoger entre algunos intervalos de tiempo más utilizados en la determinación de la vida útil de un alimento, y que es seleccionable por el usuario.

```

Function fun_act_btn_tiemp()
    If (txt_num_dias.Text <> "" And cmbo_tiemp.Text <> "") Or (txt_num_dias.Text <> ""
And txt_tiemp.Text <> "") Then
        cmd_acept.Enabled = True
    Else
        cmd_acept.Enabled = False
    End If
End Function

```

Este bloque de código permite añadir un intervalo de tiempo definido por el usuario en caso de que las anteriores opciones no cumplan las necesidades del investigador.

El código que a continuación se muestra, corresponde a eventos automáticos sencillos, tales como la activación del botón “Aceptar” o el ingreso de números enteros solamente en el casillero de los tiempos, esto es una vez que se han cumplido los requerimientos del código anterior y que no se haya reportado errores:

```

Private Sub opt_default_Click()
    If opt_default.Value Then
        cmbo_tiemp.Enabled = True
        txt_tiemp.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub opt_nuev_tiemp_Click()
    If opt_nuev_tiemp.Value Then
        cmbo_tiemp.Enabled = False
        txt_tiemp.Enabled = True
    End If
End Sub

Private Sub txt_num_dias_Change()
    fun_act_btn_tiemp
End Sub

```

```

Private Sub txt_num_dias_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = solo_enteros(KeyAscii)
End Sub

Private Sub txt_tiemp_Change()
    fun_act_btn_tiemp
End Sub

```

Formulario Porcentaje:

```

Private Sub cmd_add_porcentaje_Click()
    Dim nuevo_porcentaje As ADODB.Recordset
    Set nuevo_porcentaje = New Recordset
    nuevo_porcentaje.CursorLocation = adUseClient
    nuevo_porcentaje.Open "SP_ING_PORC " & txt_porcentaje.Text, conexion,
    adOpenDynamic, adLockOptimistic
    txt_porcentaje.Text = ""
    fun_act_record
    txt_porcentaje.SetFocus
    cont = cont + 1
    If cont = 3 Then
        cmd_sig.Enabled = True
    End If
End Sub

```

Este bloque de código permite el conteo e ingreso de las temperaturas del experimento, así como también su almacenamiento en la base de datos de SQL Server. También permite establecer el mínimo de temperaturas a ingresar que corresponden a tres, una vez cumplido este requisito, el botón de “Siguiente” se activa.

Formulario Pérdidas:

```
Private Sub cmd_tiempo_Click()  
    Dim id_temp As ADODB.Recordset  
    Set id_temp = New Recordset  
    id_temp.CursorLocation = adUseClient  
    id_temp.Open "SP_CARG_ID_PORC " & Val(txt_temp.Text),  
    conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic  
    Dim ing_peso As ADODB.Recordset  
    Set ing_peso = New Recordset  
    ing_peso.CursorLocation = adUseClient  
    Dim cade  
    cade = "SP_ING_TEMP " & id_temp!ID_TEMPR & ", " &  
    Val(txt_perd_pec.Text) & ", " & cuen_tiem  
  
    ing_peso.Open cade, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic  
    op = True  
    If tiempo < perd_pec_dias - 1 Then  
        tiempo = tiempo + 1  
        cuen_tiem = cuen_tiem + 1  
    Else  
        tiempo = 0  
        cuen_tiem = 1  
        temp = temp + 1  
    End If  
  
    Unload Me  
    Me.Show  
End Sub
```

Este bloque de código del formulario pérdidas permite la conexión a la base de datos de SQL Server, también almacena un identificador del valor relativo de pérdida del atributo de calidad. Además de estas funciones, este bloque permite numerar el ingreso de los atributos de calidad con un contador con la finalidad de acomodar los pares ordenados que se van a utilizar para el gráfico, comienza desde el tiempo cero hasta el número de tiempos que se hayan ingresado en el formulario Días.

```

Private Sub Form_Activate()
Dim carg_temp As ADODB.Recordset
Set carg_temp = New Recordset
carg_temp.CursorLocation = adUseClient
carg_temp.Open "SP_CARGA_TEMP " & temp, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
If carg_temp.EOF = False Then
txt_temp.Text = carg_temp!TEMPR
Else
Dim ing_med_tiemp As ADODB.Recordset
Set ing_med_tiemp = New Recordset
ing_med_tiemp.CursorLocation = adUseClient
ing_med_tiemp.Open "SP_MED_TIEMP", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

Dim ing_tiemp_cuad As ADODB.Recordset
Set ing_tiemp_cuad = New Recordset
ing_tiemp_cuad.CursorLocation = adUseClient
ing_tiemp_cuad.Open "SP_SUM_TIEMP_CUAD", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

Dim max_id_InI As ADODB.Recordset
Set max_id_InI = New Recordset
max_id_InI.CursorLocation = adUseClient
max_id_InI.Open "SP_MAX_ID_VST_LNL", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

Dim cuen_tempr As ADODB.Recordset
Set cuen_tempr = New Recordset
cuen_tempr.CursorLocation = adUseClient
cuen_tempr.Open "SP_CUENT_TEMPR", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

For i = 1 To Val(cuen_tempr!NO_TEMPR)
H = d + perd_pec_dias - 1
'Debug.Print d & " " & h
Dim ing_sum_xy As ADODB.Recordset
Set ing_sum_xy = New Recordset
ing_sum_xy.CursorLocation = adUseClient
cade = "SP_SUM_XY " & d & ", " & H
Debug.Print cade
ing_sum_xy.Open cade, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

d = H + 1
Next i

d = 2
H = 0

For i = 1 To Val(cuen_tempr!NO_TEMPR)
H = d + perd_pec_dias - 2
Dim ing_prom_y As ADODB.Recordset
Set ing_prom_y = New Recordset
ing_prom_y.CursorLocation = adUseClient
cade = "SP_PROM_Y " & d & ", " & H
Debug.Print cade
ing_prom_y.Open cade, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

d = H + 2
Next i

Set carg_x_med = New Recordset
carg_x_med.CursorLocation = adUseClient
carg_x_med.Open "SP_SELEC_X_MED_X_CUAD " & 1, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
x_med = carg_x_med!VAL_SUM

Dim carg_x_cuad As ADODB.Recordset
Set carg_x_cuad = New Recordset
carg_x_cuad.CursorLocation = adUseClient
carg_x_cuad.Open "SP_SELEC_X_MED_X_CUAD " & 2, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
x_cuad = carg_x_cuad!VAL_SUM

Dim carg_sum_xy As ADODB.Recordset
Set carg_sum_xy = New Recordset
carg_sum_xy.CursorLocation = adUseClient
carg_sum_xy.Open "SP_SELEC_XY " & Val(cuen_tempr!NO_TEMPR), conexion, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
While carg_sum_xy.EOF = False
xy = carg_sum_xy!VAL_SUM

Dim carg_sum_y_med As ADODB.Recordset
Set carg_sum_y_med = New Recordset
carg_sum_y_med.CursorLocation = adUseClient
carg_sum_y_med.Open "SP_SELEC_Y_MED " & Val(cuen_tempr!NO_TEMPR), conexion,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
While carg_sum_y_med.EOF = False
y_med = carg_sum_y_med!VAL_SUM
b = (xy - ((perd_pec_dias - 1) * x_med * y_med)) / (x_cuad - ((perd_pec_dias - 1) * x_med ^ 2))
Dim ing_pend As ADODB.Recordset
Set ing_pend = New Recordset
ing_pend.Open "SP_ING_PENDIEN " & b, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

a = y_med - (b * x_med)
Dim ing_interc As ADODB.Recordset
Set ing_interc = New Recordset
ing_interc.Open "SP_ING_INTERCEP " & a, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

carg_sum_y_med.MoveNext
Wend

carg_sum_xy.MoveNext
Wend

```

Este bloque de código tiene varias funciones externas interactuadas con la base de datos SQL Server: Lo principal es determinar la matriz de datos compuesta ya por tiempos y temperaturas, con dicha tabla se obtiene la línea de tendencia utilizando el método de los mínimos cuadrados en donde las variables de x corresponden a los tiempos ingresados y las variables y corresponden a la pérdida del atributo de calidad a cada temperatura de trabajo. Los procedimientos almacenados en la base de datos permiten obtener los valores necesarios para desarrollar la fórmula de cálculo de los mínimos cuadrados que entre otros datos requeridos están: media de x , media de y , el producto de x e y , etc., y que se generan en la base misma.

Una vez que se han generado los cálculos en la base de datos, estos se almacenan y pasan a espera del ingreso del atributo máximo de la calidad: este valor corresponde al limitante de la ecuación de la recta a la que obedece la linealización obtenida con el método de los mínimos cuadrados, es decir es el valor de la variable dependiente y .

A continuación se muestra el bloque de código que permite el ingreso del Atributo máximo de la calidad, en ese bloque también se hace el llamado a los valores calculados de la pendiente e intercepto de la línea de tendencia obtenida para que sean cargados y se pueda realizar el despeje del tiempo para cada temperatura de trabajo de forma análoga a la hoja de cálculo. El bloque de código también muestra el cálculo del inverso del tiempo obtenido para cada temperatura.

```

atrb_cld = InputBox("Atributo máximo de calidad", "Ingreso")
Me.Enabled = False
cont = 1
While (cont <= (cuen_tempr!NO_TEMPR) ^ 2)
    Dim carg_pendien As ADODB.Recordset
    Set carg_pendien = New Recordset
    carg_pendien.CursorLocation = adUseClient
    carg_pendien.Open "SP_FILT_PEND " & cont, conexion, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    If carg_pendien.EOF = False Then
        Debug.Print "PENDIENTES"
        Debug.Print carg_pendien!PENDIEN

        Dim carg_interc As ADODB.Recordset
        Set carg_interc = New Recordset
        carg_interc.CursorLocation = adUseClient
        carg_interc.Open "SP_FILT_INTERCEP " & cont, conexion, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
        If carg_interc.EOF = False Then
            Debug.Print "INTERCEPTOS"
            Debug.Print carg_interc!INTERC

            Dim ing_ecu_rect As ADODB.Recordset
            Set ing_ecu_rect = New Recordset
            ing_ecu_rect.CursorLocation = adUseClient
            ing_ecu_rect.Open "SP_ING_ECU_REC " & carg_pendien!PENDIEN & ", " &
carg_interc!INTERC & ", " & atrb_cld, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
            Me.Enabled = True
            cont = cont + cuen_tempr!NO_TEMPR + 1
            carg_interc.Close
        End If
    End If
    cont = cont + cuen_tempr!NO_TEMPR + 1
    carg_pendien.Close

    Dim id_inv_t As Integer
    id_inv_t = 1

    Dim carg_inv As ADODB.Recordset
    Set carg_inv = New Recordset
    carg_inv.CursorLocation = adUseClient
    carg_inv.Open "SP_CARG_INV", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
    While carg_inv.EOF = False
        Dim ing_inv_tiem As ADODB.Recordset
        Set ing_inv_tiem = New Recordset
        ing_inv_tiem.CursorLocation = adUseClient
        ing_inv_tiem.Open "SP_ING_INV_TIEMP " & id_inv_t & ", " & carg_inv!TIEMP_INV,
conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        id_inv_t = id_inv_t + 1
        carg_inv.MoveNext
    Wend

Wend

```

```

Dim carg_temp_tiem_par As ADODB.Recordset
Set carg_temp_tiem_par = New Recordset
carg_temp_tiem_par.CursorLocation = adUseClient

Dim carg_temp_tiem_impar As ADODB.Recordset
Set carg_temp_tiem_impar = New Recordset
carg_temp_tiem_impar.CursorLocation = adUseClient

carg_temp_tiem_par.Open "SP_SEL_C_TEMPR " & 1, conexion,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
hipo = Sqr((Val(carg_temp_tiem_par!TEMPR)) ^ 2 +
(Val(carg_temp_tiem_par!INV_TIEMP)) ^ 2)
carg_temp_tiem_par.Close
Dim carga_dist As ADODB.Recordset
Set carga_dist = New Recordset
carga_dist.CursorLocation = adUseClient

cont_temp = 1

carga_dist.Open "SP_ING_DET_DIST 1, " & cont_temp & ", " &
hipo, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
cont_temp = cont_temp + 1

While (cont_distan <= Val(cuen_tempr!NO_TEMPR))
carg_temp_tiem_par.Open "SP_SEL_C_TEMPR " & cont_distan,
conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

carg_temp_tiem_impar.Open "SP_SEL_C_TEMPR " &
cont_distan - 1, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
hipo = Sqr((Val(carg_temp_tiem_par!TEMPR) -
Val(carg_temp_tiem_impar!TEMPR)) ^ 2 + (Val(carg_temp_tiem_par!
INV_TIEMP) - Val(carg_temp_tiem_impar!INV_TIEMP)) ^ 2)
carga_dist.Open "SP_ING_DET_DIST 1, " & cont_temp & ", " &
hipo, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
Debug.Print hipo
carg_temp_tiem_impar.Close

cont_temp = cont_temp + 1

cont_distan = cont_distan + 1
carg_temp_tiem_par.Close
Wend

```

Este bloque de código permite el cálculo de la Hipotenusa de los triángulos rectángulos dibujados en el gráfico de tendencia. Para obtener este valor se usa el

cálculo de la distancia entre dos puntos en un plano cartesiano utilizando la geometría analítica tal y como se realiza en la hoja de cálculo.

```
carg_temp_tiem_par.Open "SP_SEL_C_TEMPR " & 1, conexion,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
    cat_op = Val(carg_temp_tiem_par!TEMPR)
    carga_dist.Open "SP_ING_DET_DIST 2, " & cont_temp & ", " &
cat_op, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
    cont_temp = cont_temp + 1
    carg_temp_tiem_par.Close
    While (cont_distan <= Val(cuen_tempr!NO_TEMPR))
        carg_temp_tiem_par.Open "SP_SEL_C_TEMPR " &
cont_distan, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        carg_temp_tiem_impar.Open "SP_SEL_C_TEMPR " &
cont_distan - 1, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        cat_op = Val(carg_temp_tiem_par!TEMPR) -
Val(carg_temp_tiem_impar!TEMPR)
        carga_dist.Open "SP_ING_DET_DIST 2, " & cont_temp & ", "
& cat_op, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        Debug.Print hipo
        carg_temp_tiem_impar.Close

        cont_temp = cont_temp + 1

        cont_distan = cont_distan + 1
        carg_temp_tiem_par.Close
    Wend
```

Este bloque de código permite el cálculo del cateto opuesto haciendo el llamado a los datos almacenados en la base de datos de SQL Server. El cálculo lo hace para cada diferencia de temperaturas del experimento y los almacena a través de un contador.

```

Dim carg_hip As ADODB.Recordset
Set carg_hip = New Recordset
carg_hip.CursorLocation = adUseClient

Dim carg_cat_op As ADODB.Recordset
Set carg_cat_op = New Recordset
carg_cat_op.CursorLocation = adUseClient

cont_temp = 1

cont_distan = 1
While (cont_distan <= Val(cuen_tempr!NO_TEMPR))
    carg_hip.Open "SP_CARG_DIST " & cont_distan, conexion,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
    carg_cat_op.Open "SP_CARG_DIST " & cont_distan +
Val(cuen_tempr!NO_TEMPR), conexion, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    cat_ad = Sqr(((carg_hip!VAL_DIST) ^ 2) - ((carg_cat_op!
VAL_DIST) ^ 2))
    carga_dist.Open "SP_ING_DET_DIST 3, " & cont_temp & ", "
& cat_ad, conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
    Debug.Print cat_ad

    cont_temp = cont_temp + 1

    cont_distan = cont_distan + 1
    carg_hip.Close
    carg_cat_op.Close
Wend
op = True
Unload Me
frm_tiemp_temp.Show
End If

```

Este bloque de código permite el cálculo del cateto adyacente que para el caso de resolución del método se constituye en la altura deseada, para esto se utiliza el teorema de Pitágoras ya que se conoce un cateto y la hipotenusa.

Formulario Tiempo y Temperatura:

```
Private Sub cmd_ing_Click()
    Dim carg_area_falt As ADODB.Recordset
    Set carg_area_falt = New Recordset
    carg_area_falt.CursorLocation = adUseClient
    carg_area_falt.Open "SP_CARG_AREA_FALT", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic

    If cont = 0 Then
        If Val(txt_tiemp.Text) > 0 And Val(txt_temp.Text) > 0 Then
            fun_ing_calc_vid_util
            cont = cont + 1
        Else
            MsgBox "Ingresar al menos 1 tiempo y 1 temperatura", vbInformation, "Información"
            txt_tiemp.SetFocus
            txt_tiemp.Text = "0"
            txt_temp.Text = ""
            cont = 0
        End If
    Else
        Dim crg_mx_t As ADODB.Recordset
        Set crg_mx_t = New Recordset
        crg_mx_t.CursorLocation = adUseClient
        crg_mx_t.Open "CARG_MAX_TEMP", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Val(txt_tiemp.Text) = 0 And Val(txt_temp.Text) > 0 And Val(txt_temp.Text) < crg_mx_t!TEMPR Then
            fun_ing_calc_vid_util
            txt_tiemp.SetFocus
            frm_resp.Show
            op = True
            Unload Me
            Me.Hide
            op = True
        Else
            If Val(txt_tiemp.Text) > 0 And Val(txt_temp.Text) > 0 Then
                fun_ing_calc_vid_util
                txt_tiemp.SetFocus
            Else
                If Val(txt_temp.Text) = 0 Then
                    MsgBox "No puede ingresar un tiempo sin la temperatura", vbInformation, "Información"
                End If
            End If
        End If

        Dim carg_max_t As ADODB.Recordset
        Set carg_max_t = New Recordset
        carg_max_t.CursorLocation = adUseClient
        carg_max_t.Open "CARG_MAX_TEMP", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Val(txt_temp.Text) > carg_max_t!TEMPR Then
            MsgBox "Temperatura fuera de rango", vbCritical, "Error"
            txt_temp.Text = ""
        End If
        txt_tiemp.SetFocus
    End If
End Sub
```

Este bloque de código permite ingresar las variables de tiempo y temperatura que el usuario desee hasta que se agote la vida útil del producto, pero deben cumplir las condiciones establecidas para poder continuar: que se ingrese al menos un tiempo y una temperatura, cumplida esta condición se puede continuar,

la siguiente condición es que el tiempo ingresado no exceda la vida útil, la siguiente es que la temperatura ingresado no exceda a la temperatura máxima del experimento; y, que no se ingrese un tiempo sin una temperatura. Si no se cumplen las condiciones el bloque de código ejecuta un error. Por el contrario si todas las condiciones se cumplen se puede jugar con las variables de tiempo y temperatura hasta que se agote la vida útil del producto o a su vez hasta que se terminen las condiciones de almacenamiento al ingresar solamente una temperatura.

El código restante del formulario Tiempo y Temperatura hace referencia a la eliminación de los datos en caso de que una de las condiciones anteriores no se cumplan.

Formulario Resultado:

```
Private Sub Form_Load()  
    reset_formulario Me, 540, 6390  
    txt_resp.Text = "El tiempo de vida útil es de "  
    Me.Left = 3800  
    Me.Top = 1800  
    Dim carg_resp As ADODB.Recordset  
    Set carg_resp = New Recordset  
    carg_resp.CursorLocation = adUseClient  
    carg_resp.Open "SP_CARG_RESP", conexion, adOpenDynamic,  
    adLockOptimistic  
    Dim carg_unid As ADODB.Recordset  
    Set carg_unid = New Recordset  
    carg_unid.CursorLocation = adUseClient  
    carg_unid.Open "select UNIDAD from UNIDADES", conexion,  
    adOpenDynamic, adLockOptimistic  
    If carg_unid.RecordCount = 1 Then  
        txt_resp.Text = "El tiempo de vida útil es de " & Round(carg_resp!  
resp, 2) & " " & carg_unid!UNIDAD  
    Else  
        txt_resp.Text = "El tiempo de vida útil es de " & Round(carg_resp!  
resp, 2)  
    End If  
End Sub
```

Este bloque de código muestra el resultado del experimento, añade la palabra “El tiempo de vida útil es de” al valor obtenido y acompañado de las unidades escogidas al inicio sea de forma automática o definidas por el usuario.

Formulario Principal:

```
Private Sub MDIForm_Load()  
    Dim cadena As String  
    Set conexion = New Connection  
    cadena = "provider=sqloledb; server=(local); uid=" & "sa" & "; pwd=" & "admin" & ";  
    database=VIDA_UTIL"  
    conexion.Open cadena  
    cuen_tiem = 1  
  
    Dim cuen_atrb As ADODB.Recordset  
    Set cuen_atrb = New Recordset  
    cuen_atrb.CursorLocation = adUseClient  
    cuen_atrb.Open "SP_CUEN_ATRB", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic  
    If Val(cuen_atrb!NUM) > 0 Then  
        resp = MsgBox("Existen almacenados atributos de calidad previos. ¿desea Conservarlos?", vbYesNo +  
vbQuestion, "Atributos de calidad")  
        If resp = vbYes Then  
            op_atrb_cld = False  
            frm_perd_peso.Show  
        Else  
            op_atrb_cld = True  
            Dim enc_bd As ADODB.Recordset  
            Set enc_bd = New Recordset  
            enc_bd.CursorLocation = adUseClient  
            enc_bd.Open "SP_ENC_BD", conexion, adOpenDynamic, adLockOptimistic  
            Unload Me  
            Me.Show  
        End If  
    End If  
    op_cierr_aplic = False  
End Sub
```

Este bloque de código permite recuperar los datos almacenados en caso de haberlos, de esta forma se puede cambiar la secuencia del experimento desde el ingreso del atributo máximo de la calidad para someter las observaciones a nuevas condiciones de almacenamiento.

```

Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)
  If op_cierr_aplic Then
    Cancel = 0
    Dim borr_dat_prev As ADODB.Recordset
    Set borr_dat_prev = New Recordset
    borr_dat_prev.CursorLocation = adUseClient
    borr_dat_prev.Open "BORR_DAT_PREV", conexion,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
  Else
    Cancel = 1
  End If
End Sub

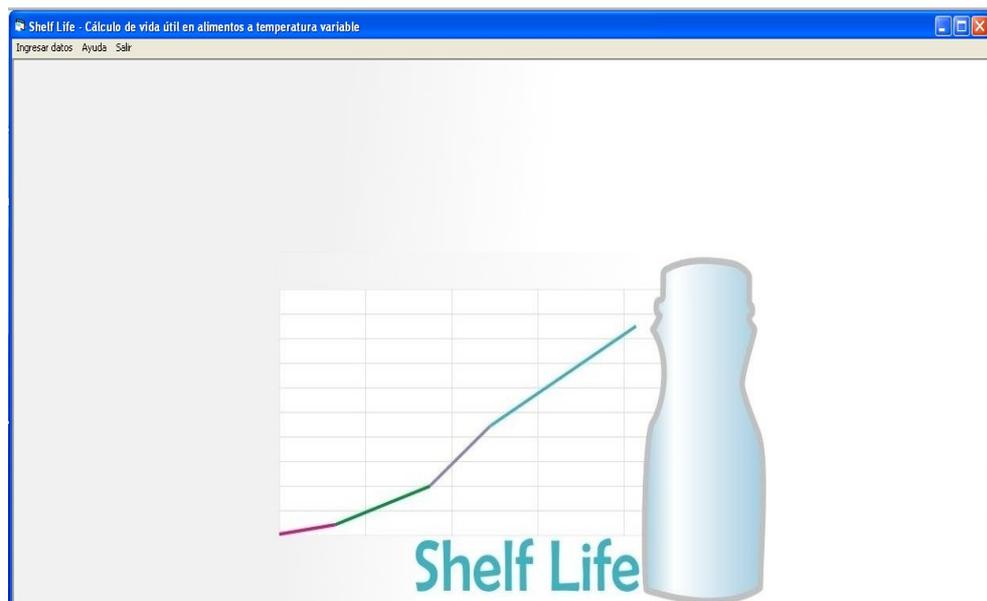
```

Este bloque de código permite poner en cero la base de que contengan atributos de calidad almacenados.

El código de programación restante obedece estrictamente a eventos sencillos como el origen de la ayuda, finalizar la aplicación, etc., que no pertenecen a cálculos de importancia.

A continuación se muestran las capturas del sistema en modo de ejecución con los datos del experimento:

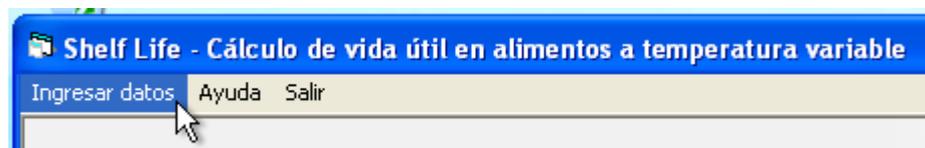
Captura 1. Interfaz de usuario del Programa "Shelf Life"



Elaborado por: Jorge Mantilla

La captura 1 muestra la interfaz del usuario del programa, nótese que es un sistema en espera de las instrucciones del usuario para ejecutar los cálculos, es decir que se introduzcan eventos para seguir con la ejecución del programa. El sistema consta de una barra de menú con tres opciones, como se muestra a continuación:

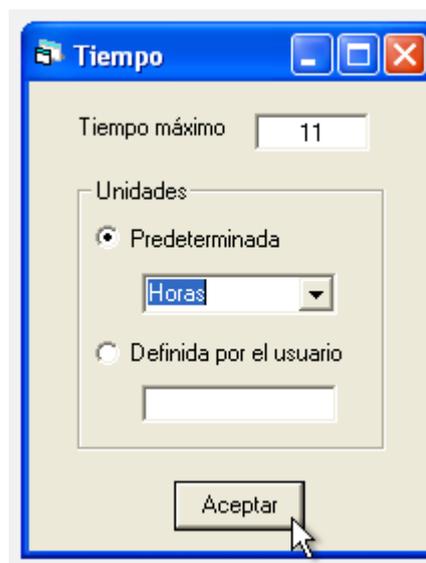
Captura 2. Barra de menú del Programa “Shelf Life”



Elaborado por: Jorge Mantilla

A cada acción del usuario la denominamos como evento, al evento click en “Ingresar datos” el software despliega una nueva ventana como se muestra a continuación:

Captura 3. Ingreso del tiempo máximo de trabajo y sus unidades



Elaborado por: Jorge Mantilla

En la captura 3 se muestran las opciones que el programa ofrece para ingresar el tiempo al que se va a someter el producto y las unidades, es decir que se define el intervalo de tiempo al que las muestras van a almacenarse bajo distintas condiciones: 11 horas con intervalos de 1 hora para el experimento, se tomó en cuenta como primer intervalo inicial el tiempo cero. Al dar click en aceptar, una nueva ventana aparece:

Captura 4. Ingreso de las temperaturas de trabajo

TEMPERATURAS	
▶	3
	16
	25

Elaborado por: Jorge Mantilla

En la captura 4 se muestra la ventana de ingreso de temperaturas a las que las muestras se sometieron para el experimento: 3, 16, 25 y 42 ° C. Cuando se acabó el ingreso se procedió a avanzar con el botón de siguiente, con lo que se muestra una nueva ventana:

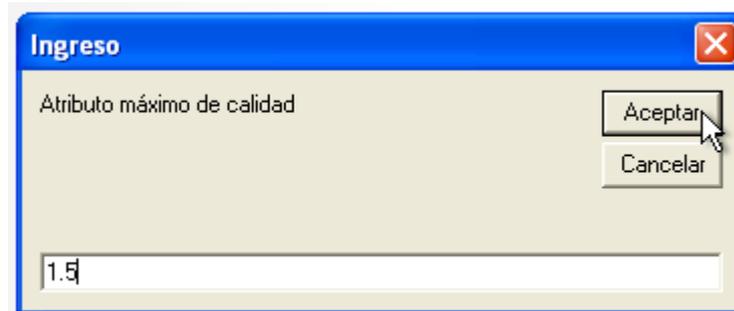
Captura 5. Ingreso de los atributos de la calidad bajo las condiciones de almacenamiento

Tiempo	0	Temperatura	3
Pérdida	0.600		

Elaborado por: Jorge Mantilla

En la captura 5 se muestra la ventana para ingreso de los diferentes valores del atributo de la calidad, siendo valores del porcentaje de ácido láctico medido a las diferentes temperaturas de almacenamiento, nótese que existe un contador que muestra el tiempo y la temperatura a la que pertenece el valor ingresado. Una vez terminado el ingreso de todos los valores, el software de forma automática despliega una nueva ventana:

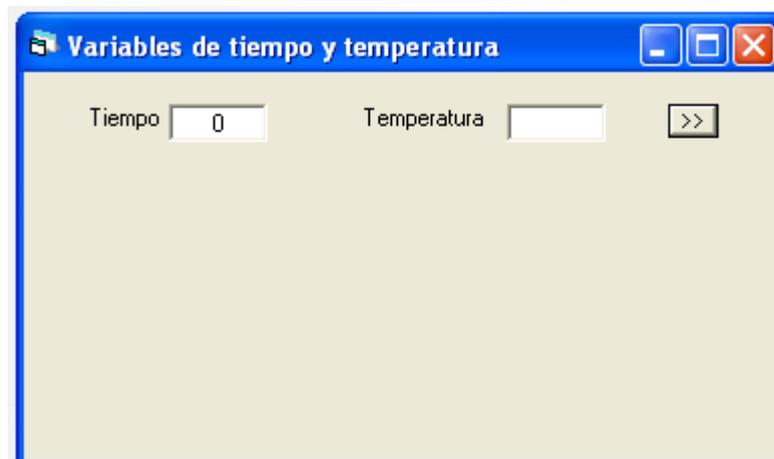
Captura 6. Ingreso del atributo máximo de calidad



Elaborado por: Jorge Mantilla

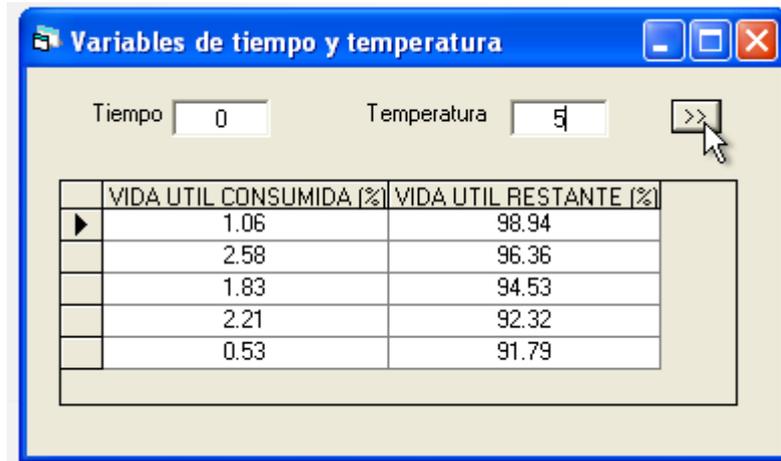
En la captura 6 se ingresa el valor de referencia de límite de la calidad, es decir que en este punto se establece el nivel de ácido láctico permitido que para el experimento fue de 1.5 %. Al dar click en aceptar se despliega la última ventana en donde se ingresan los valores de tiempo y temperatura que forman parte de la historia del producto:

Captura 7. Ingreso del las variables de tiempo y temperatura



Elaborado por: Jorge Mantilla

Captura 8. Ingreso del las variables de tiempo y temperatura del experimento



Elaborado por: Jorge Mantilla

En la captura 8 se muestran los valores de historia del producto hasta el almacenamiento en refrigeración del cliente final, nótese que se detalla la vida útil consumida y la vida útil faltante en porcentaje, estimando que al final de la fermentación o tiempo cero la vida del producto equivale al 100 % de calidad, mientras que para cada par de variables de tiempo y temperatura se consume una determinada cantidad de la calidad en porcentaje. Al realizar el evento click en el botón de avance se termina de ejecutar la aplicación mostrándonos la respuesta final:

Captura 9. Respuesta final mostrada en la Interfaz del Software



Elaborado por: Jorge Mantilla

En la captura 9 se muestra el resultado final calculado por el sistema junto a las unidades de tiempo ingresadas por el usuario, obsérvese que es exactamente igual al tiempo obtenido en la hoja de cálculo.

Cálculo comparativo

El testigo luego de someterlo a 20° C presenta signos físicos de deterioro a los 5 días con la separación de las fases, la acidez supera el límite a los 7 días almacenamiento alcanzando 1.53 % de ácido láctico a esa temperatura, con lo que se da por terminada la vida útil.

Captura 10. Ingreso de las variables de tiempo y temperatura para el testigo



	VIDA UTIL CONSUMIDA (%)	VIDA UTIL RESTANTE (%)
▶	0.00	100.00

Elaborado por: Jorge Mantilla

En la captura 10 se muestra el ingreso de 20 °C de temperatura de almacenamiento del testigo, al continuar con el evento avance, se muestra el resultado final:

Captura 11. Respuesta final de comparación mostrada en la Interfaz del Software



Elaborado por: Jorge Mantilla

En la captura 11 se muestra la respuesta final que entrega el programa si se mantiene a 20° C y que corresponde a 188.59 horas.

El programa en ejecución "Shelf Life" ha calculado sobre la base de los datos obtenidos de incremento de la acidez como atributo de calidad, la vida útil del yogurt bajo las condiciones de tiempo y temperaturas a las que se sometieron las muestras de estudio fue de 710.37 horas o 29 días y 14 horas, pronóstico de almacenamiento bajo la última condición de temperatura del alimento.

EL testigo sobrepasa el máximo legal permitido a los 7 días de almacenamiento controlado a 20 °C. El programa de "Shelf Life" arrojó un resultado 7 días y 20 horas, siendo muy similares.

4.2. Interpretación de los Datos

Con un nivel de confianza del 95 % se interpretó estadísticamente los resultados obtenidos de la medición de la cantidad de ácido láctico producido durante el tiempo de almacenamiento a cuatro diferentes temperaturas aceleradas; y, que se muestran en los cuadros 19, 20 y 21 de anexos.

El F de tablas de 2,87 es el límite de la zona de aceptación y el valor de razón de varianza es de 11,466 que supera el límite de aceptación, por ende se rechaza la hipótesis nula.

El análisis de T de Student sobre las diferencias mínimas significativas muestran que a la tercera y cuarta temperatura no hay igualdad en los tratamientos.

4.3. Verificación de Hipótesis

El análisis de varianza indica que la hipótesis nula H_0 se rechaza, por consiguiente se acepta la hipótesis alternativa H_1 de diferencia de tratamientos, lo que quiere decir que la incidencia de la temperatura causa diferentes efectos en la variable de respuesta: la acidez medida como porcentaje de ácido láctico presente en el medio.

El análisis de diferencias mínimas significativas muestran que a la temperatura de 25 y 42 °C respectivamente hay mayor sensibilidad del atributo de la calidad, lo que significa que a temperaturas superiores mayor será el incremento de la acidez en el medio, mientras que en refrigeración el efecto de la temperatura es el mismo para la variable de respuesta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se ha desarrollado un programa informático denominado “Shelf Life” que permitió acelerar la determinación de la vida útil de bolos de yogurt, de manera eficaz y económica como una alternativa viable para los productores.

- El Programa “Shelf Life” utilizó los atributos de calidad del incremento de la acidez medido como porcentaje de ácido láctico de 40 muestras sometidas en 4 grupos de 10 cada uno a las temperaturas de almacenamiento de 3, 16, 25 y 42 °C respectivamente. Adicional a los atributos de calidad, el programa “Shelf Life” utilizó el historial de temperaturas que Industrias Mabosa sometió a sus productos hasta la distribución final. La vida útil que el programa “Shelf Life” determinó fue de 710.37 horas o su equivalente de 29 días y 14 horas.

- Se sometió a un testigo a una temperatura constante de 20 °C de almacenamiento y a los 7 días alcanzó su nivel máximo de acidez medido como porcentaje de ácido láctico. El programa “Shelf Life” emuló esta temperatura de almacenamiento utilizando los atributos de calidad del incremento de la acidez medido como porcentaje de ácido láctico del experimento, y determinó la vida útil del yogurt en 188.59 horas o su equivalente de 7 días y 20 horas.

- Con un nivel de confianza del 95 % se concluye que la incidencia de la temperatura sobre el atributo de la calidad: acidez medida como porcentaje de ácido láctico, incrementa.

- El programa “Shelf Life” se puede aplicar a otros alimentos cuyo comportamiento sea similar respecto al incremento de un indicador de calidad, siendo válido de forma sustitutiva a cualquier otro método de cálculo y determinación del tiempo de vida útil, además de que se puede obtener un resultado a diferentes temperaturas o condiciones de trabajo o almacenamiento.

- La temperatura óptima de almacenamiento del yogurt es la refrigeración, los resultados del diseño experimental muestran que las temperaturas bajas mantienen la cantidad de ácido láctico bajo el límite permitido por la Norma INEN 710.

5.2. Recomendaciones

- El método gráfico requiere de mayor desarrollo informático, ya que solo trabaja con regresiones lineales, dejando fuera alimentos cuyos comportamientos sean exponenciales o logarítmicos.

- Posee limitantes respecto a las temperaturas de trabajo, tienen que ser superiores a cero, lo que desestima la congelación para el cálculo.

- El código de programación es libre y queda sujeto a mejoras, desarrollos y derivados, de tal forma que se pueda llegar a más lugares y personas para mejorar el conocimientos y las prácticas alimenticias.

- El uso de la herramientas tecnológicas como apoyo debe masificarse tanto en la carrera como en el campo laboral, con la finalidad de que se mejore el sistema actual de manipulación y acarreo de los alimentos susceptibles.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos informativos

Título: “Desarrollo de la segunda versión de la aplicación informática “Shelf Life” para el cálculo del tiempo de vida útil de leches fermentadas a temperatura variable incluida la congelación”

Institución Ejecutora: Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Beneficiarios: Docentes, estudiantes, productores de habla hispana

Ubicación: Ambato – Ecuador

Tiempo estimado para la ejecución: Seis meses

Inicio: Marzo del 2012 **Final:** Marzo del 2013

Equipo Técnico Responsable: Jorge Mantilla

Costo: 5069 USD

6.2. Antecedentes

En el medio local no se aplican verdaderos métodos de estimación de la vida de anaquel de los productos, en especial en las pequeñas industrias donde el

costo – beneficio de aplicar un método de estos no resulta nada atractivo para los dueños, además se puede observar en perchas productos, sin ninguna condición de almacenamiento como resultado arraigado de la costumbre popular de la gente, en la que los productores se ha empeñado en prologar la vida de sus productos con malas técnicas de trabajo, sin escrúpulos sobre los consumidores, también está la falta control por parte de las autoridades que a vista y paciencia de sus ojos ocurren estos hechos.

La técnica de programación ayuda a implementar sistemas que agilizan los procesos demorosos y además transforman en tareas simples los procesos complejos de cálculo, tal es el ejemplo del método TTT que por no ser nada sencillo, quizá ha pasado desapercibido como una herramienta de trabajo.

6.3. Justificación

El fin es dar a conocer un instrumento que permita estimar de manera correcta la vida de anaquel de cualquier alimento de manera oportuna y económica, además de conocer las condiciones óptimas de almacenamiento del producto en las diversas fases de su vida.

6.4. Objetivos

Objetivo General:

- Desarrollo de la segunda versión de la aplicación informática “Shelf Life” para el cálculo del tiempo de vida útil de leches fermentadas a temperatura variable incluida la congelación.

Objetivos Específicos:

- Brindar una alternativa confiable, económica y rápida a los responsables del cálculo del tiempo de vida útil.

- Validar el método indirecto gráfico para calcular el tiempo de vida útil de leches fermentadas.

6.5. Factibilidad

El costo del programa es cero, es de distribución gratuita y de código abierto, bajo licencia GNU GPL.

6.6. Fundamentación

6.6.1. Descripción del proceso de elaboración de lácteos:

Recepción de la materia prima: La leche es el principal material del lácteo, debe ser sana y sin adulteraciones, debe pasar las pruebas organolépticas y de laboratorio de la planta.

Pasteurizado: Con la finalidad de higienizar la leche se procede a un tratamiento por tiempo y temperatura controlado.

Enfriamiento: Cuando llega a una pasteurización completa se enfría a de manera rápida.

Elaboración: De acuerdo al tipo de leche fermentada se trata la leche para la transformación de la materia prima.

Envasado: De igual forma de acuerdo al producto final que se haya destinado la materia prima las diferentes presentaciones del alimentos y sus diferentes condiciones de almacenamiento son las que van a regir en este punto.

Almacenamiento: Previo a la distribución se guardan los productos terminados bajo condiciones de refrigeración.

6.6.2. Descripción del modelo programable:

Utilización de Gambas software que es Open Source para ampliar las plataformas de uso del software.

Se implementa los cálculos sobre una base de datos MySQL de igual forma Open Source, donde se almacenan las variables del entorno de programación.

Se resuelve el problema en una hoja de cálculo antes de proceder a la programación en lenguaje BASIC.

Se utiliza la misma sintaxis de cálculo para las operaciones de la hoja de cálculo pasen al lenguaje BASIC.

6.6.3. Análisis:

Físico – Químicos:

- De acuerdo a las Norma INEN 2392 según el Tipo de leche fermentada.

Vida Útil:

- Método TTT (tolerancia al tiempo y temperatura)

Diseño Experimental:

- Una sola variable completamente aleatorizada para comprobar las hipótesis de igualdad o diferencia de estabilidad a diferentes temperaturas de almacenamiento

6.7. Modelo Operativo

Cuadro 5. Modelo Operativo (Plan de Acción).

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la Propuesta	Identificar la importancia de la temperatura de almacenamiento de los lácteos	Revisión Bibliográfica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	1600	30 días
2. Desarrollo preliminar de la Propuesta	Elaborar lo que se propone en la propuesta en 100 %	Diseñar el programa	Investigador y Programador	Humanos Técnicos Económicos	3000	60 días
3. Implementación de la Propuesta	Ejecutar la propuesta	Aplicar el programa al experimento	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	300	60 días
4. Evaluación de la Propuesta	Verificar errores y aciertos en la implementación de la propuesta	Correr el programa	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	169	30 días

Elaborado por: Jorge Mantilla

6.8. Administración

Cuadro 6. Administración de la Propuesta.

Indicadores a Mejorar	Situación Actual	Resultados Esperados	Actividades	Responsables
El etiquetado de los productos y las condiciones de almacenamiento de lácteos	Lácteos sin fecha de elaboración ni caducidad y mantenidos al ambiente sin mantener cadena de frío	Etiquetado correcto de los lácteos y condiciones adecuadas de almacenamiento durante toda la vida del producto	<p>Diseñar un programa informático que permita estimar la vida útil de los lácteos a distintas temperaturas de almacenamiento</p> <p>Ejecutar análisis de comprobación del parámetro de calidad del lácteo dentro de un experimento con la ayuda del software</p> <p>Determinar la influencia de la temperatura sobre la vida útil del lácteo</p>	Investigador, Programador

Elaborado por: Jorge Mantilla

6.9. Previsión de la Evaluación

Cuadro 7. Previsión de la Evaluación.

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	Autoridades Fabricantes Consumidores
¿Por qué evaluar?	Verificar los métodos utilizados Corregir los errores
¿Para qué evaluar?	Constatar la relación existente entre temperatura y vida útil del yogurt
¿Qué evaluar?	El método implementado El software diseñado El producto bajo experimento La vida útil
¿Quién evalúa?	Director Calificadores
¿Cuándo evaluar?	Durante toda la vida del producto, desde la parte preliminar hasta el producto en anaquel
¿Cómo evaluar?	Mediante mediciones y constatación del producto con instrumentos de evaluación pertinentes
¿Con qué evaluar?	Con la Norma Legal Ecuatoriana Con los experimentos ejecutados

Elaborado por: Jorge Mantilla

BIBLIOGRAFÍA

- MEYER, M. “Elaboración de productos Lácteos”. 1982. Editorial Trillas. México. Pág 9.
- AZTI – TECNALIA. “Food Predict – Estudios de predicción de la vida útil en productos alimentarios preparados”. 2007. DAPA. Gobierno Vasco. Pág 4.
- TRESSLER, D., VAN ARSDEL, W. and COPLEY, M. “Freezing Preservation of Foods”. 1968. The AVI Publishing Company, Inc. West Port, Connecticut, USA. Pág 187.
- LABUZA, T. “Shelf – Life Dating of Foods”. 1982. Food and Nutrition Press, Inc. est Port, Connecticut, 06880 USA. Pág 25, 45 – 46.
- New Zeland Food Safety Authority. “A Guide to Calculating the Shelf Life of Foods”. Feb. 2005. Pág 4, 5.
- MARTINS, R., LOPEZ, V. and TEIXEIRA, J. “Computational Shelf-Life Dating: Complex Systems Approaches to Food Quality and Safety”. 2008. Food Bioprocess Technol.
- Gösta, B. “Manual de Industrias Lácteas – Tetra Pak”. 2003. AMV Ediciones. Madrid – España. Pág 206 – 209
- MAN, C.M.D., and JONES, A.A. “Shelf Life Evaluation on Foods”. 1994. Chapman and Hall Ed. Great Britain. Pág. 9 – 16.
- BENSON, S. “Fundation of Chemical Kinetics”. 1960. McGraw – Hill, NY, USA. Pág 57.
- THORNE, Stuart. 1983. “Developments in Food Preservation”. Aplplied Science Publishers Ltd. London, U.K. Vol 1. Pág. 225

- ALVARADO, J., ALMEIDA, A., ARANCIBIA, M. “Tiempos de vida útil de naranjillas recubiertas con quitosano almacenadas a temperatura constante y variable”. 2005. UTA – CENI. Ambato – Ecuador.
- JALÓN, J. Y Colab. “Aprenda Visual Basic 6.0” . 1999. San Sebastián. España.
- Mark Sewald and Dr. Jon DeVries. “Food Product Shelf Life”. Medallion Laboratories. Minnesota – USA.

LINKCOGRAFIA

- http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/new_else/x5692s/x5692s01.htm
- <http://www.nzfsa.govt.nz/processed-food-retail-sale/shelf-life/shelflife1-2-2.pdf>
- <http://www.sica.gov.ec/index.asp>
- <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/nuevas20agroexportaciones/exportaciones/xnotrad95-99.htm>
- http://www.sica.gov.ec/agronegocios/nuevas20agroexportaciones/exportaciones/xproducto_notrad_2000.htm
- <http://www.fao.org/corp/statistics/es/>
- http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp
- <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>
- <http://www.fao.org/docrep/003/t0251e/T0251E01.htm#ch4>
- <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/Infoconsumidores.pdf>

ANEXOS

CUADROS

Anexo 1

Cuadro 8. Valores del incremento de Ácido Láctico a 3 °C

TIEMPO (Horas)	VOLUMEN (dmL)	NORMALIDAD NaOH	FACTOR Ácido Láctico	PESO (g)	PORCENTAJE Ácido Láctico
1	602	0.01	0.9	9	0.602
2	603	0.01	0.9	9	0.603
3	603	0.01	0.9	9	0.603
4	604	0.01	0.9	9	0.604
5	604	0.01	0.9	9	0.604
6	606	0.01	0.9	9	0.606
7	606	0.01	0.9	9	0.606
8	607	0.01	0.9	9	0.607
9	607	0.01	0.9	9	0.607
10	608	0.01	0.9	9	0.608

Elaborado por: Jorge Mantilla

Cuadro 9. Valores del incremento de Ácido Láctico a 16 °C

TIEMPO (Horas)	VOLUMEN (dmL)	NORMALIDAD NaOH	FACTOR Ácido Láctico	PESO (g)	PORCENTAJE Ácido Láctico
1	603	0.01	0.9	9	0.603
2	605	0.01	0.9	9	0.605
3	605	0.01	0.9	9	0.605
4	607	0.01	0.9	9	0.607
5	610	0.01	0.9	9	0.61
6	610	0.01	0.9	9	0.61
7	613	0.01	0.9	9	0.613
8	624	0.01	0.9	9	0.624
9	631	0.01	0.9	9	0.631
10	642	0.01	0.9	9	0.642

Elaborado por: Jorge Mantilla

Cuadro 10. Valores del incremento de Ácido Láctico a 25 °C

TIEMPO (Horas)	VOLUMEN (dmL)	NORMALIDAD NaOH	FACTOR Ácido Láctico	PESO (g)	PORCENTAJE Ácido Láctico
1	602	0.01	0.9	9	0.602
2	608	0.01	0.9	9	0.608
3	614	0.01	0.9	9	0.614
4	618	0.01	0.9	9	0.618
5	621	0.01	0.9	9	0.621
6	628	0.01	0.9	9	0.628
7	633	0.01	0.9	9	0.633
8	637	0.01	0.9	9	0.637
9	649	0.01	0.9	9	0.649
10	660	0.01	0.9	9	0.660

Elaborado por: Jorge Mantilla

Cuadro 11. Valores del incremento de Ácido Láctico a 42 °C

TIEMPO (Horas)	VOLUMEN (dmL)	NORMALIDAD NaOH	FACTOR Ácido Láctico	PESO (g)	PORCENTAJE Ácido Láctico
1	611	0.01	0.9	9	0.611
2	611	0.01	0.9	9	0.611
3	620	0.01	0.9	9	0.620
4	642	0.01	0.9	9	0.642
5	655	0.01	0.9	9	0.655
6	665	0.01	0.9	9	0.665
7	679	0.01	0.9	9	0.679
8	690	0.01	0.9	9	0.690
9	702	0.01	0.9	9	0.702
10	713	0.01	0.9	9	0.713

Elaborado por: Jorge Mantilla

Anexo 2

Cuadro 12. Resumen del incremento del Ácido láctico en el yogurt a diferentes temperaturas durante el tiempo de almacenamiento.

Tiempo (horas)	% de Ácido Láctico producido a diferentes temperaturas (°C)			
	3	16	25	42
0	0.600	0.600	0.600	0.600
1	0.602	0.603	0.602	0.611
2	0.603	0.605	0.608	0.611
3	0.603	0.605	0.614	0.620
4	0.604	0.607	0.618	0.642
5	0.604	0.610	0.621	0.655
6	0.606	0.610	0.628	0.665
7	0.606	0.613	0.633	0.679
8	0.607	0.624	0.637	0.690
9	0.607	0.631	0.649	0.702
10	0.608	0.642	0.660	0.713

Elaborado por: Jorge Mantilla

Anexo 3

Cuadro 13. Cuadro resumen del cálculo del tiempo t en horas a las diferentes temperaturas de almacenamiento e Inverso del tiempo 1/t.

Cálculo del tiempo (Q) con la ecuación de la forma $Q = at + b$ a cada una de las temperaturas					
T (°C)	Pendiente de la ecuación (a)	Intercepto de la ecuación (b)	% de Ácido Láctico Permitido (Q)	Tiempo en Horas(t)	1/t
0	-	-	-	-	0
3	0.0007	0.6013	1.5	1348.0	0.0007
16	0.0039	0.5935	1.5	231.5	0.0043
25	0.0059	0.5945	1.5	153.1	0.0065
42	0.0123	0.5913	1.5	74.0	0.0135

Elaborado por: Jorge Mantilla

Anexo 4

Cuadro 14. Cálculo de la hipotenusa para las cuatro temperaturas del experimento.

Cálculo de las distancias entre los puntos (Hipotenusa)	
$c = ((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2)^{0.5}$	
$c_1 =$	3.0000001
$c_2 =$	13.0000005
$c_3 =$	9.0000003
$c_4 =$	17.0000014

Elaborado por: Jorge Mantilla.

Anexo 5

Cuadro 15. Cálculo del cateto opuesto para las cuatro temperaturas del experimento.

Cálculo de las distancias entre puntos (cateto opuesto)	
$a = x_2 - x_1$	
$a_1 =$	3.0000
$a_2 =$	13.0000
$a_3 =$	9.0000
$a_4 =$	17.0000

Elaborado por: Jorge Mantilla

Anexo 6

Cuadro 16. Cálculo del cateto adyacente para las cuatro temperaturas del experimento

Cálculo del cateto adyacente por Pitágoras	
$b = (c^2 - a^2)^{0.5}$	
$b_1 =$	0.0007
$b_2 =$	0.0036
$b_3 =$	0.0022
$b_4 =$	0.0070

Elaborado por: Jorge Mantilla

Anexo 7

Cuadro 17. Adición de las alturas para la nueva escala de temperaturas corregidas.

Construcción de la escala de temperaturas corregidas a diferentes alturas acumuladas	
$h = b_n + b_{n+1}$	
$h_1 =$	0.0007
$h_2 =$	0.0043
$h_3 =$	0.0065
$h_4 =$	0.0135

Elaborado por: Jorge Mantilla

Anexo 8

Cuadro 18. Cálculo de la Vida Útil a temperatura variable utilizando la hoja de cálculo.

Cálculo del Tiempo de Vida Útil utilizando Temperaturas Variables								
Tiempo (horas) t'	Temperatura (°C)	Base (a')	Hipotenusa (c')	Cateto Adyacente (b')	Nueva altura acumulada (h')	Área Consumida A_c (t* h')	Área Faltante A_f ($A_t - A_c$)	Tiempo de Vida útil acumulado (b = Af/h')
2	20	4	4.0000	0.0010	0.0053	0.0106	0.9894	537.00
14	7	4	4.0000	0.0011	0.0018	0.0258	0.9636	211.10
4	17	1	1.0000	0.0002	0.0046	0.0183	0.9453	354.34
12	7	4	4.0000	0.0011	0.0018	0.0221	0.9232	346.05
2	10	7	7.0000	0.0019	0.0027	0.0053	0.9179	710.37
	5	2	2.0000	0.0006	0.0013	0.0000	0.9179	

Elaborado por: Jorge Mantilla.

Anexo 9

Cuadro 19. Diseño experimental de un factor completamente aleatorizado.

TRATAMIENTOS				
TIEMPO	T1	T2	T3	T4
	3 °C	16 °C	25 °C	42 °C
1	0.602	0.603	0.602	0.611
2	0.603	0.605	0.608	0.611
3	0.603	0.605	0.614	0.620
4	0.604	0.607	0.618	0.642
5	0.604	0.610	0.621	0.655
6	0.606	0.610	0.628	0.665
7	0.606	0.613	0.633	0.679
8	0.607	0.624	0.637	0.690
9	0.607	0.631	0.649	0.702
10	0.608	0.642	0.660	0.713
Σ	6.05	6.15	6.27	6.588
Σ^2	36.60	37.82	39.31	43.40
T_{med}	0.605	0.615	0.627	0.6588
	$Y_{..}$	$Y_{..}^2$	$\Sigma \Sigma (Y_{ij})^2$	$\Sigma (Y_{ij}^2)$
	25.058	627.903	157.140	15.731
	SCT =	$\Sigma (Y_{ij}^2) - (Y_{..}^2 / (n * k))$		
	SCT =	0.034		
	SCTr =	$1/n * \Sigma \Sigma (Y_{ij})^2 - (Y_{..}^2 / (n * k))$		
	SCTr =	0.016		
	SCE =	SCT – SCTr		
	SCE =	0.017		

Elaborado por: Jorge Mantilla.

Cuadro 20. Análisis de Varianza del diseño experimental.

FV	SC	GL	CM	RV	F
Tratamientos	0.02	3	0.005	11.466	2.87
Error	0.02	36	0.000		
Total	0.03	39			

Elaborado por: Jorge Mantilla

Cuadro 21. Diferencia mínima significativa (DMS).

		T1	T2	T3	T4
		0.605	0.615	0.627	0.659
T1	0.605	0.000	0.010	0.022	0.054
T2	0.615		0.000	0.012	0.044
T3	0.627			0.000	0.032
T4	0.659				0.000

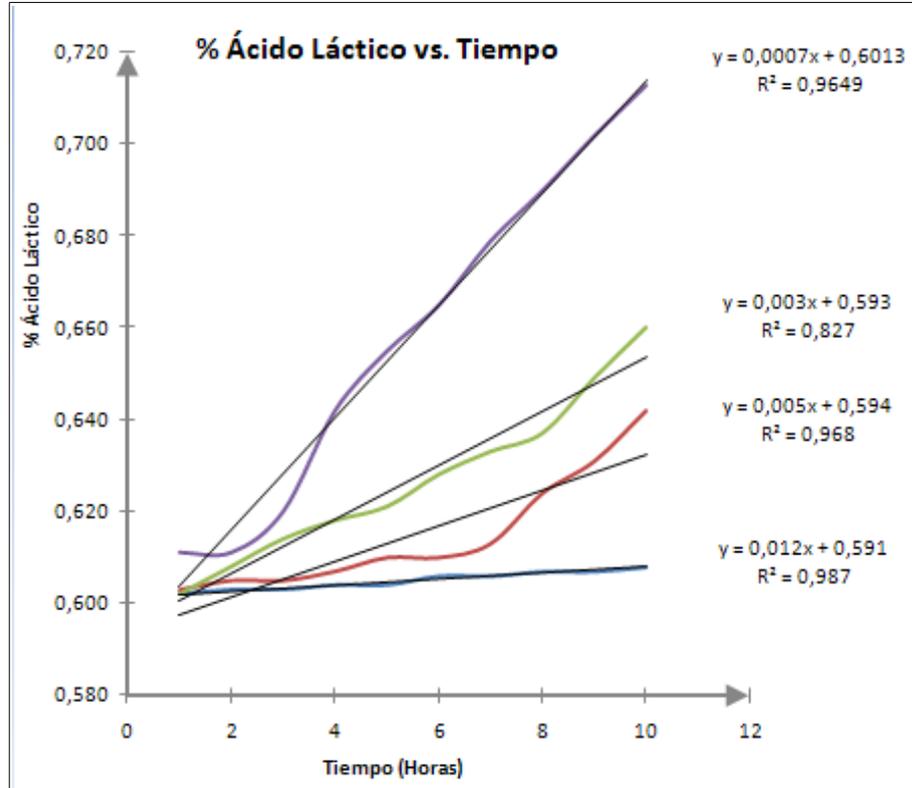
T de Student	
DMS =	$t * ((2 * CME) / n)^{0.5}$
t =	2,028
DMS =	0,020

Elaborado por: Jorge Mantilla.

GRÁFICOS

Anexo 1

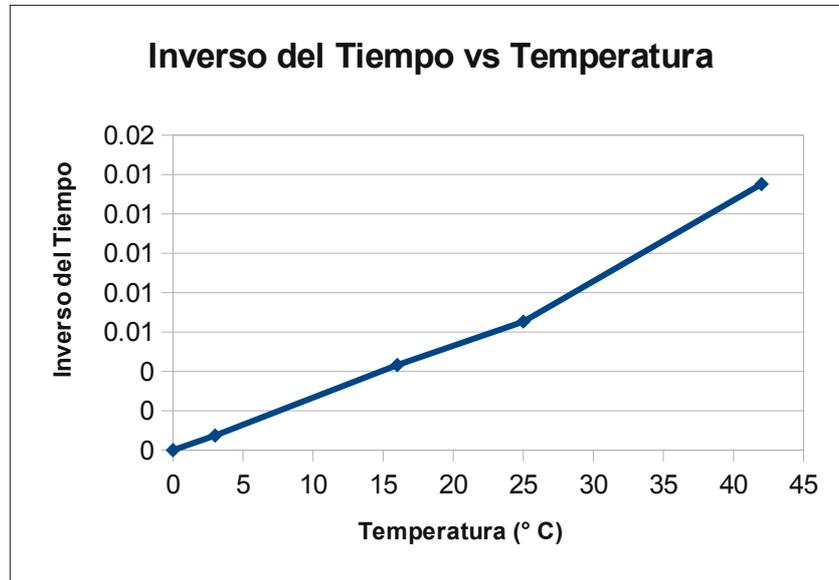
Gráfico 16. % Ácido Láctico a cada temperatura vs Tiempo de Almacenamiento con regresión lineal y correlación



Elaborado por: Jorge Mantilla

Anexo 2

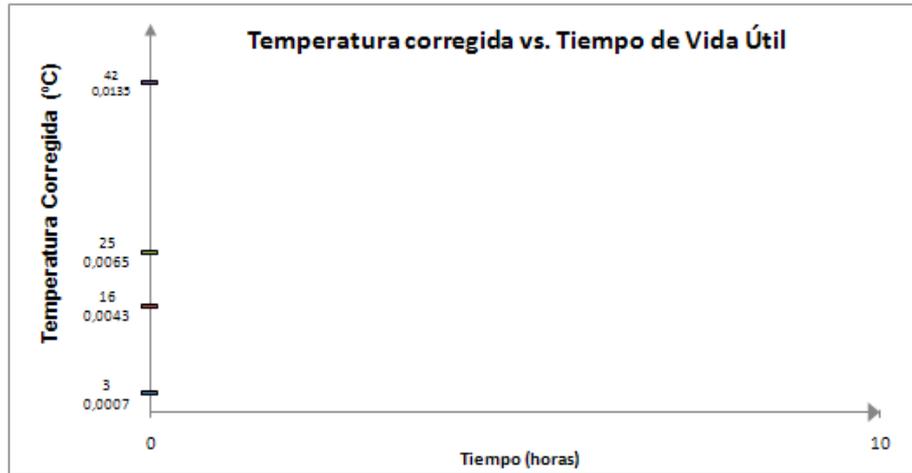
Gráfico 17. Inverso del tiempo vs Temperatura.



Elaborado por: Jorge Mantilla.

Anexo 3

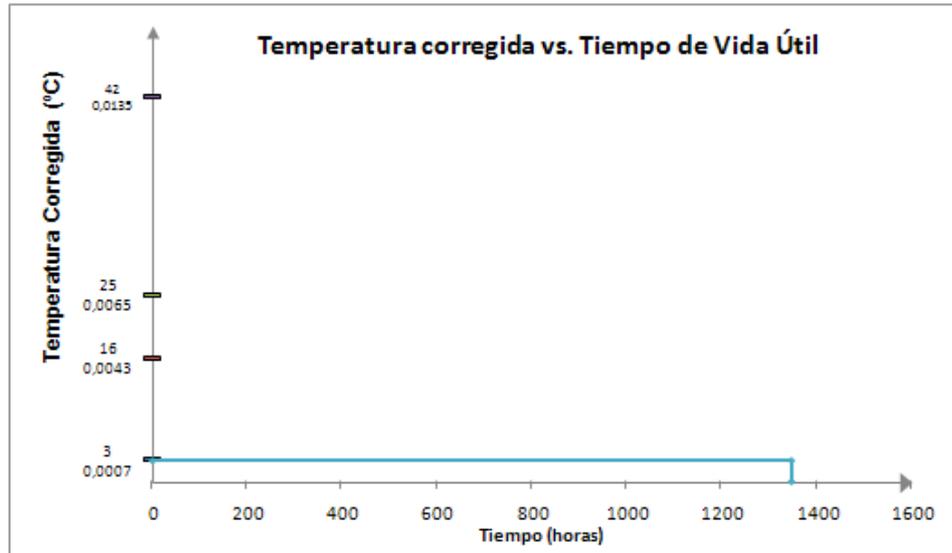
Gráfico 18. Construcción de la escala de temperaturas corregidas.



Elaborado por: Jorge Mantilla.

Anexo 4

Gráfico 19. Cálculo del área de referencia.



Elaborado por: Jorge Mantilla

MANUAL DE USUARIO

Manual de usuario del Programa Shelf Life v0.1

El cd de Instalación adjunto al proyecto de investigación contiene la guía necesaria al momento de instalar el software de vida útil: "Shelf Life".

Requerimientos de Sistema Operativo:

- Shelf Life requiere de Windows 2000 o superior, se recomienda Windows XP

Requerimientos del Programa:

- Shelf Life requiere de 64 MB de RAM en Windows 2000 y de 32 MB en WindowsXP y demás sistemas operativos. Se recomienda al menos 34 MB.
- Shelf Life requiere de monitor VGA con resolución mínima de 800 x 600.
- Necesita de SQL Server 2000 preinstalado en el sistema.

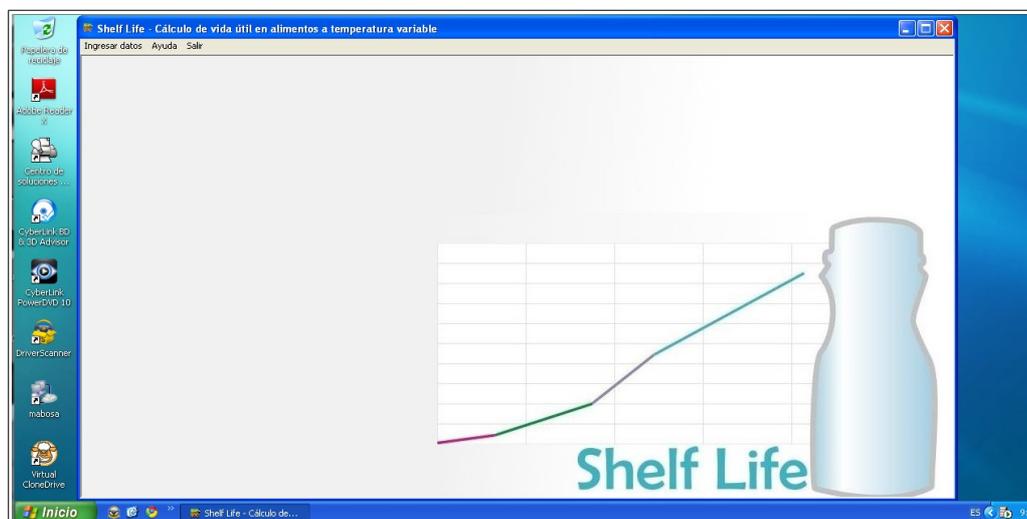
Ejecución: El instructivo sirve para familiarizarnos con el uso del software de vida útil.

Primeros pasos:

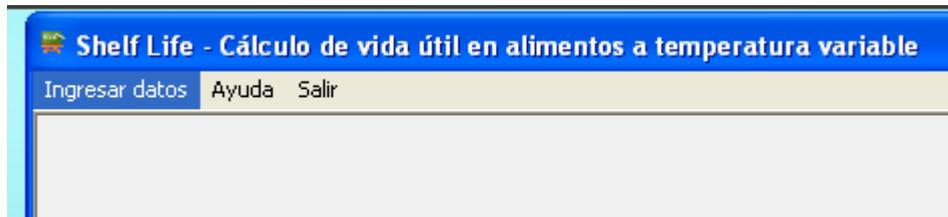
Una vez instalado el software procedemos a ejecutarlo como se muestra en la imagen:

INICIO > TODOS LOS PROGRAMAS > SHELF LIFE > SHELF LIFE

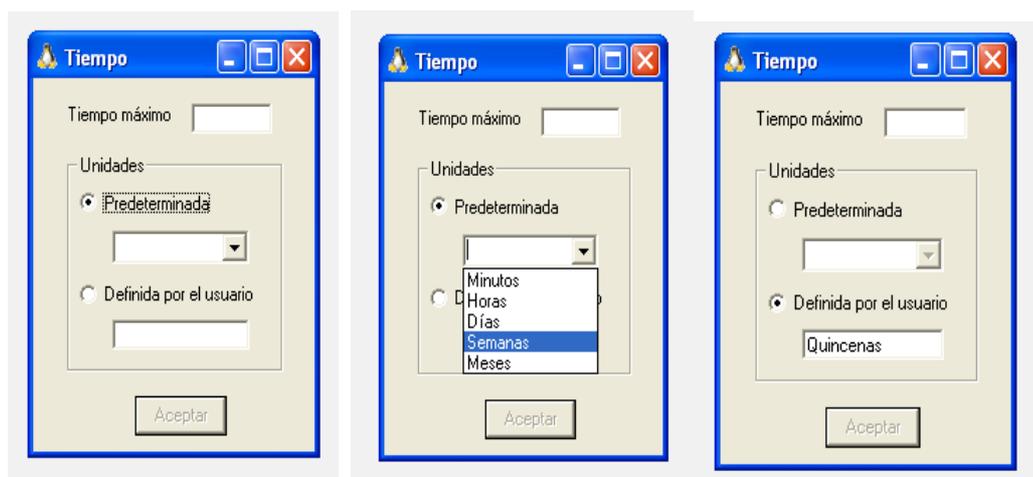
En la primera ejecución se mostrará la interfaz de usuario en espera de las instrucciones del usuario:



En la barra de menú damos click en: INGRESAR DATOS



Aparece la ventana de TIEMPO en la que debemos ingresar el máximo del tiempo del experimento, ya que por defecto el programa acepta como mínimo 3 tiempos caso contrario mostrará un error. No existe límite máximo de ingreso de Tiempos. También se debe escoger entre el tipo de UNIDADES del experimento: Predeterminada del sistema o Definida por el usuario. Al cumplir con estos requisitos se activa el botón de "Aceptar".



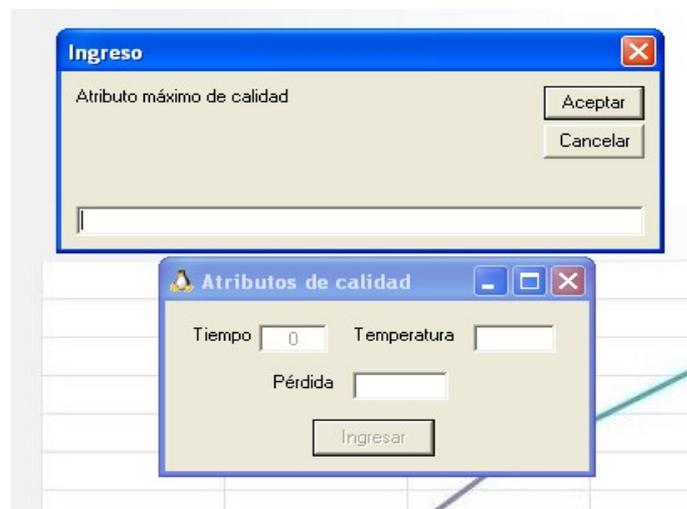
A continuación aparece la ventana de INGRESO DE TEMPERATURAS: por defecto al menos se debe ingresar 3 temperaturas para el experimento caso contrario no se podrá avanzar. No existe límite máximo de ingreso de Temperaturas. Al cumplir con estos requisitos se activa el botón de "Siguiente".



Luego aparece la ventana ATRIBUTOS DE CALIDAD en la que se ingresan los valores de cambio del atributo respecto a los tiempos y temperaturas ingresados. Por defecto el programa inicia desde el tiempo 0 a la menor temperatura ingresada hasta el máximo tiempo a la mayor temperatura ingresada. Esta ventana se cierra al terminar de ingresar los valores.

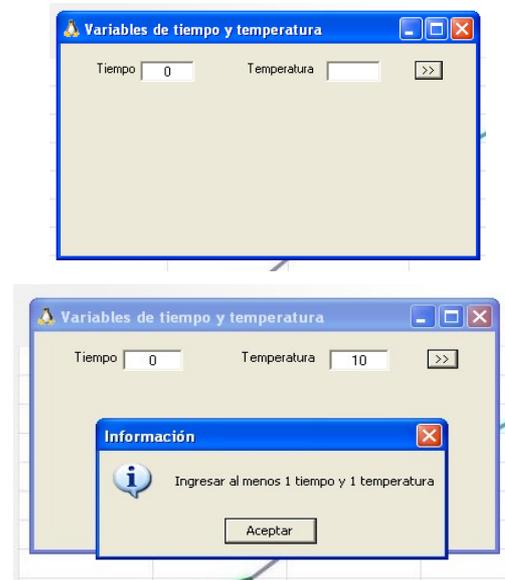


A continuación se presenta la ventana INGRESO en la que se debe digitar el valor del atributo máximo de la calidad que se considera el producto debe llegar para que su vida de anaquel termine

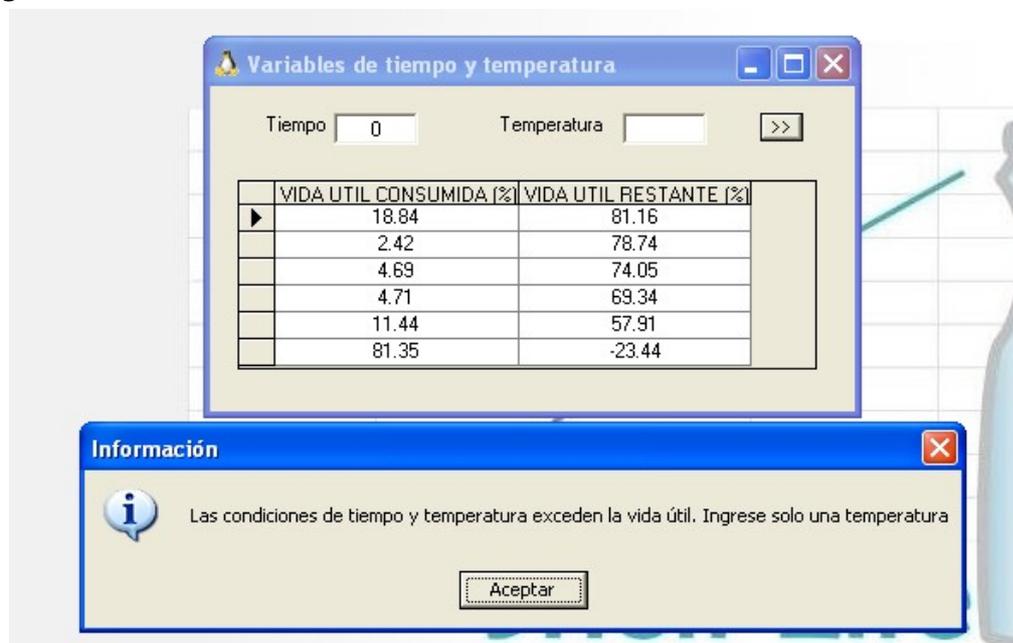


Luego aparece la ventana de VARIABLES DE TIEMPO Y TEMPERATURA: existen cuatro casos de ingreso de las variables:

- 1) Ingresar al menos un tiempo y una temperatura: Si se omite el tiempo o la temperatura nos muestra error y no permite avanzar hasta cumplir con las condiciones preestablecidas por el programa.

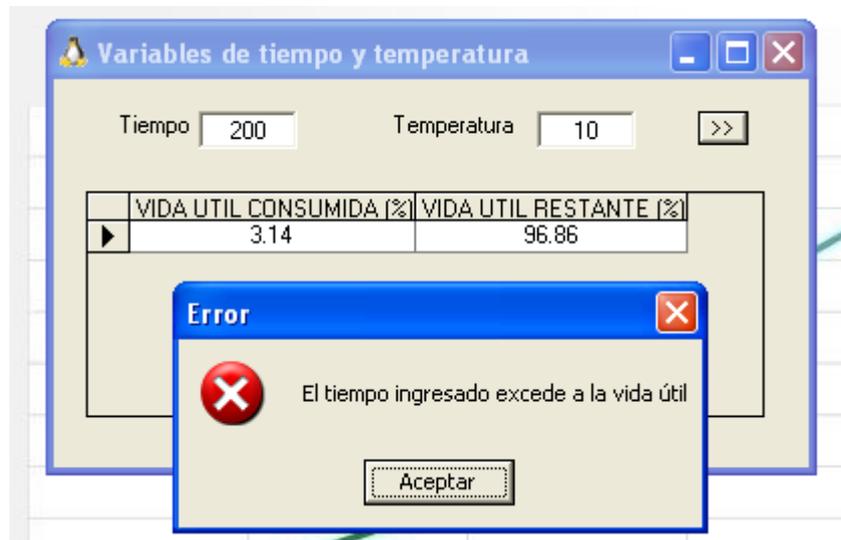


Al cumplir con esta PRIMERA CONDICIÓN ya se puede obtener una respuesta si para el siguiente ingreso SOLO SE INGRESA UNA TEMPERATURA. Por consiguiente el programa termina su ejecución y muestra el resultado al ingresar SOLO UNA TEMPERATURA.

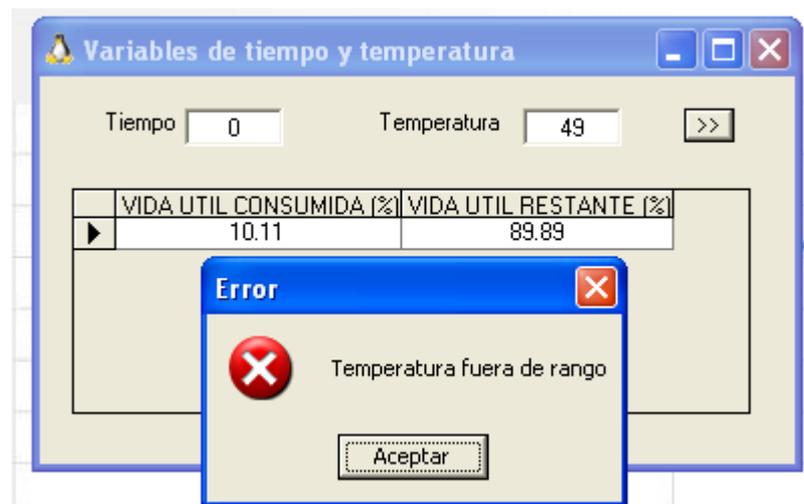


- 2) Cuando las variables de tiempo y temperatura terminan con la vida del producto, por defecto el programa nos muestra un mensaje en que se pide que se ingrese por último una sola temperatura para terminar con el cálculo

- 3) Cuando el tiempo ingresado sobrepasa al tiempo que la vida del producto puede alcanzar como máximo, el programa nos mostrará un mensaje para ingresar nuevamente un nuevo tiempo



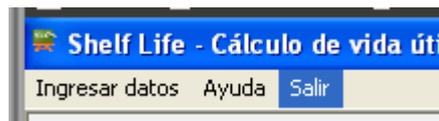
- 4) Las temperaturas del experimento deben estar entre el rango de temperaturas ingresada caso contrario el programa nos mostrará un error para modificar las temperaturas. El programa no calcula en condiciones de congelación, es decir a los 0° C, sin embargo a esto tiene la capacidad de sensibilidad de ingreso del tiempo ilimitado, por ejemplo se puede calcular al tiempo 0.0001 o inferior lo que se estima que tiende a cero.



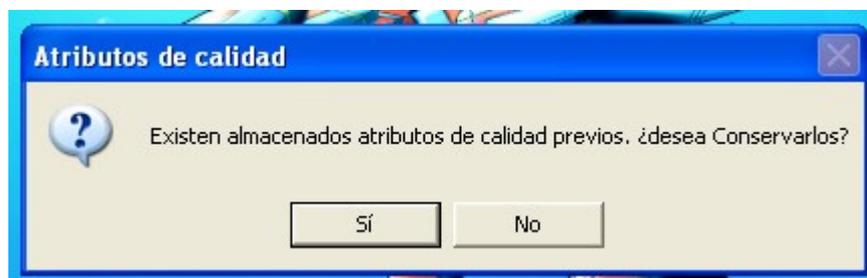
Cualquiera que sea el caso para el ingreso de las variables, el programa nos guía a través de estos ingresos, cuando por último se desea conocer la vida de anaquel del producto se ingresa UNA SOLA TEMPERATURA y el programa nos muestra el tiempo que resta para acabar con la vida del producto. Un mensaje final se muestra:

El tiempo de vida útil es de 36.81 Días

Para terminar con la ejecución del programa se debe dar click en salir en la barra de menú.



Al volver a ejecutar el programa, éste tiene la capacidad de almacenamiento de los datos anteriores y permite escoger entre conservarlos o borrarlos para realizar nuevos ingresos. De ser el caso de conservarlos el programa iniciará la ejecución desde la ventana de INGRESO en el que se puede variar las condiciones del atributo máximo permitido y avanza hasta el ingreso de nuevas variables de tiempo y temperatura. De ser el caso de borrarlos el programa pone en cero la base de datos y comienza la ejecución desde el inicio.



LICENCIA

Preámbulo

Las licencias que cubren la mayor parte del software están diseñadas para quitarle a usted la libertad de compartirlo y modificarlo. Por el contrario, la Licencia Pública General de GNU pretende garantizarle la libertad de compartir y modificar software libre, para asegurar que el software es libre para todos sus usuarios. Esta Licencia Pública General se aplica a la mayor parte del software de la Free Software Foundation y a cualquier otro programa si sus autores se comprometen a utilizarla. (Existe otro software de la Free Software Foundation que está cubierto por la Licencia Pública General de GNU para Bibliotecas). Si quiere, también puede aplicarla a sus propios programas.

Cuando hablamos de software libre, estamos refiriéndonos a libertad, no a precio. Nuestras Licencias Públicas Generales están diseñadas para asegurarnos de que tenga la libertad de distribuir copias de software libre (y cobrar por ese servicio si quiere), de que reciba el código fuente o que pueda conseguirlo si lo quiere, de que pueda modificar el software o usar fragmentos de él en nuevos programas libres, y de que sepa que puede hacer todas estas cosas.

Para proteger sus derechos necesitamos algunas restricciones que prohíban a cualquiera negarle a usted estos derechos o pedirle que renuncie a ellos. Estas restricciones se traducen en ciertas obligaciones que le afectan si distribuye copias del software, o si lo modifica.

Por ejemplo, si distribuye copias de uno de estos programas, sea gratuitamente, o a cambio de una contraprestación, debe dar a los receptores todos los derechos que tiene. Debe asegurarse de que ellos también reciben, o pueden conseguir, el código fuente. Y debe mostrarles estas condiciones de forma que conozcan sus derechos.

Protegemos sus derechos con la combinación de dos medidas:

1. Ponemos el software bajo copyright y
2. le ofrecemos esta licencia, que le da permiso legal para copiar, distribuir y/o modificar el software.

También, para la protección de cada autor y la nuestra propia, queremos asegurarnos de que todo el mundo comprende que no se proporciona ninguna garantía para este software libre. Si el software se modifica por cualquiera y éste a su vez lo distribuye, queremos que sus receptores sepan que lo que tienen no es el original, de forma que cualquier problema introducido por otros no afecte a la reputación de los autores originales.

Por último, cualquier programa libre está constantemente amenazado por patentes sobre el software. Queremos evitar el peligro de que los redistribuidores de un programa libre obtengan patentes por su cuenta, convirtiendo de facto el programa

en propietario. Para evitar esto, hemos dejado claro que cualquier patente debe ser pedida para el uso libre de cualquiera, o no ser pedida.

Los términos exactos y las condiciones para la copia, distribución y modificación se exponen a continuación.

Términos y condiciones para la copia, distribución y modificación

1. Esta Licencia se aplica a cualquier programa u otro tipo de trabajo que contenga una nota colocada por el tenedor del copyright diciendo que puede ser distribuido bajo los términos de esta Licencia Pública General. En adelante, «Programa» se referirá a cualquier programa o trabajo que cumpla esa condición y «trabajo basado en el Programa» se referirá bien al Programa o a cualquier trabajo derivado de él según la ley de copyright. Esto es, un trabajo que contenga el programa o una porción de él, bien en forma literal o con modificaciones y/o traducido en otro lenguaje. Por lo tanto, la traducción está incluida sin limitaciones en el término «modificación». Cada concesionario (licenciatario) será denominado «usted».

Cualquier otra actividad que no sea la copia, distribución o modificación no está cubierta por esta Licencia, está fuera de su ámbito. El acto de ejecutar el Programa no está restringido, y los resultados del Programa están cubiertos únicamente si sus contenidos constituyen un trabajo basado en el Programa, independientemente de haberlo producido mediante la ejecución del programa. El que esto se cumpla, depende de lo que haga el programa.

2. Usted puede copiar y distribuir copias literales del código fuente del Programa, según lo has recibido, en cualquier medio, supuesto que de forma adecuada y bien visible publique en cada copia un anuncio de copyright adecuado y un repudio de garantía, mantenga intactos todos los anuncios que se refieran a esta Licencia y a la ausencia de garantía, y proporcione a cualquier otro receptor del programa una copia de esta Licencia junto con el Programa.

Puede cobrar un precio por el acto físico de transferir una copia, y puede, según su libre albedrío, ofrecer garantía a cambio de unos honorarios.

3. Puede modificar su copia o copias del Programa o de cualquier porción de él, formando de esta manera un trabajo basado en el Programa, y copiar y distribuir esa modificación o trabajo bajo los términos del apartado 1, antedicho, supuesto que además cumpla las siguientes condiciones:
 - a. Debe hacer que los ficheros modificados lleven anuncios prominentes indicando que los ha cambiado y la fecha de cualquier cambio.

- b. Debe hacer que cualquier trabajo que distribuya o publique y que en todo o en parte contenga o sea derivado del Programa o de cualquier parte de él sea licenciada como un todo, sin carga alguna, a todas las terceras partes y bajo los términos de esta Licencia.
- c. Si el programa modificado lee normalmente órdenes interactivamente cuando es ejecutado, debe hacer que, cuando comience su ejecución para ese uso interactivo de la forma más habitual, muestre o escriba un mensaje que incluya un anuncio de copyright y un anuncio de que no se ofrece ninguna garantía (o por el contrario que sí se ofrece garantía) y que los usuarios pueden redistribuir el programa bajo estas condiciones, e indicando al usuario cómo ver una copia de esta licencia. (Excepción: si el propio programa es interactivo pero normalmente no muestra ese anuncio, no se requiere que su trabajo basado en el Programa muestre ningún anuncio).

Estos requisitos se aplican al trabajo modificado como un todo. Si partes identificables de ese trabajo no son derivadas del Programa, y pueden, razonablemente, ser consideradas trabajos independientes y separados por ellos mismos, entonces esta Licencia y sus términos no se aplican a esas partes cuando sean distribuidas como trabajos separados. Pero cuando distribuya esas mismas secciones como partes de un todo que es un trabajo basado en el Programa, la distribución del todo debe ser según los términos de esta licencia, cuyos permisos para otros licenciarios se extienden al todo completo, y por lo tanto a todas y cada una de sus partes, con independencia de quién la escribió.

Por lo tanto, no es la intención de este apartado reclamar derechos o desafiar sus derechos sobre trabajos escritos totalmente por usted mismo. El intento es ejercer el derecho a controlar la distribución de trabajos derivados o colectivos basados en el Programa.

Además, el simple hecho de reunir un trabajo no basado en el Programa con el Programa (o con un trabajo basado en el Programa) en un volumen de almacenamiento o en un medio de distribución no hace que dicho trabajo entre dentro del ámbito cubierto por esta Licencia.

- 4. Puede copiar y distribuir el Programa (o un trabajo basado en él, según se especifica en el apartado 2, como código objeto o en formato ejecutable según los términos de los apartados 1 y 2, supuesto que además cumpla una de las siguientes condiciones:
 - a. Acompañarlo con el código fuente completo correspondiente, en formato electrónico, que debe ser distribuido según se especifica en los apartados 1 y 2 de esta Licencia en un medio habitualmente utilizado para el intercambio de programas, o

- b. Acompañarlo con una oferta por escrito, válida durante al menos tres años, de proporcionar a cualquier tercera parte una copia completa en formato electrónico del código fuente correspondiente, a un coste no mayor que el de realizar físicamente la distribución del fuente, que será distribuido bajo las condiciones descritas en los apartados 1 y 2 anteriores, en un medio habitualmente utilizado para el intercambio de programas, o
- c. Acompañarlo con la información que recibiste ofreciendo distribuir el código fuente correspondiente. (Esta opción se permite sólo para distribución no comercial y sólo si usted recibió el programa como código objeto o en formato ejecutable con tal oferta, de acuerdo con el apartado b anterior).

Por código fuente de un trabajo se entiende la forma preferida del trabajo cuando se le hacen modificaciones. Para un trabajo ejecutable, se entiende por código fuente completo todo el código fuente para todos los módulos que contiene, más cualquier fichero asociado de definición de interfaces, más los guiones utilizados para controlar la compilación e instalación del ejecutable. Como excepción especial el código fuente distribuido no necesita incluir nada que sea distribuido normalmente (bien como fuente, bien en forma binaria) con los componentes principales (compilador, kernel y similares) del sistema operativo en el cual funciona el ejecutable, a no ser que el propio componente acompañe al ejecutable.

Si la distribución del ejecutable o del código objeto se hace mediante la oferta acceso para copiarlo de un cierto lugar, entonces se considera la oferta de acceso para copiar el código fuente del mismo lugar como distribución del código fuente, incluso aunque terceras partes no estén forzadas a copiar el fuente junto con el código objeto.

- 5. No puede copiar, modificar, sublicenciar o distribuir el Programa excepto como prevé expresamente esta Licencia. Cualquier intento de copiar, modificar sublicenciar o distribuir el Programa de otra forma es inválida, y hará que cesen automáticamente los derechos que te proporciona esta Licencia. En cualquier caso, las partes que hayan recibido copias o derechos de usted bajo esta Licencia no cesarán en sus derechos mientras esas partes continúen cumpliéndola.
- 6. No está obligado a aceptar esta licencia, ya que no la ha firmado. Sin embargo, no hay nada más que le proporcione permiso para modificar o distribuir el Programa o sus trabajos derivados. Estas acciones están prohibidas por la ley si no acepta esta Licencia. Por lo tanto, si modifica o distribuye el Programa (o cualquier trabajo basado en el Programa), está indicando que acepta esta Licencia para poder hacerlo, y todos sus

términos y condiciones para copiar, distribuir o modificar el Programa o trabajos basados en él.

7. Cada vez que redistribuya el Programa (o cualquier trabajo basado en el Programa), el receptor recibe automáticamente una licencia del licenciataria original para copiar, distribuir o modificar el Programa, de forma sujeta a estos términos y condiciones. No puede imponer al receptor ninguna restricción más sobre el ejercicio de los derechos aquí garantizados. No es usted responsable de hacer cumplir esta licencia por terceras partes.
8. Si como consecuencia de una resolución judicial o de una alegación de infracción de patente o por cualquier otra razón (no limitada a asuntos relacionados con patentes) se le imponen condiciones (ya sea por mandato judicial, por acuerdo o por cualquier otra causa) que contradigan las condiciones de esta Licencia, ello no le exime de cumplir las condiciones de esta Licencia. Si no puede realizar distribuciones de forma que se satisfagan simultáneamente sus obligaciones bajo esta licencia y cualquier otra obligación pertinente entonces, como consecuencia, no puede distribuir el Programa de ninguna forma. Por ejemplo, si una patente no permite la redistribución libre de derechos de autor del Programa por parte de todos aquellos que reciban copias directa o indirectamente a través de usted, entonces la única forma en que podría satisfacer tanto esa condición como esta Licencia sería evitar completamente la distribución del Programa.

Si cualquier porción de este apartado se considera inválida o imposible de cumplir bajo cualquier circunstancia particular ha de cumplirse el resto y la sección por entero ha de cumplirse en cualquier otra circunstancia.

No es el propósito de este apartado inducirle a infringir ninguna reivindicación de patente ni de ningún otro derecho de propiedad o impugnar la validez de ninguna de dichas reivindicaciones. Este apartado tiene el único propósito de proteger la integridad del sistema de distribución de software libre, que se realiza mediante prácticas de licencia pública. Mucha gente ha hecho contribuciones generosas a la gran variedad de software distribuido mediante ese sistema con la confianza de que el sistema se aplicará consistentemente. Será el autor/donante quien decida si quiere distribuir software mediante cualquier otro sistema y una licencia no puede imponer esa elección.

Este apartado pretende dejar completamente claro lo que se cree que es una consecuencia del resto de esta Licencia.

9. Si la distribución y/o uso de el Programa está restringida en ciertos países, bien por patentes o por interfaces bajo copyright, el tenedor del copyright que coloca este Programa bajo esta Licencia puede añadir una limitación

explícita de distribución geográfica excluyendo esos países, de forma que la distribución se permita sólo en o entre los países no excluidos de esta manera. En ese caso, esta Licencia incorporará la limitación como si estuviese escrita en el cuerpo de esta Licencia.

10. La Free Software Foundation puede publicar versiones revisadas y/o nuevas de la Licencia Pública General de tiempo en tiempo. Dichas nuevas versiones serán similares en espíritu a la presente versión, pero pueden ser diferentes en detalles para considerar nuevos problemas o situaciones.

Cada versión recibe un número de versión que la distingue de otras. Si el Programa especifica un número de versión de esta Licencia que se refiere a ella y a «cualquier versión posterior», tienes la opción de seguir los términos y condiciones, bien de esa versión, bien de cualquier versión posterior publicada por la Free Software Foundation. Si el Programa no especifica un número de versión de esta Licencia, puedes escoger cualquier versión publicada por la Free Software Foundation.

11. Si quiere incorporar partes del Programa en otros programas libres cuyas condiciones de distribución son diferentes, escribe al autor para pedirle permiso. Si el software tiene copyright de la Free Software Foundation, escribe a la Free Software Foundation: algunas veces hacemos excepciones en estos casos. Nuestra decisión estará guiada por el doble objetivo de preservar la libertad de todos los derivados de nuestro software libre y promover el que se comparta y reutilice el software en general.

AUSENCIA DE GARANTÍA

12. Como el programa se licencia libre de cargas, no se ofrece ninguna garantía sobre el programa, en todas la extensión permitida por la legislación aplicable. Excepto cuando se indique de otra forma por escrito, los tenedores del copyright y/u otras partes proporcionan el programa «tal cual», sin garantía de ninguna clase, bien expresa o implícita, con inclusión, pero sin limitación a las garantías mercantiles implícitas o a la conveniencia para un propósito particular. Cualquier riesgo referente a la calidad y prestaciones del programa es asumido por usted. Si se probase que el Programa es defectuoso, asume el coste de cualquier servicio, reparación o corrección.
13. En ningún caso, salvo que lo requiera la legislación aplicable o haya sido acordado por escrito, ningún tenedor del copyright ni ninguna otra parte que modifique y/o redistribuya el Programa según se permite en esta Licencia será responsable ante usted por daños, incluyendo cualquier daño general, especial, incidental o resultante producido por el uso o la imposibilidad de uso del Programa (con inclusión, pero sin limitación a la

pérdida de datos o a la generación incorrecta de datos o a pérdidas sufridas por usted o por terceras partes o a un fallo del Programa al funcionar en combinación con cualquier otro programa), incluso si dicho tenedor u otra parte ha sido advertido de la posibilidad de dichos daños.

FIN DE TÉRMINOS Y CONDICIONES

Copyright (C) 1989, 1991 Free Software Foundation, Inc.

675 Mass Ave, Cambridge, MA 02139, EEUU

Se permite la copia y distribución de copias literales de este documento, pero no se permite su modificación.