



FACULTAD DE INGENIERÍA

***SIMULADOR POR COMPUTADORA DEL MEZCLADO DEL CARBONATO DE
CALCIO CON GRANILLO DE TRIGO, BASADO EN ÍNDICE DE MEZCLA Y
PRUEBAS PILOTO AL UTILIZAR MEZCLADORES GRAVITACIONALES TIPO
TAMBOR, CON PALETAS.***

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR

EFREN CARLOS VELÁZQUEZ HERRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ABRIL DE 1997

08
T(3912)
C 4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

***SIMULADOR POR COMPUTADORA DEL MEZCLADO DEL CARBONATO DE
CALCIO CON GRANILLO DE TRIGO, BASADO EN ÍNDICE DE MEZCLA Y
PRUEBAS PILOTO AL UTILIZAR MEZCLADORES GRAVITACIONALES TIPO
TAMBOR, CON PALETAS.***

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de:

INGENIERÍA QUÍMICA

Con fecha 5 de agosto del 1996


firma del estudiante

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1o.	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2o.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solorzano
VOCAL 3o.	Ing. Juan Adolfo Echeverría
VOCAL 4o.	Br. Victor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5o.	Br. Wagner Gustavo López Cáceres
SECRETARIO	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Julio Alberto Rivera Palacios
EXAMINADOR	Ing. Orlando Posadas Valdés
EXAMINADOR	Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

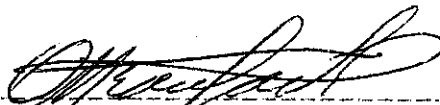
Guatemala, 13 de Febrero de 1997.

ING. JULIO E. CHAVEZ M.
DIRECTOR DE ESCUELA DE ING. QUIMICA.
FACULTAD DE INGENIERIA. U.S.A.C.

Estimado Sr. Director, después de saludarlo deseo hacer de su conocimiento que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del Sr. EFREN CARLOS VELASQUEZ HERRERA, de título: " SIMULADOR POR COMPUTADORA DEL MEZCLADO DE CARBONATO DE CALCIO CON GRANILLO DE TRIGO, BASADO EN INDICE DE MEZCLA Y PRUEBAS PILOTO UTILIZANDO UN MEZCLADOR GRAVITACIONAL TIPO TAMBOR CON PALETAS".

Una vez revisado éste trabajo, lo he encontrado satisfactorio para su aprobación. Por tanto le pido que se proceda con los trámites subsiguientes al efecto.

Muy Atentamente:



Ing. Otto Raul de León de Paz.
Revisor del Informe Final de Tesis.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Ref.WGAM.011.97

Guatemala, 21 de febrero de 1997

Ingeniero
Julio Chávez Montufar
Director
Escuela Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ingeniero Chávez:

Por este medio me dirijo a usted para comunicarle que he revisado el informe final de tesis del estudiante EFREN CARLOS VELASQUEZ HERRERA, quien realizó el trabajo titulado "SIMULADORES POR COMPUTADORA DEL MEZCLADO DEL CARBONATO DE CALCIO CON GRANILLO DE TRIGO, BASADO EN INDICE DE MEZCLA Y PRUEBAS PILOTO UTILIZANDO MEZCLADORES GRAVITACIONALES TIPO TAMBOR CON PALETAS", el cual fue asesorado por el Ing. Otto Raúl de León de Paz.

Al respecto, me permito informarle que después de haber terminado la revisión del mencionado informe y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para ser aprobada por parte de la Escuela como trabajo de tesis, por lo cual se lo remito y lo pongo a su consideración.

Agradeciendo la atención a la presente, le saluda respetuosamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M. en Ing. Williams G. Alvarez Mejía
Profesor Titular IV
Area de Operaciones Unitarias

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ing. Julio Chávez Montúfar, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis del estudiante Efrén Carlos Velázquez Herrera titulado: **SIMULADOR POR COMPUTADORA DEL MEZCLADO DEL CARBONATO DE CALCIO CON GRANILLO DE TRIGO, BASADO EN INDICE DE MEZCLA Y PRUEBAS PILOTO AL UTILIZAR MEZCLADORES GRAVITACIONALES TIPO TAMBOR, CON PALETAS**, procede a la autorización del mismo.

Ing. Julio Chávez Montúfar
DIRECTOR DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 13 de marzo de 1,997.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **SIMULACION POR COMPUTADORA DEL MEZCLADO DEL CARBON DE CALCIO CON GRANILLO DE TRIGO, BASADO EN INDICE DE MEZCLA Y PRUEBAS PILOTO AL UTILIZAR MIXCLADORES GRAVITACIONALES TIPO TAMBOR, CON PALETAS** del estudiante; **Efron Carlos Velásquez Herrera** procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, 13 de marzo de 1,997.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Gracias a ti, mi señor .

A MIS PADRES

Carlos C. Velázquez Fuentes "Por su esfuerzo,
Paula Herrera de Velázquez comprensión y amor".

A MI ESPOSA

Lourdes Patricia Orellana de Velázquez
"Por su comprensión y atención".

A MI HIJO

Cariño y Compromiso eterno.

A MIS HERMANOS

Sarai, Sarvia, Olga, Río, River, Doris, "por su
incondicional apoyo".

A MIS TÍOS Y PRIMOS

A MIS AMIGOS

Estuardo Castañeda, Yuri, Lester, Byron, Saul, Christopher,
Roberto, Roger Ríos, Susana, Claudia, Ludin, Estuardo,
Magda.

A MIS PADRINOS

Ing. Cesar Alfonso Garcia
Ing. Herbert R. Miranda.

A DISTRIBUIDORA
LAS CASAS DE
GUATEMALA

Gracias por el apoyo incondicional y a la oportunidad
de desarrollo.

INDICE

<i>I RESUMEN</i>	1
<i>II INTRODUCCIÓN</i>	2
<i>III ANTECEDENTES</i>	3
<i>III.1 Mezclado de sólidos</i>	3
<i>III.2 Propiedades que afectan a la mezcla de sólidos</i>	4
<i>III.3 Mecanismo mezcladores</i>	6
<i>III.4 Tipo de máquinas mezcladoras de sólidos</i>	7
<i>III.5 Pruebas piloto</i>	7
<i>III.6 Mezclado continuo</i>	9
<i>III.7 Muestreo de sólidos</i>	9
<i>III.7.1 Muestreo de materiales secos</i>	10
<i>III.8 Tamaño de las muestras</i>	11
<i>III.9 Consideraciones teóricas sobre la línea de criterios de una mezcla</i>	11
<i>III.10 Índices de mezclado</i>	13
<i>III.10.1 Índice analítico</i>	13
<i>III.10.2 Índice estadístico</i>	13
<i>III.10.3 Índice basados en mezclas al azar</i>	14
<i>III.10.4 Índice basado en la distribución normal</i>	17
<i>III.11 Tiempo óptimo de mezcla</i>	17
<i>III.12 Computadoras, programa, características descripción</i>	19
<i>III.13 Pasos para hacer un programa</i>	20
<i>III.13.1 Algoritmo</i>	20
<i>III.13.2 Diagrama de flujo</i>	20
<i>IV JUSTIFICACIONES</i>	21
<i>V OBJETIVOS</i>	22
<i>VI HIPÓTESIS</i>	23

<i>VII RECURSOS Y MATERIALES.....</i>	<i>24</i>
<i>VII.1 Recursos humanos.....</i>	<i>24</i>
<i>VII.2 Recursos físicos.....</i>	<i>24</i>
<i>VII.3 Recursos materiales.....</i>	<i>24</i>
<i>VII.4 Metodología.....</i>	<i>25</i>
<i>VIII DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES.....</i>	<i>28</i>
<i>VIII.1 Granillo o salvado.....</i>	<i>28</i>
<i>VIII.2 Carbonato de calcio.....</i>	<i>28</i>
<i>IX RESULTADOS.....</i>	<i>30</i>
<i>IX.1 Gráfica N. 1.....</i>	<i>31</i>
<i>IX.2 Gráfica N. 2.....</i>	<i>32</i>
<i>IX.3 Tabla N. 1.....</i>	<i>33</i>
<i>IX.4 Diagrama de flujo del programa en general.....</i>	<i>34</i>
<i>X DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</i>	<i>35</i>
<i>XI CONCLUSIONES.....</i>	<i>39</i>
<i>XII RECOMENDACIONES.....</i>	<i>40</i>
<i>XIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i>	<i>41</i>
<i>XIV BIBLIOGRAFÍA.....</i>	<i>43</i>
<i>XV APÉNDICES.....</i>	<i>44</i>

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1 Cuadro que representa la mezcla ideal del proceso	12
2 Cuadro que representa la mezcla real del proceso	12
3 Se muestra dónde son tomadas las muestras en el interior mezclador piloto	26
4 Se muestra donde son tomadas las muestras en el interior del mezclador de producción	27

GRÁFICAS

1 El comportamiento global de las 30 corridas, en porcentaje de carbonato de calcio contra el tiempo.....	31
2 El comportamiento global de las tres corridas, en porcentaje de carbonato de calcio contra el tiempo.....	32
3 La constante utilizada en los índices de mezcla, para encontrar el tiempo. La pendiente global es la constante..	81

DIAGRAMA DE FLUJO

Representa en forma esquematizada las cinco unidades del programa en forma abreviada.....	34
--	----

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO

1. Mezclador de producción : Medidas, distribución y dimensiones del mezclador de producción.....	79
2 Mezclador piloto : Medidas, distribución y dimensiones del mezclador piloto.....	80

TABLAS

1. Muestra los tres índices de mezclado.....	33
2. Datos originales promedio del mezclador piloto.....	45
3. Datos originales promedio del mezclador de producción.....	46
4. Máquinas mezcladoras de sólidos y su clasificación.....	47

RESUMEN

El presente trabajo pretende establecer la factibilidad del uso de mezcladores piloto e índices de mezcla, con el fin de crear simuladores de mezcla y a final compararlos con los de producción. Para ello se utilizó el mezclador piloto y tres índices de mezcla los primeros dos son índices de mezclador al azar y el último índice de comportamiento normal de mezcla, el total de corridas fueron de 30; De cada corrida se recojieron 51 tomas. los pasos realizados fueron secuencialmente las siguientes:

- 1. Toma de muestras del mezclador piloto.*
- 2. Analisis de la concentración del granillo de trigo*
- 3. Cálculos para las correlaciones de mezclador piloto.*

Luego se establecieron dos índices a utilizar según la clasificación, tomando el criterio del más utilizado al menos, además de escoger un tercer índice de comportamiento normal con una tolerancia del 10%. Esta tolerancia está dentro del intervalo de la agencia gubernamental.

Por último se obtuvieron los datos del mezclador de producción, siendo el mismo método de mezcla que el mezclador piloto, y el mismo análisis de la concentración de granillo de trigo, pero con la diferencia de que se tomaron menos datos. tres corridas y de cada corrida se tomaron 51 datos.

Se realiza el programa de computadora tomando en cuenta los comportamientos del mezclador piloto y el de producción, incorporando los cálculos de índices de mezcla, para una mejor comparación. Se incluyó una secuencia de unidades con el propósito de visualizar los datos originales de ambos mezcladores.

II

INTRODUCCION

En actividades diversas como la elaboración de productos de belleza, insecticidas en polvo, preparación de compuestos para la alimentación, elaboración de antibióticos para cápsulas, entre otros, la operación de MEZCLA DE POLVOS es uno de los factores que rigen las actividades diarias de ese tipo de empresas.

Hay que tomar en cuenta para cada par de compuestos que se va a mezclar:, las características de sólido, como lo son: forma, tamaño, densidad de partícula, características de superficie, friabilidad, estado de aglomeración de las partículas, humedad y sus características de flujo. Si las diferencias entre éstas, es bastante marcada, el mezclado, el tiempo de mezcla y el consumo energético va a ser difícil y costoso, no así como el de un juego de sólidos de características similares.

El presente trabajo se realizan tres pasos; la primera, en un mezclador piloto de tipo gravitacional volteador con paletas, con capacidad para 5 kg de peso en el cual se obtienen muestras, con las que se trabajaran modelos matemáticos utilizados en correlaciones. En segundo, se interpretan los modelos matemáticos para obtener los programas de computadora, y el tercero, se utiliza el mezclador de producción con capacidad de 450 kg, en el cual se comparan los datos obtenidos con los calculados en el programa. Para el proceso de mezclado se utiliza, carbonato de calcio de 200 mesh y granillo mesh 150 como par de solidos.

III

ANTECEDENTES

La elaboración de productos, en industrias medianas, se realiza por lotes. Las normas de calidad exigen que sean de menor costo, más homogéneos y que satisfagan las necesidades de competición. Cada producción tiene que ser lo más homogénea posible, donde los tiempos de mezclado y consumo energético adquiere un papel importante para este proceso.

La experimentación controlada ha logrado reducir los tiempos de mezclado sin sacrificar la homogeneidad del mismo y ha reducido el desperdicio energético.

En uno de los trabajos relacionados con el presente, se elabora un simulador del proceso de mezcla, realizado con hojas electrónicas, en la cual se comparan las celdas de memoria de una computadora personal en un paquete llamado symphony, y utilizando sólidos granulares para la mezcla física, Este trabajo utiliza pastillas de aspirina para la comparación entre celdas de memoria. En otros, se trabaja con mezcladores tipo gravitacional en forma de V, y toman como base la característica "Cohesividad" para sistemas de mezcla ; en este trabajo se mezclan varios sólidos y se comparan sólidos cohesivos con no cohesivos y combinaciones para establecer tiempos óptimos por índices y gráficas.

III.1 MEZCLADO DE SÓLIDOS

Es repartir un sólido (o varios) dentro de otro (u otros), por medio de agitación del sólido. El mezclado de sólidos es más complejo que el de líquidos, aún no es muy bien comprendido y en general consume más energía que el mezclado de líquido.

La misma naturaleza reacia al cambio de los sólidos, lo explica, pues son reacios al moverse, a esto sumaremos:

III.1.1 Cada sólido se porta diferente.

III.1.2 Para un mismo sólido cada tamaño se porta diferente.

III.1.3 Cada equipo se porta diferente.

III.1.4 Es difícil definir o parametrizar lo que es un grado de mezcla en función del tiempo de mezcla.

III.1.5 El muestreo en el mezclado es crítico pues al hacerlo se afecta el grado de mezcla.

El mezclado ideal es aquel en el cual las partículas del sólido X queda equitativamente repartidas en las del sólido Y, de manera que cualquier muestra tomada en cualquier parte del equipo, al final del mezclado, tiene la misma concentración de X en Y y a la vez esta concentración X/Y. Ésto nunca se logra. Porque existen fuerzas que se oponen a un reparto probabilístico dentro del proceso. (1)

III.2 PROPIEDADES QUE AFECTAN A LA MEZCLA DE SOLIDOS

Las grandes diferencias entre propiedades como la distribución del tamaño de partícula, la densidad, la forma y las características superficiales como la carga electrostática pueden hacer que el mezclado resulte muy difícil. De hecho, las propiedades de los ingredientes dominan la operación de mezclado. Las características de los sólidos que se observan con mayor frecuencia son:

III.2.1 Distribución del tamaño de la partícula: indica los porcentajes del material en distintas gamas de tamaños.

- III.2.2 *Densidad a granel* : peso por unidad de volúmen de una cantidad dada de partículas de sólidos; se expresa en Kilogramos por metro cúbico.
- III.2.3 *Densidad real*: La densidad real del material sólido, se suele expresar en kilogramos por metro cúbico (lb/ft^3). Está dividida entre la densidad del agua, y la gravedad específica.
- III.2.4 *Forma de partículas*: algunos tipos son gránulos, grumos ovalados, bloques, esferas, copos, virutas, varillas, filamentos, cristales o formas irregulares.
- III.2.5 *Características superciciales*. Incluyendo el área superficial y la tendencia a retener carga estática.
- III.2.6 *Características de flujo*: el ángulo de reposo y la fluidez son características medibles para las que existen pruebas estándar. Un ángulo de reposo muy pronunciado indica poca fluidez.
- III.2.7 *friabilidad*: es la tendencia que tiene el material a dividirse en tamaños menores durante el manejo.
- III.2.8 *Estado de aglomeración*: las partículas existen independientemente o se adhieren unas a otras en grupos. El tipo y el grado de energía que se emplea durante el mezclado y la friabilidad de los aglomerados afectarán la amplitud de la división de los aglomerados y la dispersión de las partículas.
- III.2.9 *Humedad o contenido de líquido de los sólidos*: con frecuencia se agrega una pequeña cantidad de líquido

para la reducción del polvo o requisitos especiales como los aceites para cosméticos.

III.2.10 Densidad, viscosidad y tensión superficial: estas propiedades son a la temperatura de operación de cualquier líquido agregado.

III.2.11 Limitaciones térmicas de los ingredientes. Los efectos pocos comunes que se pueden presentar debido a los cambios de la temperatura, como el calor de reacción, se deberá anotar cuidadosamente.

La observación de las propiedades anteriores de los ingredientes que se van a mezclar, constituyen y un primer paso para la selección del equipo mezclador.

Los equipos que se utilizan para mezclar materiales sólidos pueden utilizarse para muchas otras operaciones. La combinación de ingredientes puede ser el objetivo principal como, por ejemplo, en la preparación de alimentos, insecticidas, fertilizantes, lotes de vidrios, alimentos empaquetados y cosméticos. Otros objetivos incluyen el enfriamiento o el calentamiento, tal como en el enfriamiento de la piedra caliza o el azúcar, o el precalentamiento del material plástico antes del satinado. En ocasiones se desea lograr la desecación o el tostado de los sólidos.(1)

III.3. MECANISMOS MEZCLADORES

Hay varios mecanismos básicos, mediante los cuales se mezclan partículas sólidas. Entre ellos se incluyen el movimiento aleatorio en pequeña escala, difusión, el movimiento aleatorio en gran escala convección y el cizallamiento o corte.

Los movimientos que incrementan la movilidad de las partículas individuales fomentan el mezclado por difusión. Si no hay efectos contrarios de segregación, esta mezcla por difusión tendrá con el tiempo un grado elevado de homogeneidad. La mezcla por difusión se produce cuando las partículas se distribuyen sobre una superficie recién desarrollada y cuando se imprime una movilidad interna mayor a las partículas individuales. Un volteador simple proporciona lo primero, en tanto que un molino de impacto da lo último.

Para un mezclado más rápido, además de la mezcla por difusión, en escala fina, debe haber un medio que permita entremezclar grandes grupos de partículas. Esto se puede realizar por el mecanismo de convección o por el de corte o cizallamiento. Una mezcladora de cinta da lugar a lo primero, mientras que un volteador siempre proporciona lo último. (2)

III.4 TIPOS DE MÁQUINAS MEZCLADORAS DE SÓLIDOS

Hay varios tipos de máquinas para mezclar sólidos. En algunas de ellas el recipiente se mueve, en tanto que en otras hay un dispositivo que gira dentro de un recipiente estacionario.

En algunos casos, se utiliza una combinación de recipiente giratorio y dispositivo interno en rotación. A veces el mezclador tiene desviadores o aspas. En el el apéndice 4 se detallan los tipos de las máquinas para mezclar sólidos. (1)

III.5 PRUEBAS PILOTO

Son pruebas, en pequeña escala del equipo que se va a utilizar en la producción. En estas pruebas se puede obtener mucha información útil, con la condición de que se tomen en cuenta las siguientes recomendaciones :

- III.5.1 *En general, cuanto mayor sea la unidad piloto, tanto más confiable serán la predicción del funcionamiento en gran escala. La unidad piloto tiene que ser un prototipo con todas las dimensiones apropiadas.*
- III.5.2 *No hay muchos datos publicados para el escalamiento del mezclado de sólidos. Los distribuidores de equipo pueden proporcionar información del escalamiento de sus equipos, basándose en experiencias previas. Con los volteadores geoméricamente similares, si se ajustan las velocidades para proporcionar un movimiento comparable y la fracción volumétrica ocupada del mezclador es la misma, el escalamiento de los resultados será directo. La presencia de dispositivo interno giratorio presenta problemas para el tratamiento de los fraqueos, el área de las aspas al volumen del mezclador y los tamaños y las velocidades de los dispositivos aleatorios. Para los rompedores de aglomerados, el factor clave para el escalamiento es la velocidad de impacto.*
- III.5.3 *Siempre que sea posible, se deben utilizar los materiales reales del proceso. Si se van a utilizar materiales sustitutos, deben poseer las mismas características de mezclado. Las pruebas hechas con cuentas idénticas aunque de colores diferentes pueden ser engañosas al igual los efectuados con astredores. La razón es que las propiedades de flujo los materiales específicos que se van a mezclar en la planta no pueden ser iguales que las de materiales de demostración.*
- III.5.4 *Es preciso tomar en cuenta las diferencias en los materiales de construcción entre las unidades piloto y las de producción, que pueden*

influir en la formación de tortas; la abrasión y los efectos electrostáticos.

III.6 MEZCLADO CONTINUO

Aunque el mezclado intermitente ha sido el método predominante de mezcla de sólidos, se está tomando en cuenta la utilización del mezclado continuo en muchas industrias. Se puede utilizar ciertos criterios generales para determinar si es conveniente o no el flujo continuo.

III.6.1 Flujo continuo se debe tomar en cuenta si :

III.6.1.1 Se puede aplicar una formulación simple durante un periodo largo,

III.6.1.2 Las fluctuaciones del producto de salida se encuentran dentro de los requisitos del proceso.

III.6.1.3 Se puede lograr una dosificación precisa de los ingredientes .

El resto del proceso merece un mezclado continuo.

III.6.2 El flujo continuo no es conveniente si:

III.6.2.1 Se esperan cambios frecuentes de las formulaciones

III.6.2.2 Las fluctuaciones de la composición de los productos esta fuera de la gama permitida

III.6.2.3 Los ingredientes no se pueden dosificar con el nivel necesario de precisión .

Se incluyen ciclos complejos de temperatura o presión. (1)

III.7 MUESTREO DE SÓLIDOS

Por lo general, el control de los procesos que incluyen el tratamiento de sólidos requiere medios para el muestreo y análisis de estos en varios puntos de la operación. A diferencia de los líquidos, los sólidos no son homogéneos. La composición de las

partículas individuales varía con el diámetro y la densidad de las partículas. En consecuencia, se debe tomar las medidas necesarias para extraer una muestra representativa de toda la mezcla de sólidos en el punto de interés del proceso. Si los sólidos no se muestrean de manera representativa, el control del producto y del proceso no será confiable. Las muestras tomadas y el empleo de cortadores que no toman una proporción uniforme de las corrientes llevan a resultados no representativos.

Existen varias razones para la segregación de los sólidos, tanto por tamaño como por gravedad, dentro de un sistema de manejo de sólidos. La vibración como, por ejemplo, la que puede ocurrir en las bandas y transportadores es una causa de variación en la composición de la muestra. La segregación también puede ocurrir cuando los sólidos granulares se almacenan en silos. Por consiguiente, la mejor técnica consiste en desplazar el cortador de muestra, con una velocidad uniforme, a través de toda la corriente, mientras esta se encuentra en un estado de caída libre..

La práctica inicial de muestreo manual se ha reemplazado por los dispositivos automáticos de muestreo mecánico, que requieren poco mantenimiento, tienen un costo relativamente bajo, son impersonales y estadísticamente confiables. Este análisis se relaciona con la selección del tamaño de la muestra, el tipo de dispositivo de muestreo disponible, sus arreglos y costos. (1)

III.7.1 MUESTREO DE MATERIALES SECOS

El muestreo de sólidos granulares secos es una práctica común. Los sellos de polvo hacen que se puede tomar la muestra dentro de los sistemas de transporte neumático. Se debe tener cuidado de colocar el cortador de muestra en un punto de la trayectoria de caída libre, donde las velocidades de la partícula no son tan altas como para que el arrastre de aire pueda ocasionar una segregación de los finos. (1)

III.8. TAMAÑO DE LAS MUESTRAS

No existen fórmulas para determinar la cantidad de muestra, el porcentaje de material a tomar en el muestreo la frecuencia de los intervalos de muestreo. En algunas industrias se han establecido normas de muestreo pero las prácticas suelen diferir de una planta a otra. Los factores a considerar para la selección del tamaño de la muestra son:

III.8.1 El tamaño del lote.

III.8.2 El análisis.

III.8.3 La variabilidad.

III.8.4 Tolerancias en el control de calidad. (1)

III.9 CONSIDERACIONES TEÓRICAS SOBRE LA LÍNEA DE CRITERIOS DE LA CALIDAD DE UNA MEZCLA

Esta es una valuación para considerar varias relaciones las cuales conectan la asignación de un valor numérico, al criterio por la calidad de una mezcla. Claramente, si la mezcla es dividida en pequeñas muestras, las diferencias en la composición entre ellas son algunas medidas de la mezcla perfecta y esta idea puede ser puesta desde una base formal al azar la varianza σ^2

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - X)^2}{n} \quad \text{II.1}$$

Donde X es la proporción actual del componente A en la mezcla, X_i es la proporción del componente A en la muestra I, y n es el número de muestras sustraidas.

IDEALIZACIÓN

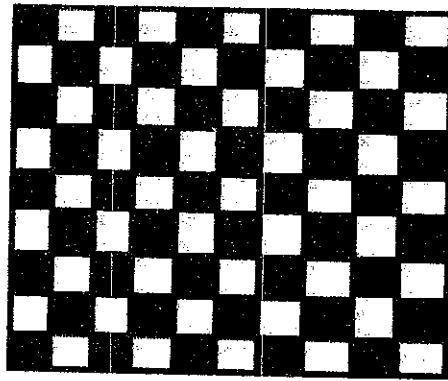


Figura N. 1 MEZCLA IDEAL

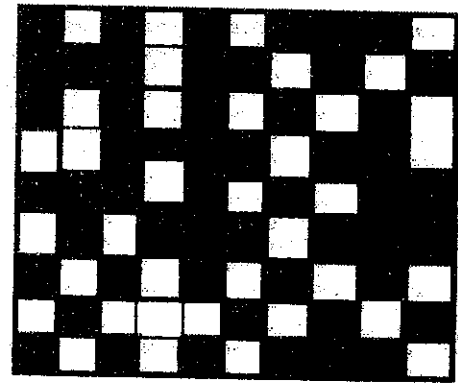


Figura N. 2 MEZCLA REAL

Este valor de la varianza está, como se ha establecido, basado desde un valor conocido de la actual composición media del material, tal como es el caso cuando las proporciones del material con el que se llena el mezclador son conocidas. Algunas veces cuando estas proporciones no son conocidas, y la varianza tiene que estar basada desde la mitad de la proporción de la muestra, X_s . En este caso un grado de libertad es absorbido durante la evaluación de la X_s y entonces:

$$s^2 = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(X_i - X_s)^2}{n-1} \quad \text{II.2}$$

Este procedimiento parece ser justificado cuando recordamos que el valor de la proporción media será invariable alta o baja, que el verdadero valor, de la media X , y así que la suma de los términos cuadrados serán más bajos que el caso anterior. De este modo una corrección debe de ser introducida y el uso de $(n - 1)$ será usada en lugar de n en el denominador.

Para una perfecta mezcla aleatoria, la varianza puede ser deducida desde la base de una distribución binomial. De este modo P_r , la probabilidad de obtener r partículas del compuesto A en una muestra de tamaño N , está dada por :

$$P_r = \frac{N! (X)^r (1-X)^{N-r}}{r!(N-r)!} \quad \text{II.3}$$

a partir de esto se tiene:

$$\sigma_r = \frac{X(1-X)}{N} \quad \text{II.4}$$

La computadora también tiene una facilidad, por medio de números aleatorios los cuales pueden ser generados, y esta facilidad es usada como una base para el intercambio aleatorio del número de acumulaciones. De este modo se dá un efecto de intercambio, un almacenamiento es escogido aleatoriamente y de éste una pequeña parte es escogida aleatoriamente. El valor obtenido (0 o 1) es intercambiado con otra pequeña parte extraída de manera similar de otro tipo de almacenamiento. (7)

III.10 ÍNDICES DE MEZCLADO

Estos índices nos ayudan a seguir la operación de mezclado. Existen dos criterios de los cuales mencionaremos brevemente.

III.10.1 ÍNDICES ANALÍTICOS

Su definición es como el número de muestras que pueden considerarse mezcladas de entre el muestreo total efectuado a un instante de tiempo. No son muy precisos.

III.10.2 ÍNDICES ESTADÍSTICOS

Estos índices "se basan en relaciones entre la varianza o desviación estandar de la población, tomada a un instante de tiempo y los valores correspondientes a tiempo cero e infinito a veces a uno solo de ellos.

Hay que tomar en cuenta que la varianza depende del número y tamaño de las muestras.

Existen una gran cantidad de índices de mezclas basados en el supuesto de que el mezclado es considerado aleatorio por naturaleza. Aunque se han propuesto muchos índices generales, no todos han sido aplicados y se hará mención de algunos de ellos.

III.10.3 INDICES BASADOS EN MEZCLA AL AZAR

Se ha asumido que el proceso de mezcla es aleatorio por naturaleza, ya que las fuerzas que actúan para mover la masa de partículas tienen comportamiento al azar.

“En una mezcla al azar de dos polvos A y B en proporciones p y q donde $q = 1 - p$... Para formar una mezcla aleatoria todas las partículas de A y todas la de B deben tener la misma densidad aparente, la misma forma, tamaño y rugosidad además de estar libres de aglomeración.

Las proporciones p y q pueden entonces ser expresadas sobre una base numérica, de peso o de volumen. (2)

Antes de mezclarse A y B, la varianza de la población (δ^2) está dada por la expresión :

$$(\delta^2)_0 = pq = p(1-p) \quad \text{II.5}$$

La varianza aleatoria final (δ^2) también denominada varianza al tiempo infinito esta dada por

$$(\delta^2)_R = pq/n \quad \text{II.6}$$

donde n es el número de partículas en la muestra. Para polvos finos, N no puede determinarse con facilidad.

Pole y otros modificaron la expresión II.3 para un sistema binario en base a la distribución de tamaño de partícula "

Ellos calculan N de la siguiente manera:

$$N = \frac{W}{q(\sum fw)_p + p(\sum fw)_q} \quad \text{II.7}$$

En donde w es la masa de la muestra tomada de la mezcla y $\sum fw$ es el peso medio efectivo de partícula del ingrediente denotado por el subíndice. (2)

Durante el proceso de mezcla, la desviación estándar S que es obtenida, experimentalmente, de los resultados de las varias muestras tomadas de la mezcla en un instante de tiempo dado, varía entre δD y δr en la ausencia de otras fuerzas que promuevan la segregación.

Si se plotea varias funciones de la varianza o su raíz cuadrada, la desviación estándar contra el tiempo o el número de revoluciones del mezclador,

T. Aunque este procedimiento es útil, no caracteriza completamente la mezcla a causa de que se omite una medida de escala, por ejemplo, el tamaño de las otras ó más precisamente, la escala de segregación. Algunos índices de mezclado de uso más corriente son:

$$\text{III.10.3.1 } M = s/m \quad \text{II.8}$$

En este caso, m es la proporción media del componente a en las n muestras. El valor de m tiende a p a medida que tiende al infinito. (8)

$$\text{III.10.3.2 } M = s^2 - (\delta R)^2 \quad \text{II.9}$$

$S^2 - (\delta R)^2$ varia desde pq hasta cero y es definida como la varianza debida a la posición o a la mezcla incompleta. (8)

$$\text{III.10.3.3 } M = s / \delta R \quad \text{II.10}$$

$s / \delta R$ tiende a uno a medida que el tiempo se incrementa, mostrando así la aproximación de la mezcla a la aleatoriedad después de cierto tiempo de mezcla.

Todos estos índices muestran una rápida caída en la varianza, a medida que las diferencias de gran concentración son removidas por el mezclado. En las últimas etapas muestran, ya sea una aproximación a la aleatoriedad o bien, a la existencia de una amplia segregación. (8)

$$\text{III.10.3.4}$$

$$M = \delta R / s^2 \quad \text{II.11}$$

Este método es propuesto por Weindenbaum y bonilla. s^2 es:

$$s^2 = \frac{[\sum (x/n)_i - (x/n)]^2}{n} \quad \text{II.12}$$

donde n = número de partículas en la muestra y, N = número de muestras tomadas. (8)

$$\text{III.10.3.5}$$

$$M = \frac{(\text{Log } \delta_0^2 - \text{Log } s^2)}{(\text{Log } \delta_0^2 - \text{Log } \delta_R^2)} \quad \text{II.13}$$

Aston y Valentin. Trans. Institut Chemical Engr. 44

T166, 1966 Ref 21. "Este índice es más sensible a las variaciones de desmezclado todo el tiempo en que cambia del estado de completa segregación al estado de completa mezcla", δ_0^2 , S_0^2 y

δr^2 siguen siendo las varianzas en las condiciones al azar. (2)

III.10.4 ÍNDICE BASADO EN LA DISTRIBUCION NORMAL

Este índice asume que la mezcla adquiere un comportamiento que se ajusta a la distribución normal. La desviación standar aceptable (δA) Con un nivel de confiabilidad del 99.7% es:

$$\pm 3 \delta A = \pm \tau \chi \quad \text{II.14}$$

Donde τ es el valor de tolerancia para el valor medio. "La desviación standar aceptable δA puede ser fijada a cualquier tolerancia.

$$\text{III.10.4.1 } M = s / \delta A \quad \text{II.15}$$

Este índice se aproxima a la aceptabilidad en la medida que la desviación standar se aproxima a δA . El criterio $\tau = 15\%$ concuerda la USP. (2)

III.11 TIEMPO ÓPTIMO DE MEZCLA

Si se grafica un índice de mezcla dado a diversos incrementos de tiempo, puede encontrarse el tiempo óptimo de mezcla, que es aquel en el cual la mezcla se aproxima al estado azarizado.

En el caso en el que se asume un comportamiento de acuerdo a la distribución normal, el tiempo óptimo de mezcla es cuando los componentes de la mezcla muestra una dispersión igual a la desviación standar aceptable δA .

De acuerdo a la sensibilidad del índice usado, así será el tiempo óptimo de la mezcla.

Por otro lado si se revisa la ecuación II.16 donde se conoce el valor de la constante K , puede calcularse el tiempo requerido para cierto grado de mezcla.

Este cálculo debe tenerse en mente ya que es teórico y es aplicable a mezclas completamente con comportamiento aleatorio y que no hay fuerzas de desmezclado que actúen.

Para calcular el tiempo de operación a un grado de mezcla dado, se integra la ecuación II.16 entre límites así:

$$\frac{dM}{dt} = K(1-M) \quad \text{II.16}$$

Para límites $t=0$ hasta $t=t$ y para límites de M entre $M=M_0$ y $M=M$

$$\int_0^t k dt = \int_{M_0}^M dm / (1-M) \quad \text{II.17}$$

$$kt = \ln (1-M_0) / (1-M) \quad \text{II.18}$$

Por definición (2), $M_0 = 1/\sqrt{n}$, donde n = número de partículas en la muestra. Por lo tanto, se tiene que:

$$t = (1/k) \ln (1-1/\sqrt{n}) / (1-M) \quad \text{II.19}$$

k puede encontrarse gráficamente, como ya se explicó. De la ecuación II.4 se observa que cuando M tiende a uno ($s = \delta R$) el tiempo tiende a cero. Un valor intermedio de M dará el tiempo requerido para alcanzar ese estado de mezcla.

El equipo utilizado para mezclar sólidos, es escogido de acuerdo a las propiedades del sólido a mezclar, además de su costo, capacidad, gasto energético y espacio ocupado.

En este trabajo se analizará un mezclador gravitacional tipo volteador con paletas , en las cuales el movimiento del material es llevado a cabo por la rotación del mezclador, usando fuerza de gravedad como fuente de la acción de mezclado. Estos mezcladores son utilizados para mezclar materiales densos y abrasivos. Sin embargo, la mayor desventaja que tienen es que no proporcionan un movimiento cruzado a lo largo del eje de rotación, lo cual puede conducir a un mezclado menos homogéneo en diferentes zonas. Razón por la cual los volteadores analizados utilizan paletas inclinadas que mejoran el flujo cruzado. Se utilizarán dos mezcladores uno de tamaño real con capacidad de 450 kg y el otro de prueba piloto con capacidad de 10 kg. (2)

III.12 COMPUTADORAS, PROGRAMA, CARACTERÍSTICAS, DESCRIPCIÓN

La computadora es una máquina capaz de realizar y controlar a gran velocidad cálculos y procesos complicados que requieren una toma rápida de decisiones.

La función de la computadora consiste en tratar la información que se le suministra y proveer los resultados requeridos. La computadora es incapaz de hacer algo para lo que no ha sido, previamente, programada. Dicho esto, puede entenderse en adelante que representa, el que un aparato tenga la capacidad de realizar tareas mecánicas como por ejemplo la lectura de datos, su cotejo, la transmisión a otros aparatos la recepción de otras informaciones y su registro en la memoria.

El software como parte lógica le dice al hardware lo que tiene que hacer. Así como las computadoras han evolucionado de los grandes monstruos hasta las computadoras de bolsillo, los programas han avanzado desde los primeros ordenadores hasta los lenguajes de primera, a la quinta generación. (9)

El tipo de computadora utilizada para el presente trabajo es de quinta generación, con un programa de cuarta generación. La clasificación es un procesador 586 dx con una velocidad de 265 MHZ, y el lenguaje de programación PASCAL.

III.13 LOS PASOS PARA HACER UN PROGRAMA

En la elaboración de programas de computación, se tienen que realizar pasos secuenciales; estos pasos son realizados para obtener programas que cumplan con objetivos especificados con anterioridad y son:

III.13.1 ALGORITMO

pasos para hacer un algoritmo:

III.13.1.1 Comprensión del problema

III.13.1.2 Solución a groso modo

III.13.1.3 Definición de variables

III.13.1.4 Prueba del algoritmo

III.13.2 DIAGRAMA DE FLUJO

En esta parte se hace uso de símbolos geométricos, se comprueba si los pasos ya propuestos en el algoritmo funcionan para pasar al próximo paso.

III.13.3. CODIFICAR EL ALGORITMO COMPROBADO Y CORREGIDO

Aquí se construye el programa fuente, el cual es el listado de instrucciones en el lenguaje convenido por el programador y el usuario.(10)

IV

JUSTIFICACIONES

Debido a la demanda actual de productos que en sus procesos utiliza mezcla de sólidos, se hace necesario obtener éstos con mejor distribución en sus mezclas. Dicho con otras palabras, más homogéneos tanto en su presentación final como en análisis de control de calidad. Debido a que estos controles representan un costo, es necesario obtener mejores procesos y de éstos se obtienen mejores concentraciones para evitar este costo e incorporarlo en el proceso. Es de especial interés para Distribuidora Las Casas de Guatemala, bajar costos y recursos no sólo en recursos energéticos sino en trabajo hora/hombre.

Este trabajo constituye un estudio de una mezcla que es utilizada como vehículo en uno de los productos de esta casa, y se basa en obtener comportamientos del mezclador piloto y ver que tan factible es utilizar estos comportamientos en un mezclador de producción, para obtener una idea más clara del grado de confiabilidad en otras mezclas de sólidos al utilizar menos material y pronosticar mejores tiempos y evitar una segregación antes de utilizar el mezclador de producción.

Además este trabajo abre el campo para futuros trabajos con diferentes sólidos, debido al programa que se puede cambiar o generalizar al cambiar tres datos.

OBJETIVOS

A.1. GENERALES.

A.1.1 Determinar la fiabilidad de los resultados de un simulador de mezcla de sólido-sólido, por computadora, en un mezclador piloto, con los resultados obtenidos en la mezcla de carbonato de calcio con granillo en un mezclador gravitacional tipo volteador, con paletas.

A.1.2 Obtener en la producción real, lotes de mezclas más homogéneas y reducir los costos de producción.

A.2. ESPECÍFICOS.

A.2.1. Crear un simulador, por computadora, de mezcla del sistema carbonato de calcio y granillo.

A.2.2. Determinar el tiempo óptimo de mezclador físico para el sistema carbonato de calcio con granillo de trigo en el mezclador de producción.

HIPOTESIS

Es posible determinar el tiempo óptimo de mezcla, en un mezclador gravitacional, al utilizar programas de computadora basados en mezcladores pilotos, de acuerdo a los requerimientos establecidos por la empresa distribuidora Las Casas de Guatemala.

VII

RECURSOS Y METODOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES DE MEZCLA Y MÉTODOS DE TRABAJO

VII.1 RECURSOS HUMANOS

Ingeniero Químico Otto De León

Asesor de trabajo de investigación de tesis

colegiado No. 229

Perito Contador Efrén Carlos Velásquez Herrera

Estudiante de Ingeniería Química

VII.2 RECURSOS FÍSICOS

Laboratorio de Investigación y planta de producción

de Distribuidora las Casas de Guatemala, Calzada San

Juan II-77, colonia Monte Real.

VII.3 RECURSOS MATERIALES

VII.3.1 *Carbonato de calcio mesh 200.*

VII.3.2 *Granillo de trigo mesh 150.*

VII.4 EQUIPO

VII.4.1 *Volteador gravitacional piloto capacidad 10 kg y motor de 1/8 hp, marca cardwell. Ver el apendice # 6 para las especificaciones del mezclador.*

VII.4.2 *Volteador gravitacional de producción con capacidad 500 kg y motor de 10 hp marca cardwell. Ver el apendice # 6 para las especificaciones del mezclador.*

Los dos volteadores trabajan con una velocidad de 15 rpm. El volumen de llenado que se utilizan en los mezcladores es de, aproximadamente, 40% del volumen total de los mezcladores.

VII.5 METODOLOGÍA

Esta, se constituye en :

VII.5.1 Los Mezcladores Pilotos

VII.5.1.1 *La cantidad utilizada en el mezclador es de 2.5 kg de carbonato de calcio y 2.5 kg de granillo de trigo.*

VII.5.1.2 *Se carga 1.25 Kg. de carbonato de calcio, luego 1.25 Kg de granillo de trigo, posteriormente 1.25 Kg de carbonato de calcio y por último, 1.25 Kg. del resto de granillo de trigo para un total de 2.5 Kg. de Carbonato de Calcio y 2.5 Kg. de granillo de trigo.*

VII.5.1.3 *El peso de las muestras es de 3 gramos.*

VII.5.1.4 *Las muestras son tomadas en intervalos constante de 20 segundos. El número de muestras por mezcla es igual a 51. y el número de corridas de 30.*

VII.5.1.5 *Los lugares de la toma de la muestra fueron constantes para todas las corridas según se muestra en la figura:*

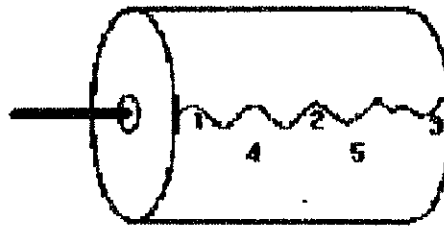


Figura N. 3. DIBUJO DE MEZCLADOR PILOTO

Las especificaciones de este mezclador está en el apéndice # 6.

VII.5.1.6 *Se utilizan muestreadores fabricados de aluminio y diseñados especialmente para la tomas interiores admas de cucharitas para las superficiales .*

VII.5.1.7 *Los análisis se efectuaron por separación del carbonato de calcio en solución ácida. Las muestras se secan y se pesaron en una balanza analítica..*

VII.5.2. *Obtención de correlaciones:*

Los datos obtenidos en el paso anterior se utilizaron para obtener correlaciones matemático-estadístico. Además se utilizan modelos ya

establecidos con anterioridad, es decir, índices de mezcla; Se crea un programa de computadora el cual tendrá dos opciones: una el mezclador piloto y otro el índice de mezcla utilizado.

Se establecen tiempos óptimos de mezcla al ingresar valores como: tiempo de mezcla utilizados, y se obtiene además, el porcentaje de mezcla para cada mezcla, y así comparar los datos obtenidos en la comprobación física en el mezclador de producción.

VII.5.3 Mezcladores de producción

Se realizarán de igual forma que en el mezclador piloto pero cambia el dato de la cantidad mezclada, y los lugares de muestreo los cuales son según se muestra en la figura :

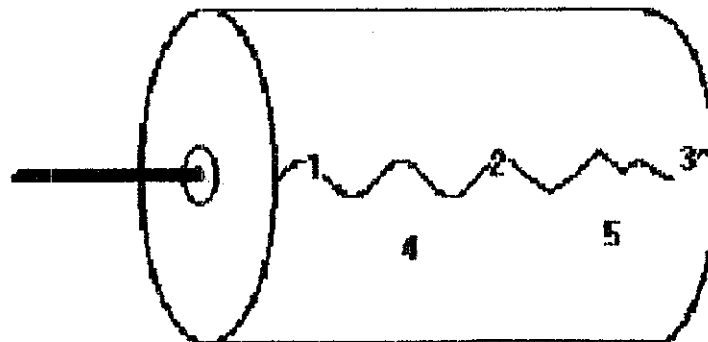


Figura N. 4. DIBUJO DE MEZCLADOR DE PRODUCCIÓN

Las especificaciones del mezclador de producción están en el apéndice # 6.

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

D.1. GRANILLO o SALVADO

Es una película que recubre el grano de los cereales y que se separa de la harina mediante el cernido. El salvado más empleado es el del trigo, pero también se usa el de otros cereales.

En el comercio se clasifican los salvados o granillos según sea su origen, el grosor de la película, y la cantidad de substancia que contenga, pero esta clasificación no es general, pues predominan las clasificaciones locales.

En Guatemala, se conoce como granillo y no como salvado al grano de los cereales de trigo. Es utilizada como base para alimento del ganado y del cerdo.

*Es un grano pequeño, sub-producto del trigo, su nombre científico es **Triticum aestivum**, su tipo de alimento es sub-producto industrial. Su densidad es de 0.77 kg/lit y su color es café. Ver índice I para el análisis proximal.*

D.2. CARBONATO DE CALCIO

Carbonato de calcio CaCO_3 ; conocido como calcita es uno de los minerales más ampliamente distribuidos sobre la corteza terrestre. La composición mineralógica puede variar desde casi el 100% de calcita hasta un mínimo del 50%, con el resto formado por los minerales más comunes de las rocas sedimentarias, como dolomita, cuarzo y feldespatos.

Sus propiedades: polvo blanco o cristales incoloro, inoloro e insípido, densidad de 2.7 a 2.95 se descompone a 825 °C no es combustible, muy ligeramente soluble en agua, unos pocos ppm, soluble en ácido con desprendimiento de dióxido de carbono.

Su procedencia: es uno de los materiales más estables, y más repartidos, se encuentra en la naturaleza como calcita, piedra caliza, argonito etc. Se extrae de depósitos naturales de la superficie de la tierra.

Peligro: es un polvo particularmente molesto, VLU: 5 mg/m³

VLU = VALOR LIMITE UMBRAL

Tiene un peso fórmula de 100.9, color incoloro, con un índice de refracción de 1,550. y densidad relativa de 2.8 25/4. solubilidad con agua fría 0.0014 25 , solubilidad con agua caliente de 0.002 100 . Además, es soluble con NH₄Cl

RESULTADOS

1.

El tiempo óptimo de mezcla para el mezclador piloto con 5 Kg. de peso de capacidad de mezclado es de 141 segundos. (ver gráfica # 1)

2.

El tiempo óptimo de mezcla para el mezclador de producción con 450 Kg. de peso de capacidad de mezclado es de 220. (ver gráfica # 2)

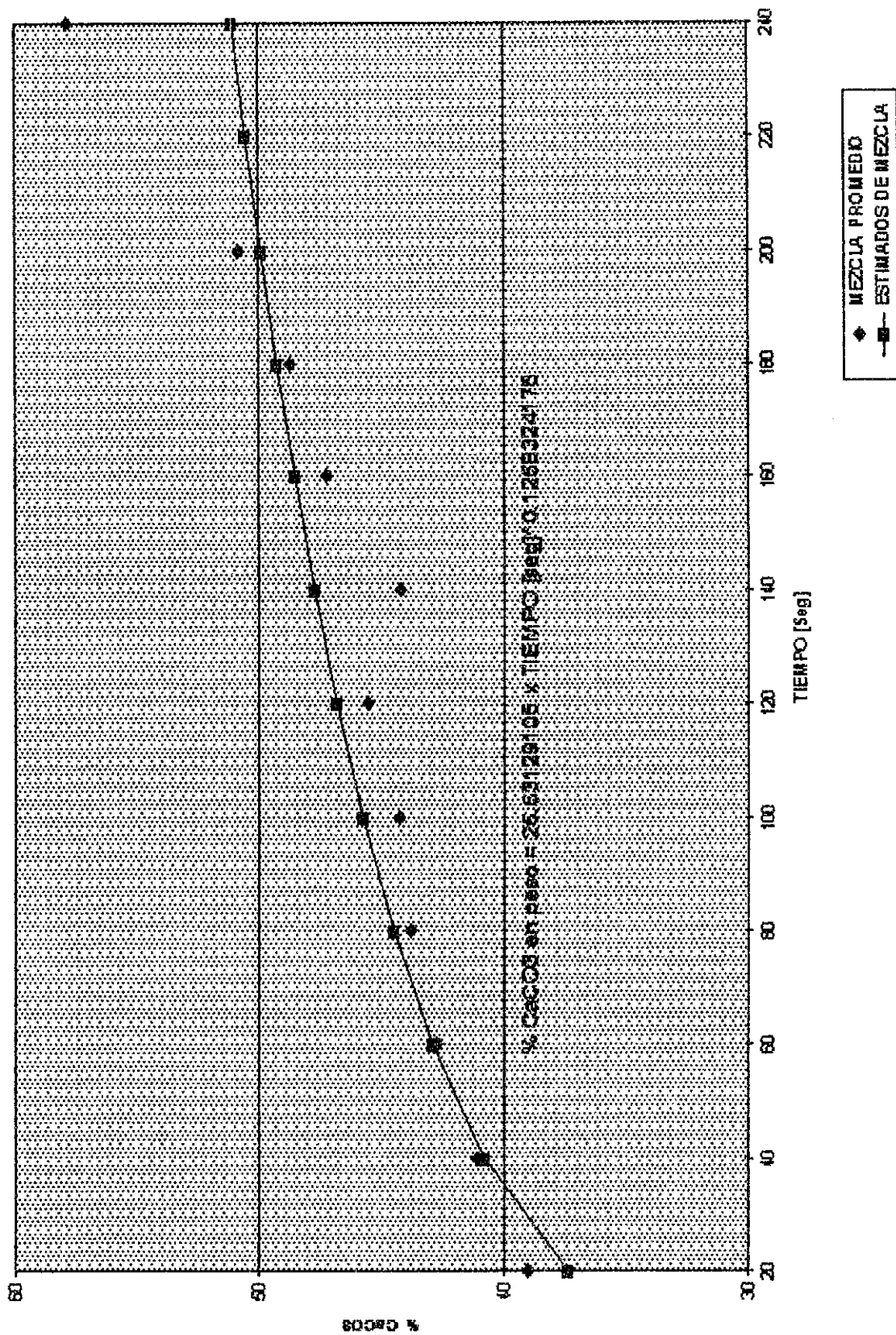
3.

El tiempo óptimo de mezclado para el mezclador piloto segun los indices de mezclado son de 160 segundos. (ver tabla # 1).

4.

El programa de computacion creado en lenguaje pascal está presentado en el apendice 5.

GRÁFICA N. 2
COMPORTAMIENTO DEL MEZCLADOR DE PRODUCCIÓN



GRÁFICA N. 1
COMPORTAMIENTO GLOBAL DEL MEZCLADOR PILOTO

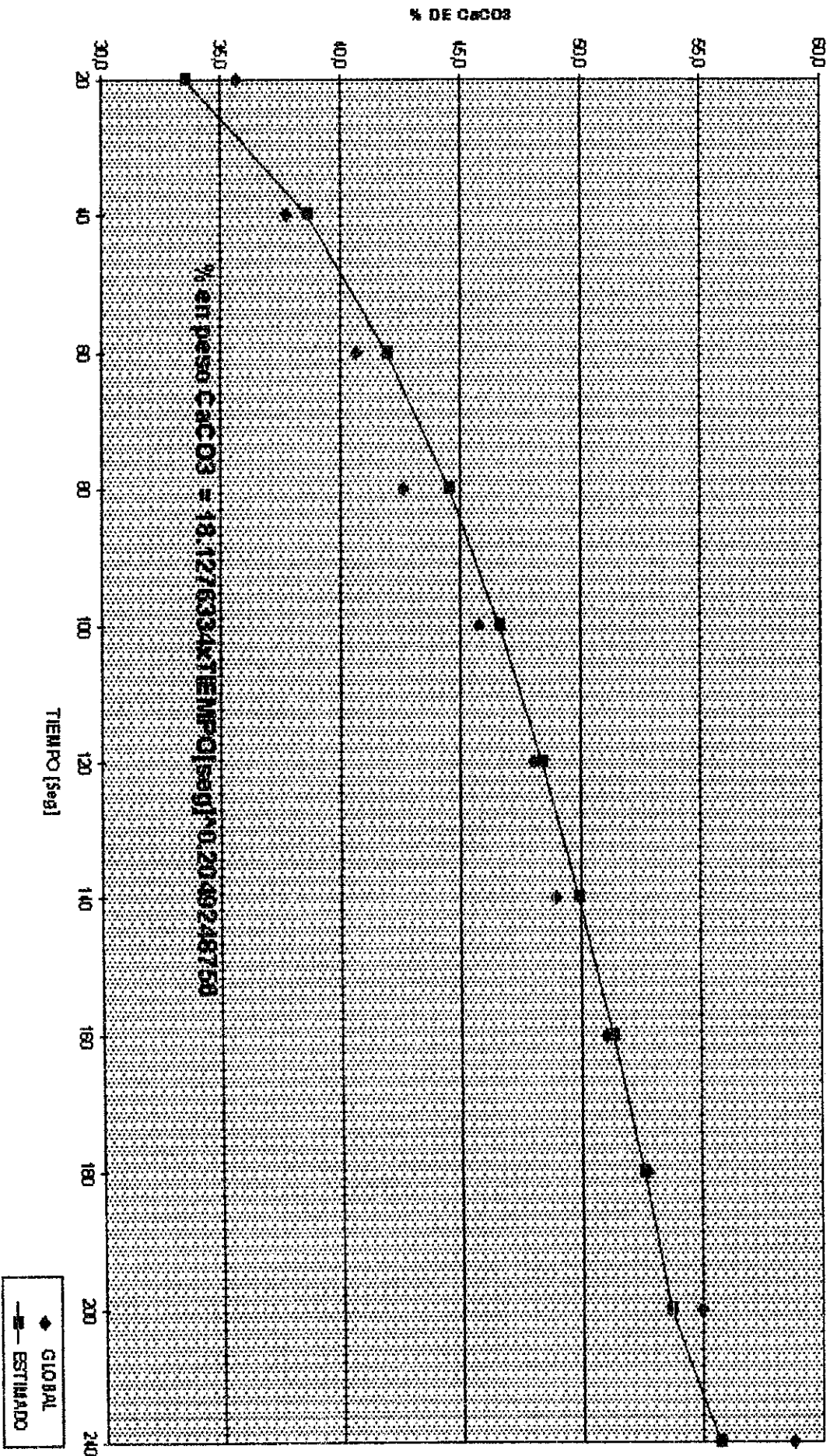


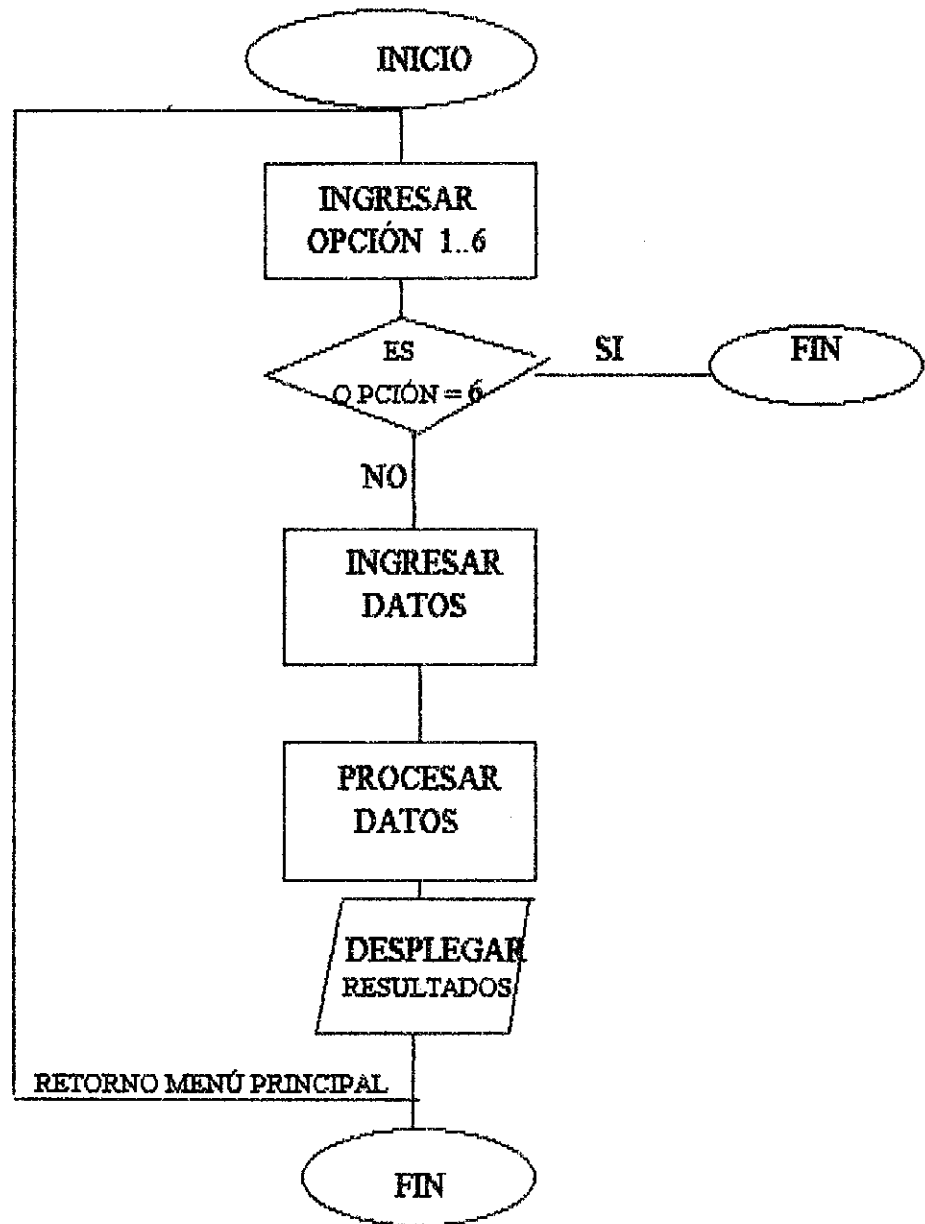
Tabla N. 1

Muestra los resultados obtenidos al utilizar los datos para encontrar los índices de mezclado

TIEMPO	VALORES ESTIMADOS		INDICE DE MEZCLA NORMAL 10%T AL AZAR	INDICE AL AZAR	INDICE AL AZAR	M=σ/a	M=σ/σ	M=s/m	Ln(1-Me) ^(1-M)	K del tiempo
	X MED	DESVIACION ESTANDAR								
20	37,4	2,1213	1,1893	1,76366	40,31	0,0585	0,001344	0,003901488	-0,003901488	-0,003901488
40	40,8	1,2406	1,2578	0,96627	23,57	0,0329	-0,076886	0,004043418	0,004043418	0,004043418
60	42,9	1,6971	1,3667	1,25179	32,25	0,0417	0,004182	-0,000186791	-0,000186791	-0,000186791
80	44,5	4,7706	1,4206	3,35810	90,65	0,1119	0,000447	0,006857777	0,006857777	0,006857777
100	45,8	1,5372	1,5256	1,00765	29,21	0,0366	0,137602	-0,006856628	-0,006856628	-0,006856628
120	46,8	5,5105	1,6018	3,44025	104,71	0,1147	0,000432	-0,000106479	-0,000106479	-0,000106479
140	47,7	0,6196	1,6313	0,37981	11,77	0,0127	-0,001688	2,1752E-05	2,1752E-05	2,1752E-05
160	48,5	0,2828	1,7020	0,16619	5,37	0,0055	-0,001263	-0,000396221	-0,000396221	-0,000396221
180	49,3	1,5556	1,7575	0,66513	29,56	0,0285	-0,009167	0,000392201	0,000392201	0,000392201
200	49,9	0,5667	1,8324	0,30971	10,75	0,0103	-0,001523	5,20542E-05	5,20542E-05	5,20542E-05
240	51,1	5,6510	1,9690	2,68461	107,38	0,0962	0,000558	Kf=	-9,13E-05	-9,13E-05

$\pi = 3,14159$
 $\% \text{ CaCO}_3 = 50$
 $\% \text{ Granillo} = 50$
 Diámetro de partícula de Granillo 106 micrones
 Diámetro de partícula de CaCO_3 75 micrones
 Densidad de la mezcla= 1
 Número de partículas 902646,4149 = N
 $\text{MO} = 1/\text{reiz} (N) = 0,0010525546204$
 $s = (\rho x q / N)^{1/2} = 0,5262731$
 Densidad de Granillo de trigo= 0,77 gir/ml
 Densidad de $\text{CaCO}_3 = 2,8$ gir/ml
 Factor adimensional de vacío ' f ' = 0,25

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA EN GENERAL



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El mezclador piloto se fabrica con datos proporcionales al mezclador de producción tomando en cuenta el tamaño, volumen de llenado y las paletas, y con el objetivo de minimizar los errores al utilizar diferentes mezcladores. las variables que se analizan son el tamaño y el volumen. y las variables que constantes se presentan son los sólidos, el porcentaje en peso de los dos sólidos, el volumen de llenado.

Este trabajo trata de comparar diferentes caminos para un mismo fin. Para explicar mejor esto se puede comenzar con las correlaciones piloto, ya que de ellas se toman la mayor cantidad de datos, es decir, un total de 1530 muestras divididas en 30 corridas con 11 muestras cada una y de estas muestras se dividen en 10 tomas de las cuales se hicieron en 5 puntos diferentes y la última en 1 solo punto, de las cuales se obtienen tendencias y ecuaciones generalizadas. Para comprender mejor estos la gráfica representa el comportamiento de promedios de 30 tablas. (ver la gráfica No. 1,) se obtienen mejores mezclas en los intervalos de 120 A 160 Seg. se puede establecer que el mejor tiempo de mezcla es de 141 segundos. Arriba de estos tiempos se observa que comienza la segregación o sobre mezclado. Con un pequeño procedimiento adicional se pudo encontrar tiempos para una determinada concentración. Para establecer un rango de comparación se tiene que el mezclador de producción no se trabajo con 11 muestras sino con 3 ya que este mezclador cuenta con una capacidad de mezcla 450 Kg. y

realizaron los batch a un intervalo de 2 a 3 meses. Se encuentra que el comportamiento de mezcla del mezclador piloto comparado con el mezclador de producción es parecido, y se observa mejor al comparar las pendientes de la tabla N. 2 Al comparar magnitudes de los datos del mezclador piloto con los obtenidos en el mezclador de producción se puede establecer que el mezclador producción tarda un poco más en llegar a la mezcla óptima. Este intervalo está entre 180 a 220 y el mejor tiempo de mezcla es de 220 segundos, lo cual da una diferencia de 80 segundos o un error del 36%. Para comprender mejor las diferencias se grafican los resultados del mezclador de producción al igual que el del piloto. Se observa que arriba de estos tiempos empieza la segregación o sobremezclado. . Estas diferencias tienen varios fundamentos uno de los cuales es la diferencia de tamaño ya que el piloto es de 5 Kg. de capacidad comparada con 450 Kg. otro es el tiempo de las tomas de muestras ya que en el piloto se trabajo con un intervalo de 10 segundos entre toma y toma, y con el mezclador de producción también pero en el comienzo del movimiento es muy diferente, mover 5 Kg. a mover 450 Kg. Para comprender mejor esto ver la gráfica N. 1 que muestra en comportamiento del mezclador de producción y compararla con la gráfica N. 2. Otro factor son las tomas que se hicieron ya que en el mezclador piloto se trabajan con 5 Kg. de peso inicial en cada corrida finalizando con un peso aproximado de 4 Kg. con 850 gr. o una diferencia del 3%, que comparado con el de producción, comenzó con 450 Kg. y terminó con 449 Kg. y 850 gr. que es una diferencia del 0.30% y por último el método de separación del carbonato de calcio con el del

granillo de trigo. Hay que tomar en cuenta que el carbonato de calcio es soluble en solución ácida pero siempre quedan trozos de este en el granillo de trigo del cual se pesa.

En el índice de mezcla se trabajan con datos de mezclador piloto, con tres índices dos de los cuales son seleccionados al azar. Estos índices asumen que el proceso de mezcla es aleatorio por naturaleza, o sea que las fuerzas que actúan para mover la masas de partículas tienen comportamiento al azar. Y el otro asume que la mezcla adquiere un comportamiento que se ajusta a la distribución normal. para lo cual se tubo necesidad de trabajar con 30 corridas y con una tolerancia del 10 %, esta tolerancia pudo ser fijada con cualquier otra cantidad. Estos índices de mezcla se interpretan en que el tiempo óptimo de mezcla, el índice más pequeño indica la mejor mezcla, ver la tabla No. 1 en donde se muestra que para un tiempo de 160 segundos el índice normal con 10 % de tolerancia y es de 0.16619. Lo que refleja el mejor tiempo para este índice es de 10 % y está dentro del intervalo que fija para mezcla en polvo la institución gubernamental correspondiente. Para los índices al azar con una varianza aleatoria final y el último índice con media y varianza poblacional el mejor tiempo lo refleja en el tiempo de 160 con una magnitud de 0.0055 y 5.3744, respectivamente.

El programa de simulador de mezcla recopila las correlaciones y procedimientos realizador para encontrar valores tanto de índices de mezcla como de concentración del carbonato de calcio y granillo de trigo se divide en dos grupos; El primero, es de cálculo y comparación y el segundo, es de visualización de datos originales.

El grupo de cálculo y comparación del programa se trabaja, con correlación potencial de la forma $[\% \text{concentración de CaCO}_3] = A \times \text{TIEMPO}[\text{Seg}]^B$, donde A y B son constantes de correlación. Al observar los cálculos se obtiene que la expresión que se utiliza para el mezclador piloto se utiliza también para el de producción, esto se puede aclarar debido a que se utiliza la misma concentración y los mismos intervalos para las corridas de cada uno además de que el proceso comienza con la mezcla inicial de llenado, la misma forma para uno como para el otro mezclador. Además, tiene una unidad donde se tomaron datos del mezclador de producción. Esta unidad dentro del programa es utilizada para obtener datos más cercanos a los experimentales de producción.

El programa está diseñado para que sea fácil de cambiar las constantes de correlación y también si la necesidad lo pide de cambiar las ecuaciones utilizadas. esto con el fin de tratar de generalizar un programa en el cual se agregue 3 datos. El primero la ecuación, el segundo las constantes y el tercero las desviaciones. Esto es para cambiar otro tipo de mezcla u otra concentración. claro está que los cambios tienen que ser desde el programa de computación con extensión .PAS en un editor de programa pascal. el utilizado para éste es borlan pascal, versión 6.

CONCLUSIONES

1. *El mezclador piloto obtiene el tiempo óptimo de mezclado en un tiempo más corto que el mezclador de producción.*
2. *Los índices de mezclado, como la teoría de mezclado aleatorio, pueden explicar el comportamiento de un mezclador del cual se están tomando los datos. Así, utilizarlos como simulador para otro mezclador al incurrir en un error del 20 %.*
3. *Es posible determinar el tiempo óptimo de mezcla, en un mezclador gravitacional de producción, y al utilizar programas de computadora basados en correlaciones del mezclador piloto, con un error del 30%.*
4. *El programa creado para simular datos del mezclador de producción obtenido de correlaciones de otro mezclador de las misma características pero de diferentes tamaños e índices aleatorios y normales, pueden utilizarse para establecer rangos de mezclado no así para dar tiempos de mezclado óptimo.*

XII

RECOMENDACIONES

1. *El simulador con tres cambios en sus datos principales, en el programa con extensión .PAS se puede utilizar para otras parejas de datos u otra concentración de estos mismos productos. Estos cambios son en las constante de correlación A y B, la ecuación general $CaCO_3 = A \times TIEMPO^B$ y las desviaciones estandar para los índices de mezcla. Abren el camino para mejores simuladores y bases de datos para otras parejas de los mismos.*
2. *Para las empresas que en sus procesos, utilizan mezcladores de polvo y éstos son en proceso por lote, se necesitan establecer controles en los tiempos de mezclado, y que deseen hacer estudios en estos procesos, crear bases de datos para obtener una mejor fuente de información, con el propósito de obtener un historial de sus lotes, y así poder tomar datos que puedan ser correlacionados en intervalos de tiempo corto.*
3. *Para la Escuela de ingeniería química , laboratorio de ingeniería química se recomiendan incorporar la practica de mezclado de solidos, ya que la mayoría de las empresas Químicas y Farmaceuticas en Guatemala estan utilizando este procesos y son muy pocos las personas con experiencia en este ramo, la mayoría de las empresas utilizan medios empiricos.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PERRY, Robert *et. al.* **Manual del Ingeniero Químico.** 6ta edición, 3era. español,
México: Mc Graw Hill Book, 1,992. p.p. 21,3-21,14
2. SUAZO, Enrique. **Estudio de la eficiencia de mezclado para sistemas de polvos cohesivos, no cohesivos y cohesivos con no cohesivos en un mezclador.**
(tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala)
Guatemala: 1,991. p.p. 2-15, 19-26.
3. VASQUEZ, José. **Estudio de comparación entre el mezclado físico de sólidos granulares y la simulación del proceso en una computadora personal.**
(tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala)
Guatemala: 1,990. p.p. 12-16.
4. McCABE & SMITH. **Operaciones básicas de Ingeniería Química.** 3era edición
España: Editorial Reverte, 1976. p.p. 803-4, 806, 896,
5. HAWLEY, Gessner. **Diccionario de Química y de Productos Químicos.** Nueva Edición
(Revisado por Irving Sax.), España: Ediciones Omega S.A., 1,985. pp 179.
6. MATONS, Augusto. **Diccionario de Agricultura Zootecnia y Veterinaria Salvat !era.**
Edición , Argentina: Salvat editores S.A., 1940. Tomo III. p.p. 555.
7. ROSE, H.E. *et. al.* **The application of the digital computer to the study of some problems in the mixing of powders.** (symposium No. 10.
Instituto químico Engrs. Londres), Inglaterra: 1965. p.p. 61-65.

8. COOKE, M.H. *et. al.* **Second European Conference on Mixing.** 30va. publicación
(Revista Estadounidense de la universidad de Oxford U.K.), Estados Unidos: 1,977. p.p. D3-28 - D3-37
9. KONVALINA, John. **Programación con Pascal.** 7a. edición. México: McGraw Hill, 1992. p.p. 5-8.
10. TORNSDORF, H. **PC para principiantes.** 2da Edición, México: Editorial Computec, 1994. p.p. 1- 22.

XIV

BIBLIOGRAFIA

1. AYRES, Gilbert. **Análisis químico cuantitativo.** 4ta edición, (trad. Perez, Santiago) España: Editorial Harla. 1975. p.p. 745.
2. CARSTENSEN, Jens T. **Pharmaceutics of solids and solid dosage forms.** (Revista estadounidense de interciencia) Estados Unidos: 1977. p.p. 101.
3. COOKE, M.H. *et. al.* **Second European Conference on Mixing.** 30va. publicación
(Revista Estadounidense de la universidad de Oxford U.K.), Estados Unidos: 1,977. p.p. D3-28 - D3-37
4. HAWLEY, Gessner. **Diccionario de Química y de Productos Químicos.** Nueva Edición
(Revisado por Irving Sax.), España: Ediciones Omega S.A, 1,985. pp 179.
5. KONVALINA, John. **Programación con Pascal.** 7a. edición. México: McGraw Hill, 1992. p.p. 5-8.

6. MATONS, Augusto. **Diccionario de Agricultura Zootecnia y Veterinaria**
Salvat. 1era Edición, Argentina: Salvat editores S.A., 1940.
Tomo III. p.p. 555.
7. McCABE & SMITH. **Operaciones básicas de Ingeniería Química**. 3era edición
España: Editorial Reverte, 1976. p.p. 803-4, 806, 896,
8. PERRY, Robert et. al. **Manual del Ingeniero Químico**. 6ta edición, 3era. español,
México: Mc Graw Hill Book, 1,992. p.p. 21,3-21,14
9. ROSE, H.E. et. al. **The application of the digital computer to the study of some
problems in the mixing of powders.** (symposium No. 10.
Instituto químico Engrs. Londres), Inglaterra: 1965. p.p. 61-65.
10. SUAZO, Enrique. **Estudio de la eficiencia de mezclado para sistemas de polvos
cohesivos, no cohesivos y cohesivos con no cohesivos en un mezclador.**
(tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala)
Guatemala: 1,991. p.p. 2-15, 19-26.
11. VASQUEZ, José. **Estudio de comparación entre el mezclado físico de sólidos
granulares y la simulación del proceso en una computadora personal.**
(tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala)
Guatemala: 1,990. p.p. 12-16.
12. TORNSDORF, H. **PC para principiantes**. 2da Edición, México: Editorial Computec,
1994. p.p. 1- 22

XV
APÉNDICES

APÉNDICE 1

ANÁLISIS DEL GRANILLO

ANÁLISIS PROXIMAL

	<i>analizado</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>media</i>
<i>Materia seca</i>	% 12	88	86.3	87.3
<i>Extracto libre de N</i>	% 12	63.9	43.7	54.3
<i>Extracto etereo</i>	% 12	7.1	3.6	5.2
<i>Fibra cruda</i>	% 12	9.4	3.4	6.3
<i>Nitrógeno</i>	% 12	3.45	2.36	2.84
<i>Proteina</i>	% 12	21.6	14.8	17.8
<i>Cenizas</i>	% 12	4.5	2.3	3.6
<i>Calorias</i>	% 12			3.6

MINERALES

<i>Calcio</i>	<i>mg/100g</i>	6	1315	127	683
<i>Fósforo</i>	<i>mg/100g</i>	5	961	203	605
<i>Hierro</i>	<i>mg/100g</i>	5	20.9	9.6	13.3

APÉNDICE 2

Tabla N. 2

Datos promedio del mezclador piloto (cada uno de estos representa 5 datos)

		NÚMERO DE CORRIDAS														
tiem[seg]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
20	36,1	34,2	39,3	33,4	31,9	35,6	32,1	33,1	32,9	35,8	37,3	34,9	31,9	35,6	34,7	
40	37,6	38,7	36,9	35,4	39,7	37,0	38,5	34,5	35,1	37,8	39,1	38,5	33,9	39,1	37,1	
60	39,1	40,1	38,5	40,8	40,8	40,1	39,0	40,0	41,7	42,5	39,4	40,3	36,7	40,8	39,9	
80	42,8	44,9	41,0	42,4	42,9	40,4	40,4	41,7	42,4	44,1	40,6	41,2	40,0	42,7	40,9	
100	42,8	45,1	45,8	45,2	47,8	44,4	41,5	43,4	45,8	48,0	43,1	45,6	44,9	45,1	48,1	
120	48,1	45,9	49,7	46,3	49,8	47,4	47,9	46,2	47,5	50,0	49,1	46,5	47,9	51,3	49,8	
140	49,9	47,4	48,0	47,8	46,1	48,7	50,2	48,9	53,4	47,6	46,8	50,7	48,7	47,6	49,9	
160	52,1	49,8	53,1	49,8	49,7	50,1	53,2	51,9	49,9	51,8	52,7	52,0	48,1	50,0	50,9	
180	53,5	51,7	51,7	52,7	50,5	51,4	55,4	50,5	51,8	55,2	52,9	53,1	55,7	50,3	53,7	
200	58,7	57,1	58,0	55,1	56,9	54,7	59,7	53,4	57,4	55,7	50,7	56,8	53,4	54,7		
240	51,4	55,4	56,1	57,4	58,7	62,5	59,6	52,4	68,2	59,0	57,4	55,0	65,3	58,5	57,5	

NÚMERO DE CORRIDAS

tiem[seg]	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	39,8	35,6	36,6	34,5	34,8	34,1	37,8	37,8	33,9	35,6	36,9	38,1	38,7	38,2	39,1
40	38,7	36,9	37,9	39,0	35,9	37,9	38,5	38,9	35,7	38,7	37,5	39,7	39,1	39,5	39,4
60	41,9	40,6	39,8	38,7	42,4	43,7	40,7	45,8	36,1	41,0	42,1	42,1	42,9	41,2	41,5
80	43,1	43,7	46,8	40,6	43,1	45,8	43,6	42,6	45,0	44,2	41,6	42,3	47,1	44,7	36,0
100	45,6	45,2	48,3	48,1	45,4	43,7	45,6	49,8	49,2	47,0	46,7	44,0	46,9	46,1	45,0
120	48,1	46,6	49,6	48,8	51,2	49,7	49,0	50,0	48,7	48,3	48,2	45,8	45,5	48,4	40,3
140	47,5	49,3	50,0	48,7	46,7	48,5	50,4	51,4	48,7	49,1	49,1	48,2	50,3	47,7	50,8
160	53,0	51,3	51,2	49,1	52,7	50,3	52,1	49,8	52,1	49,9	49,8	50,0	51,4	51,2	51,7
180	53,9	54,1	49,7	52,7	52,4	53,7	52,9	51,9	51,6	51,7	53,7	52,6	53,7	51,3	55,7
200	58,7	46,6	55,9	56,8	51,3	47,9	55,7	46,7	54,7	58,7	50,6	59,1	57,3	50,0	59,5
240	59,2	60,0	59,8	58,6	60,0	60,9	55,4	60,7	56,8	64,2	58,4	68,3	47,3	59,4	59,4

tiem = tiempo en segundos

N. = Número de corrida.

APÉNDICE 3

TABLA DE DATOS ORIGINALES DEL MEZCLADOR DE PRODUCCIÓN.

Tabla N. 3. DATOS PROMEDIO DEL MEZCLADOR DE PRODUCCIÓN

tiempo	% DE CaCO₃		
	Número de	coridas del mezclador	
	1	2	3
20	40,4	36,0	40,6
40	41,4	44,2	37,7
60	43,7	44,7	39,8
80	43,1	43,2	45,2
100	43,7	39,8	49,5
120	47,6	43,0	46,1
140	44,2	41,7	46,9
160	47,5	48,8	45,5
180	51,4	46,1	48,8
200	50,6	51,4	50,5
240	58,4	58,9	56,3

APÉNDICE 4

Tabla No. 4

Tipos de máquinas mezcladoras de sólidos

VOLTEADOR 1	volteador con rompedor interon de aglomerados 2	Artesa o casco estacionario 3	Tanto el casco como el dispo- sitivo interon giran 4	Mezclado por impacto 5	etapas de procesamiento que pueden afectar a la mezcla de solidos 6
Sin desviadores: tambor horizontal o inclinado cono doble..... casco gemelos..... cubo tipo de hongo	Molino de bolas Molino de guijarros Molinos de barras Molino vibratorio de gujarros cono doble casco gemelos cubo	cinta Plataforma estacionaria, torreta gira tornillo vertical rotor simple rotores gemelos turbinas mezcladores de paletas	A contracorriente, la torreta de la maza trituradora y la plataforma gira en dirección opuesta Tipos planetarios	molino de martillos molino de impacto molino de jaula Molino de Chorro Molino de Fricción	llenado de tolbas Fluidificación alimentadores de gujanos carga con transportadore de banda carga por elevador
con desviadores: Tambor horizontal. cono doble en rotacion en torno al eje largo		Turbina Mezcladora de paletas Tamizador (turboatomizar or)			Transportador neumático Vibraciones

APENDICE 5

El ejemplo de como se calculan los resultados en este trabajo estan implícitos en el programa, el cual esta dividido en 5 unidades principales.

PROGRAMA

```
PROGRAM PRICIPAL;  
uses crt,dos,pru_pil,mez_prod,ori_pil,ori_mez,indice;  
var  
res:char;  
begin  
clrscr;  
res:= ' ';  
repeat  
  clrscr;  
  writeln ('ESTAS UNIDADES SON DEL SIMULADOR');  
  writeln ('CÁLCULOS POR MEDIO DEL MEZCLADOR PILOTO.....1');  
  writeln ('CÁLCULOS POR MEDIO DEL MEZCLADOR DE PRODUCCIÓN.....2');  
  writeln ('CÁLCULOS POR MEDIO DE DATOS POR ÍNDICE DE MEZCLA....3');  
  writeln ('ESTAS UNIDADES SON DE VISUALIZACIÓN');  
  writeln ('DATOS ORIGINALES PROMEDIO DE LA PRUEBA PILOTO...4');  
  writeln ('DATOS ORIGINALES PROMEDIO DE PRODUCCIÓN.....5');  
  writeln ('SALIR.....6');  
  gotoxy(60,20);readln(res);  
  case res of  
    '1': PRUEBA_PILOTO;  
    '2': MEZCLADOR_PRODUCCIÓN;  
    '3': ÍNDICE_MEZCLA;  
    '4': ORIGINAL_PILOTO;  
    '5': ORIGINAL_MEZCLADOR;  
  end;  
until res= '6';  
end.
```

En esta unidad se tienen dos procedimientos importantes: el primero, es utilizado para calcular la concentración ingresando el tiempo y el segundo, viceversa se despliegan los datos de ambos procedimientos.

```
UNIT PRU_PIL;
INTERFACE
  Procedure Concentracion_A;
  Procedure Tiempo;
  Procedure Prueba_Piloto;

IMPLEMENTATION
uses crt,dos;

  Procedure Concentracion_A;
  var
  y,CB,x,TIEM,tem,A2,B2:real;
  e:char;
  begin
  A2:=0;B2:=0;x:=0;TIEM:=0;y:=0;CB:=0;
  A2:=18.12763334;
  B2:=0.2049248759;
  clrscr;
  write('INGRESE LA CONCENTRACIÓN DE CaCO3 EN % PESO:');
  read(y);
  CB:=100-y;
  Tem:=(Ln(5.348652484e-9))+6.176031632*Ln(y);
  tiem:=exp(tem);
  writeln('LA CONCENTRACIÓN DEL COMPONENTE B EN % ES: ',CB:2:0);
  writeln('EL TIEMPO DE MEZCLADO PARA ALCANZAR EL MEZCLADO EN
  SEGUNDOS: ',TIEM:2:0);
  writeln('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
  readln(e);
  end;

  Procedure Tiempo;
  var
  x,yt,CB1,x1,A1,B1,x2,x3,A2,B2:real;
  e:char;
  begin
  x:=0;x1:=0;x2:=0;x3:=0;yt:=0;A2:=0;B2:=0;
```

```

A1:=0;B1:=0;CBI:=0;
A2:=18.12763334;
B2:=0.2049248759;
A1:=5.029178268E-9;
B1:=6.191610085;
clrscr;
write ('INGRESE EL TIEMPO DESEADO DE MEZCLA ');
readln(x);
x:=x;
if (x > 19) and (x < 241) then
begin
  x1:=Ln(A2);
  x2:=B2*Ln(x);
  x3:=x1+x2;
  yt:= Exp(x3);
  CBI:=100-yt;
  writeln ('EN ESTE TIEMPO LA CONCENTRACIÓN DE CaCO3 EN % PESO ES =
;yt:2:0);
  writeln ('EN ESTE TIEMPO LA CONCENTRACIÓN DE Granillo EN % PESO ES =
;CBI:2:0);
  writeln ('presione enter para salir');
  readln;
end
else
begin
  gotoxy(20,10);writeln(' el rango de tiempo es de 20 a 240 segundos ');
  gotoxy(20,11);writeln(' por favor intente de nuevo');
  readln;
end;
end;

```

Procedure Prueba_Piloto;

```

var
res:char;
begin
  res:= '';
  repeat
    clrscr;
    writeln ('SABE LA CONCENTRACIÓN DEL COMPONENTE A?.....1');
    writeln ('SABE EL TIEMPO DE MEZCLA ?.....2');
  until res = '1' or res = '2';
end;

```

```

        writeln ('MENÚ PRINCIPAL.....3');
        readln(res);
        case res of
            '1': Concentracion_A;
            '2': Tiempo;
        end;
    until res= '3';
end;
end.

```

En esta unidad se tienen dos procedimientos de importancia: el primero, calcula la concentración del carbonato de calcio al ingresar el tiempo de mezcla y el segundo se calcula el tiempo de mezcla a una determinada concentración. al desplegar los datos en la pantalla.

UNIT MEZ_PROD;

INTERFACE

Procedure Concen_A;
 Procedure Tiempo1;
 Procedure Mezclador_Produccion;

IMPLEMENTATION

uses crt,dos;

Procedure Concen_A;

var

y, CB,tiem,A1,TEMP,B1,A3,B3:real;

e:char;

begin

A1:=0;B3:=0;A3:=0;B1:=0;y:=0;CB:=0;tiem:=0;

A1:=25.63129105;

B1:=0.1258524176;

A3:=6.79349415E-09;

B3:=6.122641384;

clrscr;

writeln ('INGRESE LA CONCENTRACIÓN DE CaCoA EN % PESO:');

readln(y);

y:=y;

IF (y >0) OR (Y<100) THEN

BEGIN

```

CB:= 100-y;
TEMP := Ln(A3) + (B3*Ln(y));
TIEM:= EXP(TEMP);
IF (TIEM > 0) or (TIEM < 1000) then
  BEGIN
    gotoxy(10,5);writeln('LA CONCENTRACIÓN DE Granillo B EN % ES: ',CB:2:0);
    gotoxy(10,6);writeln('EL TIEMPO DE MEZCLADO PARA ALCANZAR EL
      MEZCLADO EN SEGUNDOS: ',TIEM:2:0);
    readln(e);
  end
ELSE
  begin
    gotoxy(20,10);writeln('por favor intente de nuevo con ');
    gotoxy(20,11);writeln('una concentracion adecuada');
  end;
END
ELSE
  begin
    gotoxy(20,10);writeln('por favor intente de nuevo con ');
    gotoxy(20,11);writeln('una concentracion adecuada');
  end;
END;

```

Procedure Tiempo1;

var

x,yt,CB1,x1,x2,x3,A1,B1:real;

e:char;

begin

x:=0;yt:=0;CB1:=0;x1:=0;x2:=0;x3:=0;

A1:=25.63129105;

B1:=0.1258324176;

clrscr;

write('INGRESE EL TIEMPO DESEADO DE MEZCLA EN SEGUNDOS');

readln(x);

x:=x;

if (x > 19) and (x < 241) then

begin

x1:=Ln(A1);

*x2:=B1*Ln(x);*

x3:=x1+x2;

```

yt:= Exp(x3);
CBI:=100-yt;
writeln ('EN ESTE TIEMPO LA CONCENTRACIÓN DE CaCO3 EN % PESO ES =
      ',yt:2:0);
writeln ('EN ESTE TIEMPO LA CONCENTRACIÓN DE Granillo EN % PESO ES =
      ',CBI:2:0);
writeln ('presione enter para salir');
readln;
end
else
  begin
    gotoxy(20,10);writeln(' el rango de tiempo es de 20 a 240 segundos ');
    gotoxy(20,11);writeln(' por favor intente de nuevo');
    readln;
    end;
end;

```

PROCEDURE MEZCLADOR-PRODUCCIÓN;

var

res:char;

begin

res:= ' ';

repeat

clrscr;

writeln ('Esta unidad es del mezclador de produccion');

writeln ('SABE LA CONCENTRACIÓN DE CaCO3 EN % EN PESO....1');

writeln ('SABE EL TIEMPO DE MEZCLA ?.....2');

writeln ('MENU PRINCIPAL.....3');

readln(res);

case res of

'1': concen_A;

'2': tiempo1;

end;

until res= '3';

end;

end.

En esta unidad se calculan, el número de partículas y los tres índices de mezcla así como las desviaciones estándar; además tienen opciones para encontrar tiempo ingresando concentración y viceversa.

```
UNIT INDICE;  
INTERFACE  
uses crt,dos,tabla;
```

```
Procedure Interpolacion(constante:real;flager:integer);  
Procedure Consulta;  
PROCEDURE ÍNDICE-MEZCLA;
```

```
IMPLEMENTATION
```

```
var
```

```
  flo,aa:integer;
```

```
Procedure Interpolacion(constante:real;flager:integer);
```

```
var
```

```
  dif1,dif2,dif3,dif4,dif5,dif6,dif7:real;
```

```
  res1,res2,res3,res4,res5,res6,res7:real;
```

```
  x,cte,con:real;
```

```
begin
```

```
  aa:=flager;
```

```
  x:=constante;
```

```
  dif1:=0;dif2:=0;dif3:=0;dif4:=0;dif5:=0;dif6:=0;dif7:=0;
```

```
  res1:=0;res2:=0;res3:=0;res4:=0;res5:=0;res6:=0;res7:=0;
```

```
  cte:=0;con:=0;
```

```
  if(aa = 1) then begin
```

```
    if (x >= 20) and (x < 40) then begin
```

```
      cte:=(regtabla[2].tiempo - regtabla[1].tiempo);
```

```
      con:=regtabla[1].tiempo;
```

```
      dif1:=(regtabla[2].media - regtabla[1].media)/cte;
```

```
      res1:=regtabla[1].media + dif1*(x-con);
```

```
      dif2:=(regtabla[2].desvstan - regtabla[1].desvstan)/cte;
```

```
      res2:=regtabla[1].desvstan + dif2*(x-con);
```

```
      dif3:=(regtabla[2].Oa - regtabla[1].Oa)/cte;
```

```
      res3:=regtabla[1].Oa + dif3*(x-con);
```

```
      dif4:=(regtabla[2].IndiceN - regtabla[1].IndiceN)/cte;
```

```
      res4:=regtabla[1].IndiceN + dif4*(x-con);
```

```

dif5:=(regtabla[2].inazarM - regtabla[1].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[1].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[2].inazarMr - regtabla[1].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[1].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[2].k - regtabla[1].k)/cte;
res7:=regtabla[1].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Indice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Indice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Indice al azar con varianza aleatoria final εo : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if (x >= 40) and (x < 60) then begin
cte:=(regtabla[3].tiempo - regtabla[2].tiempo);
con:=regtabla[2].tiempo;
dif1:=(regtabla[3].media - regtabla[2].media)/cte;
res1:=regtabla[2].media + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[3].desvstan - regtabla[2].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[2].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[3].Oa - regtabla[2].Oa)/cte;
res3:=regtabla[2].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[3].IndiceN - regtabla[2].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[2].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[3].inazarM - regtabla[2].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[2].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[3].inazarMr - regtabla[2].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[2].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[3].k - regtabla[2].k)/cte;
res7:=regtabla[2].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);

```

```

writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ðo : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if (x >= 60) and (x < 80) then begin
cte:=(regtabla[4].tiempo - regtabla[3].tiempo);
con:=regtabla[3].tiempo;
dif1:=(regtabla[4].media - regtabla[3].media)/cte;
res1:=regtabla[3].media + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[4].desvstan - regtabla[3].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[3].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[4].Oa - regtabla[3].Oa)/cte;
res3:=regtabla[3].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[4].IndiceN - regtabla[3].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[3].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[4].inazarM - regtabla[3].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[3].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[4].inazarMr - regtabla[3].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[3].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[4].k - regtabla[3].k)/cte;
res7:=regtabla[3].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ðo : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;

```

```

end
else
  if (x >= 80) and (x < 100) then begin
    cte:=(regtabla[5].tiempo - regtabla[4].tiempo);
    con:=regtabla[4].tiempo;
    dif1:=(regtabla[5].media - regtabla[4].media)/cte;
    res1:=regtabla[4].media + dif1*(x-con);
    dif2:=(regtabla[5].desvstan - regtabla[4].desvstan)/cte;
    res2:=regtabla[4].desvstan + dif2*(x-con);
    dif3:=(regtabla[5].Oa - regtabla[4].Oa)/cte;
    res3:=regtabla[4].Oa + dif3*(x-con);
    dif4:=(regtabla[5].IndiceN - regtabla[4].IndiceN)/cte;
    res4:=regtabla[4].IndiceN + dif4*(x-con);
    dif5:=(regtabla[5].inazarM - regtabla[4].inazarM)/cte;
    res5:=regtabla[4].inazarM + dif5*(x-con);
    dif6:=(regtabla[5].inazarMr - regtabla[4].inazarMr)/cte;
    res6:=regtabla[4].inazarMr + dif6*(x-con);
    dif7:=(regtabla[5].k - regtabla[4].k)/cte;
    res7:=regtabla[4].k + dif7*(x-con);
    clrscr;
    writeln;
    writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
    writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
    writeln (' Oa : ',res3:0:2);
    writeln (' Indice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
    writeln (' Indice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
    writeln (' Indice al azar con varianza aleatoria final ÷o : ',res6:0:2);
    writeln (' K : ',res7:0:2);
    writeln;writeln;
    write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
    readln;
  end
  else
    if (x >= 100) and (x < 120) then begin
      cte:=(regtabla[6].tiempo - regtabla[5].tiempo);
      con:=regtabla[5].tiempo;
      dif1:=(regtabla[6].media - regtabla[5].media)/cte;
      res1:=regtabla[5].media + dif1*(x-con);
      dif2:=(regtabla[6].desvstan - regtabla[5].desvstan)/cte;
      res2:=regtabla[5].desvstan + dif2*(x-con);
    end
  end
end

```

```

dif3:=(regtabla[6].Oa - regtabla[5].Oa)/cte;
res3:=regtabla[5].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[6].IndiceN - regtabla[5].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[5].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[6].inazarM - regtabla[5].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[5].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[6].inazarMr - regtabla[5].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[5].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[6].k - regtabla[5].k)/cte;
res7:=regtabla[5].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Indice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Indice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Indice al azar con varianza aleatoria final  $\bar{e}_0$  : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if (x >= 120) and (x < 140) then begin
cte:=(regtabla[7].tiempo - regtabla[6].tiempo);
con:= regtabla[6].tiempo;
dif1:=(regtabla[7].media - regtabla[6].media)/cte;
res1:=regtabla[6].media + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[7].desvstan - regtabla[6].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[6].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[7].Oa - regtabla[6].Oa)/cte;
res3:=regtabla[6].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[7].IndiceN - regtabla[6].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[6].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[7].inazarM - regtabla[6].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[6].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[7].inazarMr - regtabla[6].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[6].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[7].k - regtabla[6].k)/cte;

```

```

res7:=regtabla[6].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final eö : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if ( x >= 140 ) and ( x < 160 ) then begin
cte:=(regtabla[8].tiempo - regtabla[7].tiempo);
con:=regtabla[7].tiempo;
dif1:=(regtabla[8].media - regtabla[7].media)/cte;
res1:=regtabla[7].media + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[8].desvstan - regtabla[7].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[7].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[8].Oa - regtabla[7].Oa)/cte;
res3:=regtabla[7].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[8].IndiceN - regtabla[7].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[7].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[8].inazarM - regtabla[7].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[7].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[8].inazarMr - regtabla[7].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[7].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[8].k - regtabla[7].k)/cte;
res7:=regtabla[7].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final eö : ',res6:0:2);

```

```

writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if (x >= 160) and (x < 180) then begin
cte:=(regtabla[9].tiempo - regtabla[8].tiempo);
con:= regtabla[8].tiempo;
dif1:=(regtabla[9].media - regtabla[8].media)/cte;
res1:=regtabla[8].media + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[9].desvstan - regtabla[8].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[8].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[9].Oa - regtabla[8].Oa)/cte;
res3:=regtabla[8].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[9].IndiceN - regtabla[8].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[8].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[9].inazarM - regtabla[8].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[8].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[9].inazarMr - regtabla[8].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[8].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[9].k - regtabla[8].k)/cte;
res7:=regtabla[8].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ão : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if (x >= 180) and (x < 200) then begin
cte:=(regtabla[10].tiempo - regtabla[9].tiempo);
con:= regtabla[9].tiempo;

```

```

dif1:=(regtabla[10].media - regtabla[9].media)/cte;
res1:=regtabla[9].media + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[10].desvstan - regtabla[9].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[9].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[10].Oa - regtabla[9].Oa)/cte;
res3:=regtabla[9].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[10].IndiceN - regtabla[9].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[9].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[10].inazarM - regtabla[9].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[9].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[10].inazarMr - regtabla[9].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[9].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[10].k - regtabla[9].k)/cte;
res7:=regtabla[9].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 %tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ëo : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else begin
if ( x >= 200 ) and ( x <= 240 ) then begin
cte:=(regtabla[11].tiempo - regtabla[10].tiempo);
con:=regtabla[10].tiempo;
dif1:=(regtabla[11].media - regtabla[10].media)/cte;
res1:=regtabla[10].media + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[11].desvstan - regtabla[10].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[10].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[11].Oa - regtabla[10].Oa)/cte;
res3:=regtabla[10].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[11].IndiceN - regtabla[10].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[10].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[11].inazarM - regtabla[10].inazarM)/cte;

```



```

res5:=regtabla[10].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[11].inazarMr - regtabla[10].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[10].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[11].k - regtabla[10].k)/cte;
res7:=regtabla[10].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' MEDIA : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 %tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final εo : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end;
end;
end;
end;

```

```

Procedure InterpolacionM(consta:real;flag:integer);
var
dif1,dif2,dif3,dif4,dif5,dif6,dif7:real;
res1,res2,res3,res4,res5,res6,res7:real;
x,cte,con:real;
begin
aa:=flag;
x:=consta;
dif1:=0;dif2:=0;dif3:=0;dif4:=0;dif5:=0;dif6:=0;dif7:=0;
res1:=0;res2:=0;res3:=0;res4:=0;res5:=0;res6:=0;res7:=0;
cte:=0;con:=0;
if(aa = 2) then begin
if (x >= 37.4) and (x < 40.8) then begin
cte:=(regtabla[2].media - regtabla[1].media);
con:=regtabla[1].media;
dif1:=(regtabla[2].tiempo - regtabla[1].tiempo)/cte;
res1:=regtabla[1].tiempo + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[2].desvstan - regtabla[1].desvstan)/cte;

```

```

res2:=regtabla[1].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[2].Oa - regtabla[1].Oa)/cte;
res3:=regtabla[1].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[2].IndiceN - regtabla[1].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[1].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[2].inazarM - regtabla[1].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[1].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[2].inazarMr - regtabla[1].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[1].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[2].k - regtabla[1].k)/cte;
res7:=regtabla[1].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ëo : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if ( x >= 40.8 ) and ( x < 42.9 ) then begin
cte:=(regtabla[3].media - regtabla[2].media);
con:=regtabla[2].media;
dif1:=(regtabla[3].tiempo - regtabla[2].tiempo)/cte;
res1:=regtabla[2].tiempo + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[3].desvstan - regtabla[2].desvstan)/cte;

```

```

res2:=regtabla[2].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[3].Oa - regtabla[2].Oa)/cte;
res3:=regtabla[2].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[3].IndiceN - regtabla[2].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[2].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[3].inazarM - regtabla[2].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[2].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[3].inazarMr - regtabla[2].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[2].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[3].k - regtabla[2].k)/cte;
res7:=regtabla[2].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ão : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if ( x >= 42.9 ) and ( x < 44.5 ) then begin
cte:=(regtabla[4].media - regtabla[3].media);
con:= regtabla[3].media;
dif1:=(regtabla[4].tiempo - regtabla[3].tiempo)/cte;
res1:=regtabla[3].tiempo + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[4].desvstan - regtabla[3].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[3].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[4].Oa - regtabla[3].Oa)/cte;
res3:=regtabla[3].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[4].IndiceN - regtabla[3].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[3].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[4].inazarM - regtabla[3].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[3].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[4].inazarMr - regtabla[3].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[3].inazarMr + dif6*(x-con);

```

```

dif7:=(regtabla[4].k - regtabla[3].k)/cte;
res7:=regtabla[3].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ão : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if (x >= 44.5) and (x < 45.8) then begin
cte:=(regtabla[5].media - regtabla[4].media);
con:=regtabla[4].media;
dif1:=(regtabla[5].tiempo - regtabla[4].tiempo)/cte;
res1:=regtabla[4].tiempo + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[5].desvstan - regtabla[4].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[4].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[5].Oa - regtabla[4].Oa)/cte;
res3:=regtabla[4].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[5].IndiceN - regtabla[4].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[4].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[5].inazarM - regtabla[4].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[4].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[5].inazarMr - regtabla[4].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[4].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[5].k - regtabla[4].k)/cte;
res7:=regtabla[4].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);

```

```

writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ëo : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
  if (x >= 45.8) and (x < 46.8) then begin
    cte:=(regtabla[6].media - regtabla[5].media);
    con:=regtabla[5].media;
    dif1:=(regtabla[6].tiempo - regtabla[5].tiempo)/cte;
    res1:=regtabla[5].tiempo + dif1*(x-con);
    dif2:=(regtabla[6].desvstan - regtabla[5].desvstan)/cte;
    res2:=regtabla[5].desvstan + dif2*(x-con);
    dif3:=(regtabla[6].Oa - regtabla[5].Oa)/cte;
    res3:=regtabla[5].Oa + dif3*(x-con);
    dif4:=(regtabla[6].IndiceN - regtabla[5].IndiceN)/cte;
    res4:=regtabla[5].IndiceN + dif4*(x-con);
    dif5:=(regtabla[6].inazarM - regtabla[5].inazarM)/cte;
    res5:=regtabla[5].inazarM + dif5*(x-con);
    dif6:=(regtabla[6].inazarMr - regtabla[5].inazarMr)/cte;
    res6:=regtabla[5].inazarMr + dif6*(x-con);
    dif7:=(regtabla[6].k - regtabla[5].k)/cte;
    res7:=regtabla[5].k + dif7*(x-con);
    clrscr;
    writeln;
    writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
    writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
    writeln (' Oa : ',res3:0:2);
    writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
    writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
    writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ëo : ',res6:0:2);
    writeln (' K : ',res7:0:2);
    writeln;writeln;
    write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
    readln;
  end
  else
    if (x >= 46.8) and (x < 47.7) then begin
      cte:=(regtabla[7].media - regtabla[6].media);

```

```

con:= regtabla[6].media;
dif1:=(regtabla[7].tiempo - regtabla[6].tiempo)/cte;
res1:=regtabla[6].tiempo + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[7].desvstan - regtabla[6].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[6].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[7].Oa - regtabla[6].Oa)/cte;
res3:=regtabla[6].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[7].IndiceN - regtabla[6].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[6].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[7].inazarM - regtabla[6].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[6].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[7].inazarMr - regtabla[6].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[6].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[7].k - regtabla[6].k)/cte;
res7:=regtabla[6].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ão : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if ( x >= 47.7 ) and ( x < 48.5 ) then begin
cte:= (regtabla[8].media - regtabla[7].media);
con:= regtabla[7].media;
dif1:=(regtabla[8].tiempo - regtabla[7].tiempo)/cte;
res1:=regtabla[7].tiempo + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[8].desvstan - regtabla[7].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[7].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[8].Oa - regtabla[7].Oa)/cte;
res3:=regtabla[7].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[8].IndiceN - regtabla[7].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[7].IndiceN + dif4*(x-con);

```

```

dif5:=(regtabla[8].inazarM - regtabla[7].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[7].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[8].inazarMr - regtabla[7].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[7].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[8].k - regtabla[7].k)/cte;
res7:=regtabla[7].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ðo : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if (x >= 48.5) and (x < 49.3) then begin
cte:=(regtabla[9].media - regtabla[8].media);
con:=regtabla[8].media;
dif1:=(regtabla[9].tiempo - regtabla[8].tiempo)/cte;
res1:=regtabla[8].tiempo + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[9].desvstan - regtabla[8].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[8].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[9].Oa - regtabla[8].Oa)/cte;
res3:=regtabla[8].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[9].IndiceN - regtabla[8].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[8].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[9].inazarM - regtabla[8].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[8].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[9].inazarMr - regtabla[8].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[8].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[9].k - regtabla[8].k)/cte;
res7:=regtabla[8].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln;
writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);

```

```

writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final  $\bar{e}_0$  : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end
else
if ( x >= 49.3 ) and ( x < 49.9 ) then begin
cte:=(regtabla[10].media - regtabla[9].media);
con:=regtabla[9].media;
dif1:=(regtabla[10].tiempo - regtabla[9].tiempo)/cte;
res1:=regtabla[9].tiempo + dif1*(x-con);
dif2:=(regtabla[10].desvstan - regtabla[9].desvstan)/cte;
res2:=regtabla[9].desvstan + dif2*(x-con);
dif3:=(regtabla[10].Oa - regtabla[9].Oa)/cte;
res3:=regtabla[9].Oa + dif3*(x-con);
dif4:=(regtabla[10].IndiceN - regtabla[9].IndiceN)/cte;
res4:=regtabla[9].IndiceN + dif4*(x-con);
dif5:=(regtabla[10].inazarM - regtabla[9].inazarM)/cte;
res5:=regtabla[9].inazarM + dif5*(x-con);
dif6:=(regtabla[10].inazarMr - regtabla[9].inazarMr)/cte;
res6:=regtabla[9].inazarMr + dif6*(x-con);
dif7:=(regtabla[10].k - regtabla[9].k)/cte;
res7:=regtabla[9].k + dif7*(x-con);
clrscr;
writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
writeln (' Oa : ',res3:0:2);
writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final  $\bar{e}_0$  : ',res6:0:2);
writeln (' K : ',res7:0:2);
writeln;writeln;
write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
readln;
end

```



```

else begin
  if (x >= 49.9) and (x <= 51.1) then begin
    cte := (regtabla[11].media - regtabla[10].media);
    con := regtabla[10].media;
    dif1 := (regtabla[11].tiempo - regtabla[10].tiempo)/cte;
    res1 := regtabla[10].tiempo + dif1*(x-con);
    dif2 := (regtabla[11].desvstan - regtabla[10].desvstan)/cte;
    res2 := regtabla[10].desvstan + dif2*(x-con);
    dif3 := (regtabla[11].Oa - regtabla[10].Oa)/cte;
    res3 := regtabla[10].Oa + dif3*(x-con);
    dif4 := (regtabla[11].IndiceN - regtabla[10].IndiceN)/cte;
    res4 := regtabla[10].IndiceN + dif4*(x-con);
    dif5 := (regtabla[11].inazarM - regtabla[10].inazarM)/cte;
    res5 := regtabla[10].inazarM + dif5*(x-con);
    dif6 := (regtabla[11].inazarMr - regtabla[10].inazarMr)/cte;
    res6 := regtabla[10].inazarMr + dif6*(x-con);
    dif7 := (regtabla[11].k - regtabla[10].k)/cte;
    res7 := regtabla[10].k + dif7*(x-con);
    clrscr;
    writeln (' TIEMPO : ',res1:0:2);
    writeln (' DESVIACIÓN ESTANDAR : ',res2:0:2);
    writeln (' Oa : ',res3:0:2);
    writeln (' Índice normal 10 % tolerancia : ',res4:0:2);
    writeln (' Índice completamente al azar s/m : ',res5:0:2);
    writeln (' Índice al azar con varianza aleatoria final ÷ : ',res6:0:2);
    writeln (' K : ',res7:0:2);
    writeln;writeln;
    write ('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ');
    readln;
  end;
end;

end;
end;

```

```

Procedure Consulta;
var
  o:char;
  concen,tiem:real;
begin
  repeat

```

```

clrscr;
writeln(' desea ingresar tiempo de mezcla.....1 ');
writeln(' desea ingresar concentración % en peso de CaCO3.....2 ');
writeln(' menú principal.....3 ');
readln(o);
if o = '1' then
  begin
    writeln (' ingrese el tiempo dentro del intervalo');
    writeln (' 20,240');
    readln (tiem);
    aa:=1;
    interpolacion(tiem,aa);
    {interpolación de datos de la tabla formada para encontrar
    índice m1, m2, mr y xmed concentración CaCO3, Granillo}
  end;
if o = '2' then
  begin
    writeln('ingrese la concentración de CaCO3 en % peso');
    readln(concen);
    aa:=2;
    interpolacionM(concen,aa);
    {interpolación de datos de la tabla para encontrar índice de
    mezcla m1,m2,mr, tiempo, concentración de granillo que es 100 - concen}
  end;
until (o = '3');
end;

```

PROCEDURE INDICE_MEZCLA;

```

var
  opc:char;
begin
  opc:= '';
  LimpiaVec;
  InitVec;
  repeat
    clrscr;
    flo := 0;
    writeln (' desplegar datos experimentales.....1');
    writeln (' comparar datos con índices de mezcla.....2');
    writeln (' menú principal.....3');
  until (opc = '3');
end;

```

```

        readln(opc);
        case opc of
            '1' : IORIGINAL;
            '2' : CONSULTA;
        end;
    until opc = '3';
end;
end.

```

Esta unidad despliega en pantalla la tabla de resultados, tales como los índices de mezclado, las desviaciones estándar, la media de los datos, y la constante de mezclado de ese intervalo de tiempo.

UNIT tabla;

INTERFACE

type

TABLE = record

tiempo:real;

media:real;

desvstan:real;

Oa:real;

IndiceN:real;

inazarM:real;

inazarMR:real;

LoNa:real;

k:real;

end;

var

regtabla : array [1..11] of TABLE;

PROCEDURE LimpiaVec;

Procedure InitVec;

Procedure Ioriginal;

IMPLEMENTATION

uses crt,dos;

```

regtabla[1].tempo:=20;regtabla[1].media:=35.7;regtabla[1].desvstan:=2.12;
regtabla[2].tempo:=40;regtabla[2].media:=37.7;regtabla[2].desvstan:=1.24;
regtabla[3].tempo:=50;regtabla[3].media:=40.7;regtabla[3].desvstan:=1.70;
regtabla[4].tempo:=80;regtabla[4].media:=42.6;regtabla[4].desvstan:=4.77;
regtabla[5].tempo:=100;regtabla[5].media:=45.8;regtabla[5].desvstan:=1.54;
regtabla[6].tempo:=120;regtabla[6].media:=48.1;regtabla[6].desvstan:=5.51;
regtabla[7].tempo:=140;regtabla[7].media:=48.9;regtabla[7].desvstan:=0.62;
regtabla[8].tempo:=160;regtabla[8].media:=51.1;regtabla[8].desvstan:=0.28;
regtabla[9].tempo:=180;regtabla[9].media:=52.7;regtabla[9].desvstan:=1.56;
regtabla[10].tempo:=200;regtabla[10].media:=55.0;regtabla[10].desvstan:=0.57;
regtabla[11].tempo:=240;regtabla[11].media:=58.8;regtabla[11].desvstan:=5.65;
regtabla[1].Oa:=1.189;regtabla[1].IndiceN:=1.784;regtabla[1].mazarmA:=0.059;
regtabla[2].Oa:=1.258;regtabla[2].IndiceN:=0.986;regtabla[2].mazarmA:=0.033;
regtabla[3].Oa:=1.356;regtabla[3].IndiceN:=1.252;regtabla[3].mazarmA:=0.041;
regtabla[4].Oa:=1.421;regtabla[4].IndiceN:=3.358;regtabla[4].mazarmA:=0.112;
regtabla[5].Oa:=1.526;regtabla[5].IndiceN:=1.008;regtabla[5].mazarmA:=0.034;
regtabla[6].Oa:=1.602;regtabla[6].IndiceN:=3.440;regtabla[6].mazarmA:=0.115;
regtabla[7].Oa:=1.631;regtabla[7].IndiceN:=0.380;regtabla[7].mazarmA:=0.013;
regtabla[8].Oa:=1.702;regtabla[8].IndiceN:=0.166;regtabla[8].mazarmA:=0.006;
regtabla[9].Oa:=1.758;regtabla[9].IndiceN:=0.885;regtabla[9].mazarmA:=0.030;

```

```

begin
Procedure LimpiaVec;

```

```

end;
end;
regtabla[k].k:=0;
regtabla[k].LoMa:=0;
regtabla[k].mazarmA:=0;
regtabla[k].IndiceN:=0;
regtabla[k].Oa:=0;
regtabla[k].desvstan:=0;
regtabla[k].media:=0;
regtabla[k].tempo:=0;

```

```

begin
for k:=1 to 11 do
begin
k:integer;
var
Procedure LimpiaVec;

```

```

regtabla[10].Oa:=1.832;regtabla[10].IndiceN:=0.309;regtabla[10].inazarM:=0.011;
regtabla[11].Oa:=1.959;regtabla[11].IndiceN:=2.885;regtabla[11].inazarM:=0.096;
regtabla[1].inazarMR:=40.308;regtabla[1].LoNa:=0.00134;regtabla[1].k:=-0.003901;
regtabla[2].inazarMR:=23.572;regtabla[2].LoNa:=-0.07669;regtabla[2].k:=0.004043;
regtabla[3].inazarMR:=32.247;regtabla[3].LoNa:=0.00418;regtabla[3].k:=-0.000187;
regtabla[4].inazarMR:=90.649;regtabla[4].LoNa:=0.00045;regtabla[4].k:=0.006858;
regtabla[5].inazarMR:=29.210;regtabla[5].LoNa:=0.13760;regtabla[5].k:=-0.006859;
regtabla[6].inazarMR:=104.708;regtabla[6].LoNa:=0.00043;regtabla[6].k:=-0.000106;
regtabla[7].inazarMR:=11.773;regtabla[7].LoNa:=-0.00170;regtabla[7].k:=-0.000022;
regtabla[8].inazarMR:=5.374;regtabla[8].LoNa:=-0.00126;regtabla[8].k:=-0.000395;
regtabla[9].inazarMR:=29.559;regtabla[9].LoNa:=-0.00917;regtabla[9].k:=0.000382;
regtabla[10].inazarMR:=10.749;regtabla[10].LoNa:=
0.00152;regtabla[10].k:=0.000052;
regtabla[11].inazarMR:=107.378;regtabla[11].LoNa:=0.00056;regtabla[11].k:='';

```

Procedure Ioriginal;

var

i,j:integer;

begin

clrscr;

```

gotoxy(1,2);write('TIEMPO MEDIA DESV. Oa ÍNDICE ÍNDICE ÍNDICE Ln
K ');

```

```

gotoxy(1,3);write(' X ESTANDAR N AZAR M AZAR Mr ');

```

j:=4;

for i:=1 to 11 do

begin

```

gotoxy(1,j);write(regtabla[i].tiempo:0:0);

```

```

gotoxy(9,j);write(regtabla[i].media:0:1);

```

```

gotoxy(16,j);write(regtabla[i].desvstan:0:2);

```

```

gotoxy(25,j);write(regtabla[i].Oa:0:3);

```

```

gotoxy(32,j);write(regtabla[i].IndiceN:0:3);

```

```

gotoxy(39,j);write(regtabla[i].InazarM:0:3);

```

```

gotoxy(48,j);write(regtabla[i].InazarMr:0:3);

```

```

gotoxy(57,j);write(regtabla[i].LoNa:0:5);

```

```

gotoxy(66,j);write(regtabla[i].k:0:7);

```

j:=j+1;

end;

```

gotoxy(3,15);writeln('Numero de particulas N = 902646.4');

```

```

gotoxy(3,16);writeln('% de CaCO3 = 50');

```

```

gotoxy(3,17);writeln('% de Granillo = 50');
gotoxy(3,18);writeln('Diámetro de partícula de CaCO3 en micrones = 106');
gotoxy(3,19);writeln('Diámetro de partícula de Granillo en micrones = 75');
gotoxy(3,20);writeln('Densidad de CaCO3 en gr/ml = 2.8');
gotoxy(3,21);writeln('Densidad de granillo en gr/ml = 0.77');
gotoxy(3,22);writeln('Densidad de la mezcla en gr/ml = 1.7');
gotoxy(3,23);writeln('fracción de vacío para un lecho del tipo de partículas de mezcla
"f" = 0.25');
gotoxy(3,24);writeln('K = 0.0000913056');
gotoxy(30,25);write('PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR');
readln;
end;

end.

```

En esta unidad se despliegan los datos originales del mezclador piloto.

UNIT Ori-Pil;

INTERFACE

Procedure Original-Piloto;

IMPLEMENTATION

uses crt,dos;

PROCEDURE ORIGINAL-PILOTO;

var

opc:char;

i,j,S:integer;

n,granillo:real;

vect : array [1..11] of real;{mezclador de producción}

tiemp: array [1..11] of integer;{tiempo de mezcla}

begin

i:=0;

n:=0;

opc:= ' ';

vect[1] := 35.7; {este vector es del mezclador piloto}

vect[2] := 37.7;

vect[3] := 40.7;

```

vect[4] := 42.6;
vect[5] := 45.8;
vect[6] := 48.1;
vect[7] := 48.9;
vect[8] := 51.1;
vect[9] := 52.7;
vect[10] := 55.0;
vect[11] := 58.0;
S:=0;
for i:= 1 to 10 do
begin
  S:=S+20;
  tiemp[i]:= S {este es el vector del tiempo}
end;
tiemp[11]:= 240;
clrscr;
opc:=' ';
clrscr;
gotoxy(10,5);writeln('TIEMPO % CaCO3 (mesh 200) % GRANILLO (mesh 150) ');
{      tiemp[i]      vect1[i]      100-vect1[i]}
j:=7;
for i:= 1 to 11 do
begin
  gotoxy(12,j); write(tiemp[i]);{es el tiempo}
  gotoxy(22,j); write(vect[i]:0:2);{(vector de CaCO3)}
  n:=vect[i];
  granillo := 100 - n;
  gotoxy(47,j); write(granillo:0:2);
  j:=j+1;
end;
gotoxy(20,25);writeln('Presione Enter para Continuar');
readln;
readln
end;
end.

```

En esta unidad se despliegan en pantalla los datos originales del mezclador de producción.

```

UNIT Ori_mez;
INTERFACE

```

```
PROCEDURE ORIGINAL-MEZCLADOR;
```

```
IMPLEMENTATION
```

```
uses crt,dos;
```

```
PROCEDURE ORIGINAL-MEZCLADOR;
```

```
var
```

```
opc:char;
```

```
i,j,S:integer;
```

```
n,granillo:real;
```

```
vect1: array [1..11] of real;{mezclador de producción}
```

```
tiemp: array [1..11] of integer;{tiempo de mezcla}
```

```
begin
```

```
vect1[1] := 39.0; {este vector es del mezclador de producción}
```

```
vect1[2] := 41.4;
```

```
vect1[3] := 42.9;
```

```
vect1[4] := 43.8;
```

```
vect1[5] := 44.2;
```

```
vect1[6] := 45.4;
```

```
vect1[7] := 44.2;
```

```
vect1[8] := 47.2;
```

```
vect1[9] := 48.9;
```

```
vect1[10] := 50.8;
```

```
vect1[11] := 57.9;
```

```
S:=0;
```

```
for i:= 1 to 10 do
```

```
begin
```

```
S:=S+20;
```

```
tiemp[i]:= S {este es el vector del tiempo}
```

```
end;
```

```
tiemp[11]:= 240;
```

```
clrscr;
```

```
opc:=' ';
```

```
clrscr;
```

```
gotoxy(10,5);writeLn ("TIEMPO % CaCO3 mesh 200 % GRANILLO mesh 150 ");
```

```
{      tiemp[i]      vect1[i]      100-vect1[i]}
```

```
j:=7;
```

```
for i:= 1 to 11 do
```

```
begin
```

```
gotoxy(12,j); write(tiemp[i]);{es el tiempo}
```

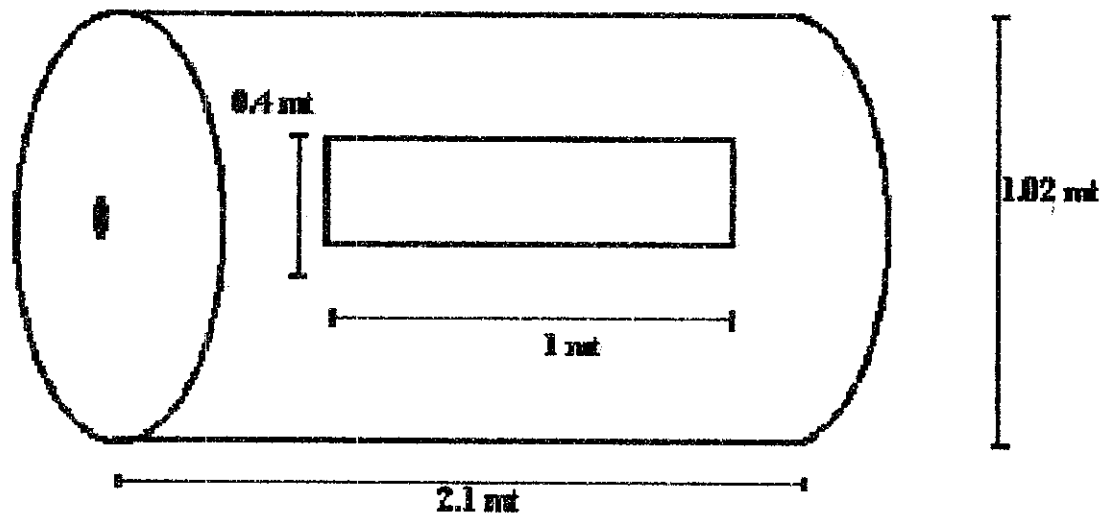


```
gotoxy(22,j); write(vect1[i]:0:2);{(vector de CaCO3)}  
n:=vect1[i];  
granillo := 100 - n;  
gotoxy(47,j); write(granillo:0:2);  
j:=j+1;  
end;  
gotoxy(20,25);writeln("Presione Enter para Continuar");  
readln;  
readln  
end;  
  
end.
```

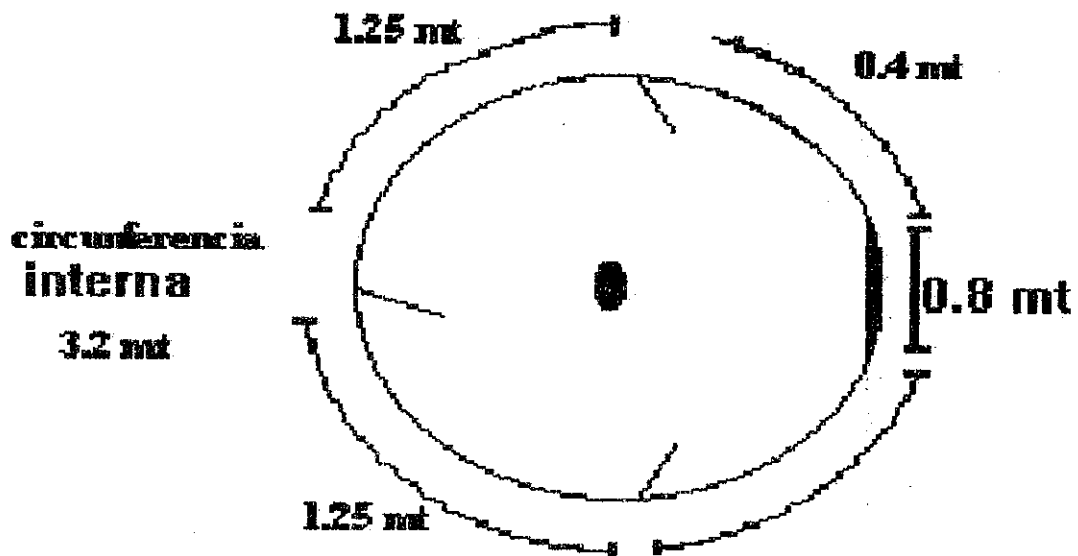
APÉNDICE N. 6

Descripción del mezclador de producción,

Dimensiones exteriores: Volumen = 1.73 m^3



Distribución interna del mezclador de producción:

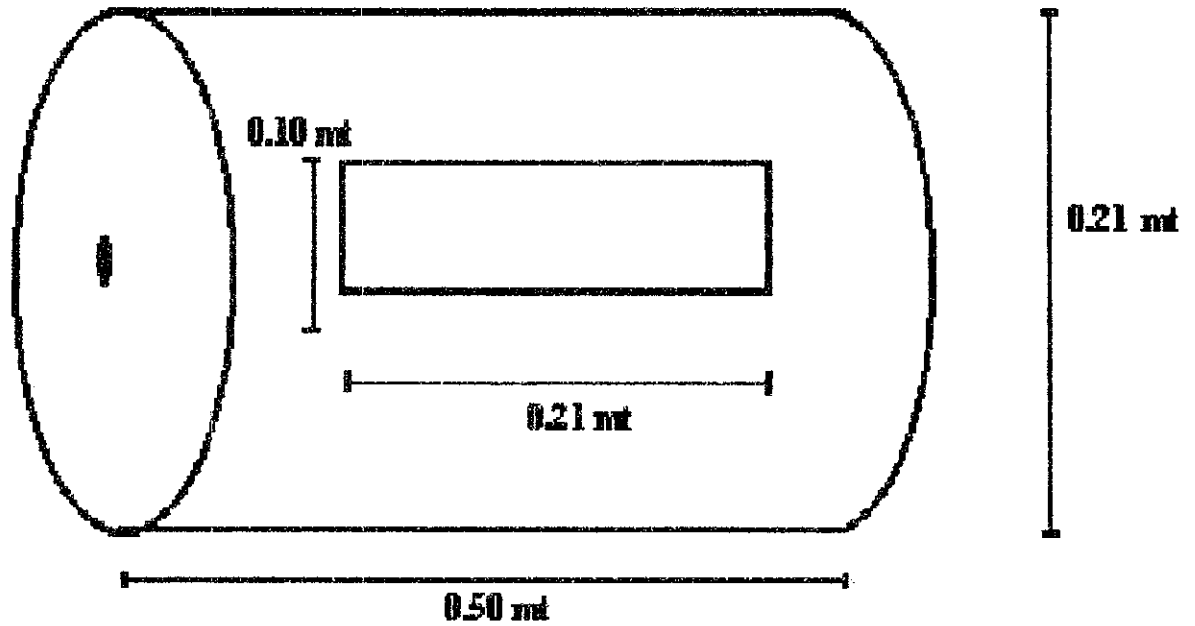


Dimensiones de la paleta en el interior del mezclador:

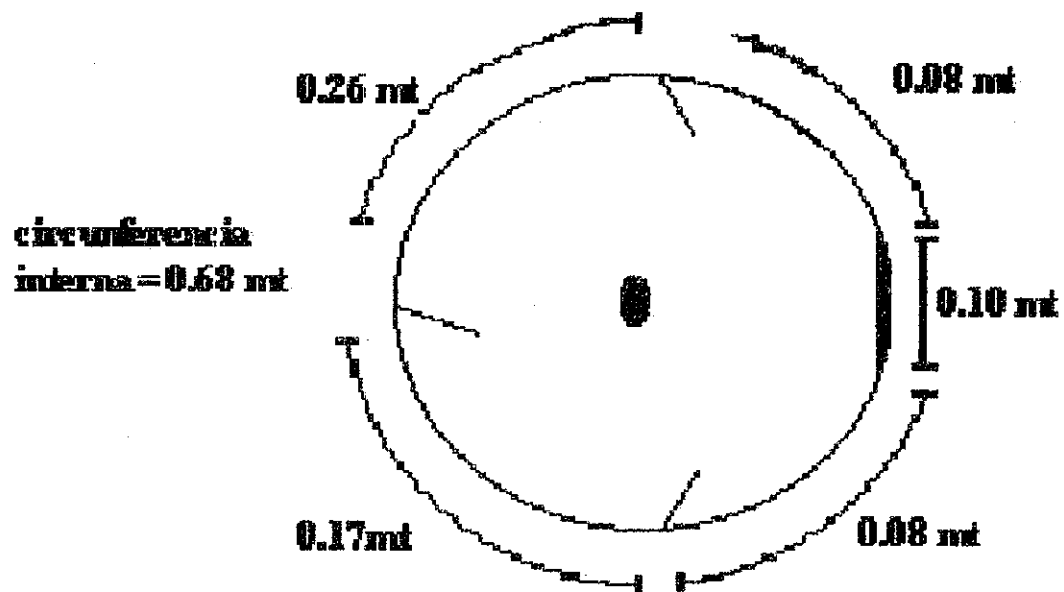


Descripción del mezclador piloto :

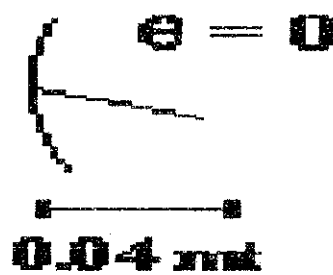
Dimensiones externas del mezclador : *volumen 17.3 litros*



Distribución interna del mezclador piloto :



Dimensiones de la paleta en el interior del mezclador piloto :



APÉNDICE N. 7

GRÁFICA N. 3
 $\ln(1-M_0)(1-M)$ vs TIEMPO

