

00550

17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS QUIMICAS

CARACTERIZACION, CALIBRACION Y VALIDACION DE SISTEMAS QUE REQUIEREN UN Estricto CONTROL EN LA TEMPERATURA QUE SON UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

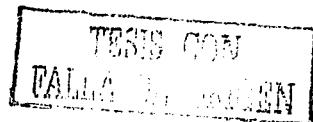
Q.F.B. BLANCA ESTELA MADRID GARRIDO

TUTOR: DRA. ANGELES OLVERA TREVIÑO



ENERO 2003

A





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS


Esta tesis es la culminación de muchos años de esfuerzo, trabajo y experiencia profesional, porque sin ese aprendizaje no hubiera tenido el criterio técnico y académico para poder resolver los problemas presentados durante su elaboración.

A CONACYT por otorgarme la beca-préstamo para estudiar la Maestría y porque confiaron en mi como estudiante capaz de hacer un posgrado.

A la Facultad de Química de la UNAM por regalarme la experiencia y conocimientos de los académicos e investigadores altamente calificados que ha formado durante décadas y que seguirá formando.

A mi tutora de Tesis la Dra. Angeles Olvera Treviño por inducirme a comprender la importancia de la metrología y poder confiar en los resultados de los experimentos físicos, químicos o biológicos. Así como también por proporcionarme los equipos y materiales para poder realizar el trabajo experimental.

A la Dra. Silvia Tejada[†] por proporcionarme lo necesario para poder completar este trabajo y sé que desde donde se encuentre, valora el esfuerzo realizado debido a que fue testigo de las complicaciones que presentó su equipo para poder ser calificado.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Bianca Estela MacInd
Garrido
FECHA: 27 Enero 2003
FIRMA: 

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dedico este trabajo al experto en diseñar y hacer funcionar sistemas Bioquímicos tan complejos como los que se llevan a cabo dentro de todo ser viviente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lugar donde se realizó la tesis: Laboratorio de Metrología localizado en el edificio "A" de la Facultad de Química, Ciudad Universitaria y Laboratorio de Físicoquímica de la División de Estudios de "Posgrado en el edificio "B" de la Facultad de Química, Ciudad Universitaria.

Asesor: M.C. Angeles Olvera Treviño quien es Coordinadora del Laboratorio de Metrología

0

TESIS CON
EL PALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

SUMMARY	
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. BASES TEORICAS	3
1.RTD	4
2.TERMOPARES	4
3.VALIDACIÓN	
3.1 PROSPECTIVA	7
3.2 RESTROSPECTIVA	7
3.3 CONCURRENTE	7
3.4 REVALIDACION	8
4. ESTERILIZACION	8
4.1 METODOS DE ESTERILIZACIÓN	9
4.2 MICROBIOLOGIA DEL PROCESO	10
4.2.1 PERFILES CONTAMINANTES	10
4.2.2 INDICADORES BIOLÓGICOS	10
4.2.3 MUERTE MICROBIANA	11
5. DISEÑO DEL AUTOCLAVE	12
6. VALIDACION DEL PROCESO	14
7. INCERTIDUMBRE	18
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
IV. OBJETIVOS	24
V. HIPÓTESIS	25
VI. DISEÑO EXPERIMENTAL	26
PROTOCOLO CARACTERIZACION DE LA FUENTE DE TEMPERATURA	26
PROCEDIMIENTO USO DEL KAYE 140 LTR Y RTD	31
PROCEDIMIENTO CARACTERIZACION DE LA FUENTE DE TEMPERATURA KAYE 140 LTR	33
VERTICAL	35
HORIZONTAL	39
INCERTIDUMBRE	39

VII. RESULTADOS	40
POZO NO.2 (10, 20, 37, 50, 70, 100, 120 , 140°C)	40-43
POZO NO.5 (IDEM)	44-47
POZO NO.1 (IDEM)	48-51
POZO NO.6 (IDEM)	52-55
POZO NO.3 (IDEM)	56-59
POZO NO.4 (IDEM)	60-63
TABLAS, GRAFICAS Y ANADEVA C. VERTICAL	64-93
TABLAS DE LA CARACTERIZACION HORIZONTAL	94-103
RESULTADOS DE ANADEVA	104-108
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION	109
IX. CALIBRACIÓN DE LOS TERMOPARES	
PROCEDIMIENTO	114
CALCULO DE INCERTIDUMBRE	116
X. RESULTADOS	117
INFORME DE LA CALIBRACION	129-140
DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA CALIBRACION	141
XI. VALIDACIÓN DE LA AUTOCLAVE	
PROCEDIMIENTO	142
DEFINICIÓN DEL PATRON DE CARGA	146
RETO MICROBIOLÓGICO	146
DATOS TÉCNICOS DE LAS ESPORAS	147
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	147
CALCULO DE INCERTIDUMBRE	148
XII. RESULTADOS	150-190
PROBLEMAS Y SOLUCION	191
DISCUSIÓN DE REUSULTADOS DE LA VALIDACIÓN DEL PROCESO DE ESTERILIZACION	192
CONCLUSIONES	193
BIBLIOGRAFÍA	196

SUMMARY

In order to carry out this experimental job, it is necessary to define a traceability chain beginning with the calibrated RTD having traceability recognized by the CENAM (Centro Nacional de Metrología). From this required fact, we may begin with the temperature source characterization.

To carry out this characterization (we mentioned in several occasions temperature bath or simply bath). We must consider several heights inside this bath, from bottom through the bath surface.

The considered heights were the following: 0,1,2,3,5,7,9,11,13,15 and 17.7 centimeters. At every individual height the following temperature readings were taken, 10,20,37,50,70,100,120 and 140 °C. This was carried out for every one of the six individual wells.

With every obtained result a statistical treatment must be carried out in order to determine the optimal height to install every temperature sensor and their respective temperature reference. We also decided the reference well to install the temperature reference (RTD). Finally we calculate the temperature uncertainty. Once the bath behavior is determined, we must discuss the obtained results.

Once the above mentioned is defined, we continued with the temperature sensors calibration or thermocouples (T type) used during the sterilization validation. We must also have a discussion of every result obtained during process.

To carry out the sterilization process validation in the autoclave, we must first calibrate every measuring device it contains e. g. manometers, in order to assure every reading confidence.

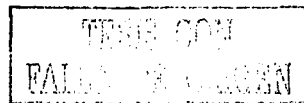
We must carry out several runs of every studied cycle to make the process familiar to us. We installed calibrated thermocouples into the sterilization chamber at different heights in order to monitor the inside temperature, we carry out three runs with the empty chamber, three runs with a maximum load.

Every autoclave run, must be defined by the analyst and every run should be as typical as possible. Every temperature must be registered and the microbiological challenge must be carried out at maximum load.

The parameter F_0 must be calculated and in accordance to an acceptance criteria, we must decide if the autoclave fulfills each and every design criteria. We must also calculate the uncertainty of every measurement made.

When we detect after calibration or qualification an equipment or instrument that has a non-satisfactory behavior we must be very careful when we analyze the data obtained. We must decide between making this device obsolete or if this still available to work with it.

If it still usable this equipment or instrument should be adjusted or recalibrated in order to be available for use, otherwise this equipment should be discarded from inventory and you should document the reasons to be registered into a historical document to avoid future similar problems in an equipment or instrument.



RESUMEN

Para poder hacer real este trabajo es necesario hacer una cadena de trazabilidad que empezó con el RTD calibrado con trazabilidad al Centro Nacional de Metrología (CENAM) y de aquí parte la caracterización de la Fuente de Temperatura.

Para llevar a cabo la caracterización de la fuente de temperatura, (en distintas ocasiones la mencionó como "baño de temperatura" o simplemente "baño") se consideran diferentes alturas dentro del baño, que van desde el fondo hasta la superficie, las alturas son las siguientes: 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 17,7 cm. En cada altura se miden diferentes temperaturas las cuales van desde 10, 20, 37, 50, 70, 100, 120 y 140 °C esto se realiza para cada uno de los seis pozos.

Con los resultados obtenidos se realiza un tratamiento estadístico se analizan los datos y se determina cual es la altura óptima para la colocación de sensores y el patrón de temperatura., también se decide el pozo patrón en el cual se coloca el patrón de temperatura (RTD), finalmente se calcula la incertidumbre. Una vez analizado el comportamiento del baño se obtiene una discusión de resultados

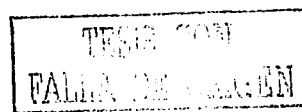
Definido lo anterior, se continúa con la calibración de los sensores de temperatura o termopares que son tipo "T" que se utilizan durante la validación del autoclave, se reporta en su informe de calibración su incertidumbre. También se obtiene una discusión de resultados.

Para realizar la validación del proceso de esterilización del autoclave, es necesario primero calibrar los instrumentos de medición que contenga, como son los manómetros para asegurar la lecturas de las mediciones. Se realizan bastantes corridas con el ciclo que es estudiado para familiarizarse con el equipo.

Se colocan los termopares ya calibrados dentro de la cámara de esterilización a diferentes alturas para monitorear la temperatura dentro de ella, se realizan tres corridas con la cámara vacía, tres corridas con la cámara a carga mínima y tres corridas con carga máxima en cada corrida el patrón de carga lo define el analista y éste debe ser lo mas representativo posible de lo usado normalmente. Se registra la temperatura y se realiza el reto microbiológico a carga máxima.

Se calcula el parámetro F_0 y de acuerdo al criterio de aceptación, se decide si la autoclave cumple con los fines para la cual fue diseñada o no. Se calcula también la incertidumbre para estas mediciones.

Cuando un instrumento o equipo después de calibrarse o calificarse se detecta que éste no es apto, se requiere ser muy cuidadoso al analizar y decidir si se da de baja o aún tiene reparación; para después hacer el ajuste y recalibración para seguir vigente; de no ser así es posible darlo de baja del inventario, documentando claramente las razones para que se quede como un antecedente y en el futuro evitar dar de baja un instrumento o equipo por el mismo motivo.



CAPITULO I

INTRODUCCION

CARACTERIZACION, CALIBRACION Y VALIDACION DE SISTEMAS QUE REQUIEREN UN ESTRICTO CONTROL EN LA TEMPERATURA QUE SON UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA.

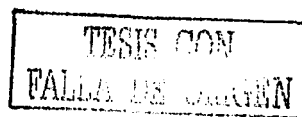
En cualquier tipo de industria es fundamental caracterizar equipos, calibrar instrumentos y validar procesos para asegurar las mediciones, mantener el sistema de calidad vigente, (sea GMP, BPF, ISO, QS) para que el producto o artículo cumpla con las especificaciones y atributos de calidad requeridos y se logre ser altamente competitivos a nivel nacional e internacional.

En la Industria Farmacéutica las Buenas Practicas de Fabricación (BPF en México o las GMP en USA) con las entidades regulatorias Secretaría de Salud (SSA) o Food Drug Administration (FDA) y la Parenteral Drug Administration (PDA) en sus Monografías Técnicas han recomendado que deben validarse los procesos, calificarse los equipos y calibrarse los instrumentos y sensores. Por lo cual surge la necesidad de validar el proceso de esterilización, caracterizar fuentes de temperatura, calibrar patrones de temperatura estableciendo así Sistemas de Calidad capaces de asegurar la calidad del medicamento.¹

Esta tesis está dirigida hacia la demostración de que cualquier sistema es confiable reproducible y respetable cuando matemáticamente se demuestra su validez. Para lograr lo anterior el sistema es estudiado, plenamente conocido y probado bajo las mismas condiciones para que se comporte de la misma manera en cada caso y una vez estando bajo control, los datos obtenidos sean procesados con modelos estadísticos.

Consta de la introducción, fundamentos teóricos, objetivos, hipótesis, planteamiento del problema y desarrollo de los temas. Se divide en tres secciones que son la Caracterización de la fuente de temperatura (horizontal y vertical), la Calibración de los Sensores de Temperatura y la Validación del Proceso de Esterilización que se abordarán por separado. Incluye también protocolos, procedimientos de trabajo, resultados con su discusión para cada sección, conclusiones generales y bibliografía que avala las bases teóricas. Los Procedimientos están elaborados de acuerdo al formato indicado en la norma ISO 9000.

Además los problemas presentados durante la validación del proceso de esterilización, se indica la manera de solucionarlos, las aportaciones y lo novedoso y valioso del trabajo, así como las perspectivas y aplicaciones en otras áreas.



CAPITULO II

BASES TEORICAS

A continuación se mencionan algunas definiciones para poder entender mejor los conceptos de cada sección porque a veces son términos que se usan indistintamente y que sin embargo deben ser usados correctamente.

Caracterizar: Determinar los factores afectan los resultados o la respuesta. El siguiente paso lógico es determinar qué región de los factores importantes conduce a una respuesta óptima ²⁴

Calibrar: Es la comparación de las lecturas de la magnitud del instrumento con las lecturas del patrón, para conocer la desviación y después aplicar la corrección a la lectura y su incertidumbre. Los instrumentos y sensores se calibran, cualquier instrumento que tenga escala se calibra.

Calificar: Determinar si un equipo es apto para ser utilizado para lo cual fue diseñado, los resultados deben ser consistentes, confiables y reproducibles bajo las mismas condiciones.

Termopar: Es un sensor de temperatura, confiable y versátil construido uniendo dos alambres de composición distinta formando un ensamble, que a su vez están dentro de una vaina o tubo que lo protege frente a la corrosión y a las agresiones fisicomecánicas. ¹⁶

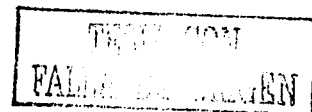
Incetidumbre: es la duda que existe respecto del resultado de una medición. En toda medición, aún en las mas cuidadosas, existe siempre un margen de duda.

RTD: Resistance Temperatura Detector es un dispositivo de alta precisión analógico/digital y conversión electrónica en la punta tiene un sensor de platino que por medio de alambres muy delgados transportan la señal al convertidor A/D en la vaina. Va conectado a una computadora. ¹⁴ Es el patrón de temperatura con trazabilidad hacia el CENAM

Validar: Es la evidencia documentada de que un proceso, método o sistema son consistentes, repetibles y reproducibles. Es identificar variables y controlarlas.

Certificar: Asegurar que un organismo o sistema cumplen con los requisitos para poder emitir un veredicto confiable y seguro.

Trazabilidad: Característica que implica relación con estándares (patrones) o materiales de referencia a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones sucesivas en las que la calibración juega un papel preponderante. La cadena implica una secuencia completa de comparaciones.



1. RTD (RESISTANCE TEMPERATURE DETECTOR)

El RTD es un dispositivo altamente preciso para medidas de temperatura, utilizado en Metrología como patrón secundario para hacer calibraciones; contiene un convertidor electrónico con tablero Analógico/Digital, lo que hace que se puedan obtener valores directamente en la computadora.

En el interior delgados alambres se extienden desde el sensor de platino que está en la punta hasta el convertidor A/D localizado en la vaina. La microcomputadora toma la medida de resistencia y la corrige de acuerdo a los coeficientes de calibración almacenados en la memoria y los convierte a lecturas de temperatura.

Es manufacturado con una tecnología muy sofisticada lo cual lo hace altamente costoso pero a la vez proporciona varios años de vida útil. El RTD es pre-calibrado de fábrica para resistencia, usando resistores altamente precisos y después para temperatura por comparación.

Tiene su propio sistema operativo y su programa, tan pronto como se encienda corre por sí mismo y está listo para enviar datos a la computadora. Su software está en BASIC.

Debe ser cuidadosamente empacado para prevenir daños durante el transporte para su calibración.

La calibración se realiza cada año en el CENAM o en laboratorios acreditados en temperatura.

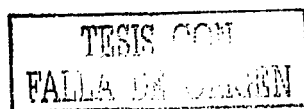
El RTD es el primer eslabón de la cadena de trazabilidad para iniciar con la caracterización de la fuente de temperatura.¹⁴

2. TERMOPARES¹⁶

Un termopar es un sensor de temperatura simple, confiable y versátil construido uniendo dos alambres de composición distinta formando un ensamble. Cuando un termopar se conecta a un sistema de referencia y medición, la salida indicada es una función única de la temperatura del ensamble. Para el caso del tipo "T", (que son los que se utilizan para la validación del proceso de esterilización) son cobre color azul y constantano color rojo unidos por una cubierta de plástico transparente, se conectan al equipo que va registrando la señal en temperatura llamado Digistrip III.

Calibrar explicado anteriormente significa comparar con un estándar. Por lo tanto la lectura de los termopares se compara contra la lectura de temperatura del RTD (Resistance Temperatura Detector) y se obtiene la incertidumbre de estas mediciones.

Los termopares se calibran antes y después de validar la autoclave, para asegurar la concordancia de las mediciones durante las corridas de validación.



Los termopares son los sensores mas satisfactorios para conducir los estudios de penetración de calor y distribución de temperatura durante la validación.

La temperatura es la propiedad mas frecuente usada en los procesos industriales, y los termopares los sensores mas usados cuando se registra o se controla la temperatura. La principal razón para elegir los termopares es que son mas confiables y menos caros que otros sensores de temperatura que tienen salida eléctrica. Su exactitud debe ser ± 0.5 °C.

Es práctica corriente utilizar los termopares teniendo en cuenta solo el intervalo de temperatura en la que actúan, sin pensar en las características fisicoquímicas de la atmósfera o medio donde deberán actuar. No solo es necesario pensar en el comportamiento de los termoelementos cuando trabajan en ambientes adversos, es preciso también analizar la respuesta en estos medios de la cubierta protectora y de los aislantes de relleno.

Además de una buena elección del termopar idóneo para unas condiciones determinadas es necesario dotarlos de una protección auxiliar, necesitando de una vaina o tubo que la proteja doblemente, frente a la corrosión y frente a las agresiones fisicomecánicas. Se clasifican en tubos protectores mecánicos (aceros al carbón, aceros inoxidable ferríticos), y contenedores especiales (cuando el termopar está sujeto a altas presiones: tubos cerámicos, tubos mixtos metal – cerámicos).

Otro dato interesante en la protección de los termopares es el aislamiento de los hilos. Estos materiales aislantes deben poseer una serie de características, dependiendo del tipo de vaina, termopar y rango de temperatura de trabajo. A temperaturas bajas tienen un buen comportamiento productos como algodón, nylon, teflón, poliamida, polivinilo y algunas mezclas de teflón y fibra de vidrio o fibra de vidrio y barniz de silicona, frente a agentes agresivos físicos y químicos, en campo de temperatura máximas, que va desde los 95°C para el algodón a los 450°C de la mezcla fibra de vidrio barniz de silicona.

Es preciso, a la hora de seleccionar un termopar, para un servicio determinado, hacerlo en función del rango de temperatura y la atmósfera de trabajo donde va a operar, así como la protección ideal para los termoelementos, para evitar su deterioro y consecuente falta de fiabilidad en la medida y reducción del tiempo de duración del termopar.

En una instalación típica de termopares, las 3 fuentes principales de error son: los sensores, el circuito que conecta los termopares al sistema de medición y el sistema de medición.

Los termopares usados durante una validación deben calibrarse antes y después de cada uso, lo que asegura la operación correcta del sistema. Todos los sensores deben calibrarse al punto de hielo: 0.0°C, así como a las temperaturas máxima y mínima que van a medirse.

El punto de hielo es la temperatura mínima de calibración recomendada y la temperatura normal del proceso la temperatura máxima. Cuando se calibra el termopar a 0.0°C y 121.0°C y se aplica regresión lineal entre estas temperaturas el máximo error relativo debe ser menor a 0.1°C en todo el rango.

CLASIFICACION DE LOS TERMOPARES

TIPO	COMPOSICIÓN	CARACTERÍSTICAS
T	Cu, Constantano	Resistente a la corrosión Contacto con aire o atmósfera oxidante T < 370°C A vacío, atmósfera oxidante, reductora o inerte De -200 a 370°C
J	Fe Constantano	Atmósfera oxidante, reductora o vacío De 0 a 760°C
E	Ni, Cr Constantano	Atmósfera oxidante o inerte De 200 a 900°C Atmósfera reductora, oxidante y vacío Señal termoeléctrica mayor
K	NiCr NiAlSi	Atmósfera oxidante o inerte De -200 a 1260°C
R S	Pt Rh	Uso continuo en atmósfera oxidante o inerte Pt susceptible de contaminarse lo que reduce la señal termoeléctrica De 0 a 1480°C

3. VALIDACION

Desde 1976, la Federal Drug Administration ha puesto hincapié sobre el término validación, que ha tenido un impacto significativo en la industria farmacéutica. En un principio se enfocó a la validación de procesos de esterilización. A principios de los 80's dirigieron su atención a la validación de procesos no estériles.

La validación de procesos es un programa documentado que provee con un alto grado de exactitud que un proceso específico producirá consistentemente productos que cumplan con sus especificaciones predeterminadas y los atributos de calidad.^{1,2,4}

La validación puede ser:¹

- a) Validación Prospectiva: la hay de procesos (como el proceso de esterilización que será el que se estudie en este trabajo), de métodos, sistemas y proveedores.
- b) Validación Retrospectiva.
- c) Validación Concurrente.
- d) Revalidación

3.1 VALIDACION PROSPECTIVA

Se refiere a comprobar, a través de un plan experimental denominado "Protocolo de Validación", que un proceso realiza lo que está destinado a hacer antes de comercializar un producto (requiere normalmente de un alto grado de experimentación preliminar a nivel desarrollo).¹

Los pasos mas comunes de una validación prospectiva son:

- a) Calificación de los sistemas y subsistemas
 - Calificación de la instalación
 - Calibraciones
 - Calificación de la operación
 - Calificación de desempeño
- b) Aprobación del protocolo de validación
- c) Ejecución del protocolo
- d) Análisis de resultados
- e) Aprobación de las conclusiones reportadas

La Calificación de la Instalación (IQ) puede definirse como la verificación documentada de que todos los aspectos claves de la instalación se apegan a las recomendaciones del fabricante, códigos apropiados e intenciones de diseño.¹

La Calificación de la Operación (OQ) es la verificación documentada de que el sistema o subsistemas ejecutan lo planeado a lo largo de todos los rangos de operación especificados.

La Calificación de Desempeño se refiere a la evaluación o pruebas de reto del sistema que se llevan a cabo para demostrar que es confiable, y repetible; se puede evaluar de acuerdo a especificaciones que tiene que cumplir.

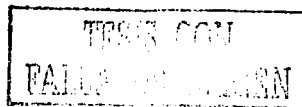
La calibración puede definirse como: comparar las lecturas de mi instrumento patrón contra las lecturas de mi instrumento de medición para obtener la desviación de mi instrumento con respecto al patrón e informe de la incertidumbre. Obviamente el patrón debe ser de mayor exactitud que el instrumento a calibrar.

3.2 VALIDACION RETROSPECTIVA

Se refiere a analizar resultados históricos de tal manera que evidenciamos, en un documento, que un proceso realiza lo que está destinado a hacer (requiere de técnicas de análisis)

3.3 VALIDACION CONCURRENTE

Es el establecimiento de la evidencia documentada de que un proceso cumple con el objetivo para el que fue planeado basado en información generada durante la implementación actual del proceso.



3.4 REVALIDACION

La revalidación es la repetición del proceso de validación o una parte específica de este. Se efectúa cuando se presenta un cambio en las condiciones validadas, como por ejemplo: cambio de proveedor de materia prima crítica, cambio de equipo o modificación significativa del equipo original, nuevo equipo y/o instalaciones, nuevas condiciones de operación, cambios en atributos o especificaciones del producto o cambios de formulación, y/o después de un cierto periodo de tiempo aproximadamente 5 años.

4.0 ESTERILIZACION

Es el proceso diseñado para producir un estado estéril. El concepto tradicional de éste es la condición absoluta de la destrucción total o eliminación de todo organismo vivo. Los productos farmacéuticos inyectables tienen que estar exentos de cualquier entidad capaz de sobrevivir o multiplicarse durante el almacenamiento del producto o su uso en humanos o animales.³

La esterilidad absoluta no puede demostrarse prácticamente sin la completa destrucción de cada producto terminado. Por lo tanto la esterilidad de un lote se basa en términos probabilísticos donde la probabilidad de una unidad contaminada es remota.

Con los métodos de esterilización terminal de un producto parenteral, particularmente por vapor bajo presión, es alcanzable una probabilidad de no más de una unidad no estéril en un millón (10×10^{-6}).³

Los microorganismos exhiben una resistencia variable a los procedimientos de esterilización. El grado de resistencia varía con el organismo específico. La espora, la forma que preserva ciertos organismos durante condiciones adversas, es más resistente que la forma vegetativa del microorganismo. Por lo tanto, las condiciones requeridas para un proceso de esterilización deben planearse para ser letales a las esporas más resistentes de los microorganismos encontrados normalmente.

Los agentes esterilizantes se clasifican en físicos y químicos. Los agentes físicos son calor húmedo, calor seco, radiación ionizante y filtración, los agentes químicos son líquidos o gases.¹

La elección del método de esterilización es función del producto mismo y ésta depende de cómo impactará el método en la calidad y estética del producto y la economía del proceso de esterilización.

4.1 METODOS DE ESTERILIZACION

A) Calor Húmedo

El calor húmedo o vapor bajo presión es el método más estudiado, desarrollado por Pasteur y Chamberlain a fines del siglo XIX. Como con todos los métodos de esterilización la función celular de principal interés es evitar la reproducción. El proceso reproductivo de los microorganismos está dirigido por los ácidos nucleicos y mediado por enzimas, que entre otras cosas dirigen la síntesis de éstos y la construcción de componentes celulares.

La estructura tridimensional de las proteínas (enzimas) determinan su función. Cuando las proteínas se forman, la secuencia de aminoácidos dicta su forma. Si ésta cambia después de su formación (desnaturalización) entonces sus funciones cambian. A menudo este cambio es irreversible y la célula pierde su función.

Durante la esterilización por calor húmedo la desnaturalización irreversible de enzimas vitales da por resultado la muerte celular. Generalmente la esterilización por calor húmedo se lleva a cabo con agua y vapor saturado bajo presión (1atm o 15lb/incuadrada, 15 PSI ó 1.05 Kg/cm cuadrado , 121°C)¹⁷. El vapor de agua interactúa directamente con las proteínas a una temperatura elevada para desnaturalizarlas. El proceso de destrucción celular es predecible y reproducible bajo condiciones definidas de operación.^{1,3}

B) Calor Seco

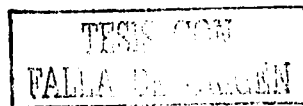
En este caso altas temperaturas, del orden de 160°C a 170°C y largos períodos de tiempo, son requeridos para la esterilización. Las células son destruidas principalmente por la oxidación inespecífica de componentes celulares a través de temperaturas elevadas. El sitio exacto de acción es desconocido pero el proceso es predecible y confiable.

C) Radiación

La letalidad de la radiación ionizante se debe a efectos directos (predominantes) e indirectos. Los primeros implican interacción de la radiación con el DNA. La energía liberada rompe su estructura, impidiendo la reproducción de la célula. Los efectos indirectos son los atribuidos a productos de reacción generados por la radiación y el agua (por ejemplo radicales libres y peróxidos). Estos compuestos altamente reactivos pueden interactuar con las macromoléculas e inhibir su actividad.

D) Filtración¹

En contraste a los métodos anteriores, la filtración depende de la remoción física de los microorganismos y no de su destrucción.



Los filtros de profundidad compuestos de fibras prensadas al azar remueven por una combinación de absorción y atrapamiento en su estructura interna. Los filtros de tamiz (membrana), formados por un proceso controlado de precipitación de polímero usan un mecanismo de cedazo. Estos son más usados por su gran confiabilidad y predecibilidad.

E) Oxido de etileno

El óxido de etileno (EtO) es el gas esterilizante usado más comúnmente, es un agente alquilante y mediante este mecanismo se logra la muerte celular. El EtO reemplaza los hidrógenos lábiles con grupos hidroxietileno. Macromoléculas como las proteínas contienen grupos funcionales cuyos hidrógenos lábiles a la alquilación. Como muchos de estos grupos juegan un papel importante en la estructura y función de las proteínas, su modificación por EtO destruirá su actividad.

La esterilización por EtO es efectiva contra esporas y células vegetativas debido al espectro de reactividad con grupos funcionales que contienen hidrógeno en sus macromoléculas. El inconveniente de ésta técnica es que deja residuos difíciles de eliminar.

4.2 MICROBIOLOGIA DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN⁵

La selección de cualquier método de esterilización incluye los siguientes elementos:

- A) Elección de un indicador biológico resistente al método.
- B) Influencia de variables en la destrucción del indicador tales como interacción entre esporas y medio, características físicas del material a esterilizar.
- C) Cuantificación de la efectividad de remoción de microorganismos

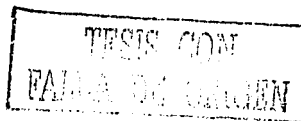
4.2.1 PERFILES DE CONTAMINANTES

Un proceso de manufactura usualmente tiene un perfil característico de organismos que pueblan su ambiente, llamada "Microflora" y su composición es función de factores como materiales, el aire y la gente.

El conocimiento de la microflora es importante pues al existir contaminación puede detectarse la fuente y eliminarse.

4.2.2 INDICADORES BIOLÓGICOS

Un indicador biológico es un sistema que contiene microorganismos de concentración conocida y resistencia térmica, del cual puede esperarse que siga una velocidad de muerte predecible cuando se le exponga a parámetros físicos y químicos particulares.⁶



Aunque cada método de esterilización usa un organismo específico, todos los indicadores tienen ciertas características comunes:

- a) Resistencia inherente al método de esterilización
- b) Resistencia estable y reproducible al método de esterilización al usarse bajo condiciones definidas.
- c) Recuperación eficiente después de su exposición
- d) No patogénico
- e) Característico de los organismos que se pueden encontrar en el producto (generalmente esporas).

La esterilización por calor húmedo, seco, EtO y radiación se valida con esporas de bacterias Gram positivas. La esterilización por filtración se hace con bacterias Gram negativas (*Pseudomona diminuta*).¹¹

Los indicadores biológicos han sido usados tradicionalmente en la validación y el monitoreo de rutina del proceso de esterilización usado para la manufactura y el control de productos médicos y farmacéuticos.

El uso de indicadores biológicos no es obligatorio para el control de rutina del proceso de esterilización. Cuando se usan, deben distribuirse, si es posible, dentro de los contenedores a esterilizar, eligiendo los lugares correspondientes a los puntos de medición de la temperatura.

Se utilizan como auxiliares en la operación de la calificación física de aparatos de esterilización, en el desarrollo y establecimiento de un proceso de esterilización validado para un producto, en la verificación periódica de esterilización validada para un producto, en la verificación periódica de esterilización de equipo, materiales y componentes de empaque que se emplean en procedimientos asépticos y en programas de verificación periódica de ciclos de esterilización previamente establecidos y documentados.

4.2.3 MUERTE MICROBIANA. TERMINOS CINETICOS

A) VALOR D

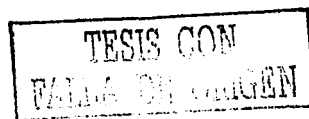
El valor D es una expresión cuantitativa de la velocidad de muerte de los microorganismos. Es el tiempo (por exposición química a cierta dosis y concentración o calor), o la dosis (por exposición a radiación) requerido para que la población microbiana disminuya por un punto decimal (una reducción del 90% o de una unidad logarítmica). Puede calcularse gráfica o matemáticamente^{7,8}

$$D = U / (\log N_i - \log N_f)$$

U = Tiempo de exposición bajo condiciones específicas

N_i = Población microbiana inicial

N_f = Población microbiana final



El valor D se determina experimentalmente por dos métodos: el método de curva de sobrevivencia o el método de fracción negativa.

El primero se realiza graficando el logaritmo del número de microorganismos sobrevivientes contra la variable independiente (tiempo, concentración de gas o dosis de radiación).

El segundo usa muestras replicadas conteniendo una cantidad idéntica de esporas, tratadas de manera idéntica y determinando el número (fracción) de muestras que presentan crecimiento después del tratamiento y la incubación.

B) VALOR Z Y F

El valor Z es el recíproco de la pendiente resultante de graficar el logaritmo de D contra la temperatura a la cual se obtuvo este valor (mínimo tres diferentes temperaturas). Puede simplificarse como la temperatura requerida para una reducción de un logaritmo en el valor D.^{7,8,9}

$$Z = (T_2 - T_1) / (\log D_1 - \log D_2)$$

La magnitud de la pendiente indica el grado, de letalidad relativo si la temperatura aumenta o disminuye.

La derivación matemática de la ecuación del valor Z permite el cálculo de una expresión cuantitativa para el tiempo de exposición efectivo a la temperatura deseada para la esterilización: valor F (es el tiempo en minutos para llevar a cabo la esterilización).^{1,3,6}

$$F = \Delta t \sum 10^{(T - T_0) / Z}$$

Δt = Intervalo de tiempo

T = Temperatura del producto

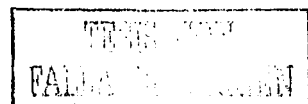
T₀ = Temperatura de referencia (121° C vapor)

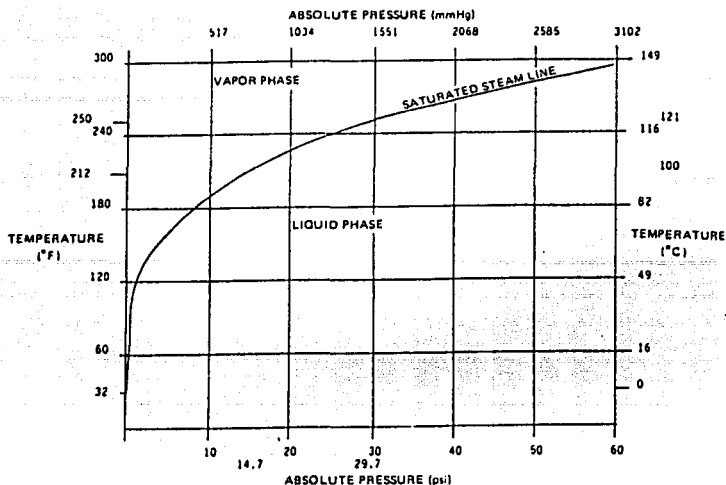
El valor mas comúnmente usado de Z para la destrucción de esporas microbianas es 10° C, cuando se considera el valor de 10 entonces F se convierte en F₀¹¹

$$F_0 = \sum 10^{(121 - T) / 10} \Delta t$$

5.0 DISEÑO DEL AUTOCLAVE

La validación de un proceso de esterilización de un autoclave depende del equipo. Todos los ciclos se basan en un contacto directo con el vapor saturado. El vapor saturado es vapor de agua en equilibrio con agua en forma líquida. (Ver gráfica no. 1). Los valores de presión y temperatura a los cuales es puro vapor saturado se muestran en el diagrama de fases, el vapor saturado está localizado según el diagrama en la línea que divide ambas fases.^{1,9,10}





Gráfica no. 1. Diagrama de fases agua vapor.

El efecto de la esterilización se logra por la transferencia de calor del vapor hacia la carga y por efecto de hidratación de los condensados. Los condensados son formados porque el vapor regresa a un estado líquido de mas baja energía. Este cambio de fase requiere la transferencia de calor latente del vapor (970 BTU/lb) a los alrededores además el calentamiento de la autoclave y su carga. La transferencia de calor por la condensación de vapor saturado es mucho mas grande que la que podría ser transferida del vapor al punto de ebullición llamado vapor sobrecalentado la cantidad de energía es 1BTU/lb. También el vapor sobrecalentado algunas veces es llamado "vapor seco" no presenta efecto de hidratación.

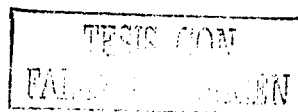
La esterilización con vapor sobrecalentado es un fenómeno de calor seco menos eficiente que el proceso con vapor saturado.^{11 12}

La condensación del agua causa una disminución en el volumen del 99%. Esto podría resultar en una disminución de presión si el vapor no fuera inmediatamente suministrado de nuevo en la autoclave. De esta manera el ciclo permite que el vapor penetre a todas las superficies para ser calentadas hasta que se alcance la temperatura de esterilización.

Las autoclaves y sus ciclos están diseñadas para asegurar que el vapor saturado alcance estas superficies.

Existen varios criterios de diseño comunes para las autoclaves de la industria farmacéutica.

1. Un recipiente que soporte alta presión construido de acuerdo al Americal Society of Mechanical Engineers (ASME) code. Puede ser rectangular o cilindrico.

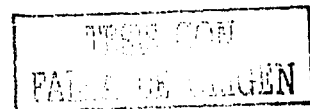


2. Una chaqueta de aislamiento. Es un dispositivo que conserva la energía y que impida la pérdida de calor de la masa de metal de que está construido.
3. Una puerta con un mecanismo de seguridad para evitar que se abra durante la presurización.
4. Una trampa de vapor para eliminar los condensados de la cámara. Esta se abre cuando se enfría y cerrada cuando entra en contacto con el vapor. Como colecta los condensados la trampa se abre debido a la disminución de temperatura y los condensados se eliminan.
5. Un sistema de control de temperatura con sensores, registradores.
6. Un controlador de tiempo para empezar o detener el ciclo de esterilización.
7. Un filtro de venteo para retención microbiana (opcional)
8. Un indicador de presión en la cámara.

6.0 VALIDACION DE LA ESTERILIZACION POR VAPOR HUMEDO

La validación del proceso de esterilización por calor húmedo incluye pruebas físicas y biológicas. El procedimiento debe ser:

- a) Verificación de la instalación del equipo, se inspecciona que están todas las conexiones necesarias para el funcionamiento del equipo, como acceso de agua, vapor, drenes.
- b) Verificación del funcionamiento básico del equipo, se checa que el equipo funciona adecuadamente, en este paso se realiza un procedimiento previo de operación del equipo.
- c) Calibración de los instrumentos, se calibran indicadores de presión y temperatura que contenga el equipo.
- d) Verificación de las características termodinámicas de la unidad, que las resistencias calienten y enfrien.
- e) Calificación del equipo, que llegue a la presión durante el tiempo que dura el ciclo, si hay fugas controlarlas, cuantificar la cantidad de agua, para reralizar el ciclo sin problemas.
- f) Validación microbiológica del proceso, es el reto microbiológico con indicadores biológicos.
- g) Revisión de los datos de prueba, organización, y análisis de datos arrojados de los estudios y análisis estadístico.
- h) Certificación final de la documentación, documentación verídica, como registros de temperatura, impresiones de datos para constatar la realidad de los resultados.



6.1 Calificación del equipo

La calificación de la instalación compara el sistema contra las especificaciones de manufactura de la instalación^{1,19,21}

A) Confirmar que el esterilizador está instalado propiamente, todas sus desviaciones, utilidades y conexiones contrasten con las recomendaciones del fabricante y contra las anotaciones de las anotaciones de las modificaciones hechas a la unidad.

B) Información pertinente acerca del esterilizador: órdenes de compra, cotizaciones, especificaciones, cambios en el equipo.

C) Se deben evaluar procedimientos normalizados de operación, con ejecuciones periódicas para mantenerlos vigentes y los cambios se van registrando en un formato de "Control de Cambios".

Programa de mantenimiento preventivo, procedimiento de sanitización y calibración.

D) Identificación y localización de la unidad y los planos, número y serie del modelo, número de identificación en el departamento y/o corporación.

Después de la calificación de la instalación se debe verificar la operación, pues es necesario determinar que el esterilizador funciona como es indicado.

A) Los componentes del sistema aseguran los rangos de operación que determinan las especificaciones.

B) Operación de controladores de temperatura, cronómetros de ciclo, funcionamiento de las puertas, calentadores, ventiladores, así como la operación realizada y sus rangos determinados.

C) Equipo y material para la medición de temperatura

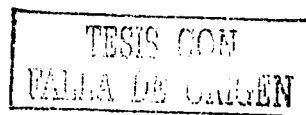
El equipo usado para pruebas de validación de procesos por calor húmedo incluye lo siguiente:

A) Resistencias detectoras de temperatura (RTD patrón), Baños de temperatura caracterizados.

La resistencia detectora de temperatura (RTD) es utilizada para la calibración del equipo medidor de temperatura usado en la validación. El RTD mide hasta milésimas de °C y los termopares tienen un nivel de sensibilidad de décimas de °C. El RTD es más estable que los termopares.

B) Termopares calibrados

C) Registradores de temperatura



Un equipo que tome muchos puntos es comúnmente usado durante los estudios de validación, este anota las temperaturas tomadas por los termopares. El registrador toma la salida del voltaje tomado por el termopar y lo convierte en un valor numérico.⁶

6.2.1 Calibración

Todo equipo usado para la validación y el equipo de producción involucrado debe calibrarse. El período de tiempo entre calibraciones se determina por la estabilidad del instrumento y la exactitud requerida. Todos los instrumentos calibrados deben ser numerados, registrados y referidos. Se sugiere anotar la fecha de la próxima calibración.

6.2.2 Indicador biológico

El indicador biológico para la esterilización por calor húmedo es una preparación de esporas viables obtenidas a partir de un cultivo derivado de una cepa de *Bacillus stearothermophilus* en tiras o en ampollitas con una concentración de 3.06×10^6 .

6.2.3 Estudio cámara vacía

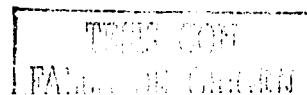
La prueba inicial de la validación es con la cámara vacía con el propósito de medir la distribución de temperatura. Las características termodinámicas del esterilizador vacío son descritas en un perfil de distribución de la temperatura. Este sirve para localizar los lugares calientes y fríos en el esterilizador por mapeo de la temperatura de varios puntos en la cámara.

El perfil de temperatura se obtiene colocando mínimo 10 termopares sujetos con alambre de acero inoxidable distribuidos en el esterilizador vacío, evitando contacto con las superficies sólidas. Un buen perfil puede demostrar temperaturas uniformes a través del esterilizador. Si el perfil de distribución de temperatura en la cámara vacía no es aceptable, el esterilizador es ajustado, modificado o reparado y el estudio se debe repetir. Si el perfil es aceptable se repite tres veces consecutivas el estudio para demostrar la reproducibilidad del ciclo. Un rango típico aceptable en temperatura es $\pm 1^\circ\text{C}^{20}$.

6.2.4 Estudio cámara con carga

Como en las pruebas de cámara vacía, los estudios de validación con carga parcial o total de la cámara se incluyen en las pruebas de distribución de calor usando termopares colocados cerca de los sensores de temperatura. Los termopares pueden posicionarse en algunos de los puntos usados para el estudio con cámara vacía. Al colocarlos debe evitarse contacto con alguna superficie sólida. Este estudio determina el efecto de la carga sobre la distribución de calor en la cámara.

Los estudios de penetración del calor pueden monitorearse simultáneamente con los estudios de distribución de calor. La información de penetración es crítica en cámara parcialmente cargada o llena, dado que los materiales se calientan a diferente velocidad. La velocidad de penetración depende del tipo de material de la carga, de su configuración



y la uniformidad de distribución de la temperatura. Los datos para la penetración de calor se obtienen colocando los termopares en el interior del envase, asegurando el contacto con la superficie (el termopar puede no estar leyendo la temperatura del aire, puede leer la temperatura de la superficie). Es importante anotar la velocidad con que asciende la temperatura y con la que desciende, en el aire y el producto.

Para la validación se emplean cargas representativas. Idealmente cada tamaño y tipo de material debe probarse por estudios de penetración.

Cargas representativas pueden incluir artículos de tamaños extremos o bien donde es muy difícil la penetración del calor. Un diagrama detallado de la localización de los termopares debe acompañar todos los datos de temperatura. Es necesario identificar las áreas calientes y frías de cada carga. Las primeras son importantes para objetos lábiles al calor y las segundas para monitorear el aseguramiento de la esterilización.

Si el perfil de temperatura es aceptable se replican tres corridas consecutivas para demostrar la esterilidad de la carga y la reproducibilidad del ciclo. La replicación de las corridas verifica que el valor F_0 mínimo requerido es logrado dentro de la porción más fría de la carga.

6.2.5 Reto biológico

El estudio de reto biológico puede hacerse separadamente o junto con el estudio de penetración de calor. Así el bioindicador se coloca adyacente a los objetos o dentro de ellos, junto con los termopares.

El reto biológico demuestra la letalidad obtenida por desafío del ciclo con un microorganismo. Si en el estudio hay esporas supervivientes la cantidad puede cuantificarse y analizarse con respecto a los valores de F_0 . Los resultados de este estudio confirman que la esterilización es efectiva.^{8,10,13.}

7.0 FUNDAMENTOS DE INCERTIDUMBRE

La experimentación tiene una definición muy amplia: por experimentación entendemos el proceso completo de identificar una porción del mundo que nos rodea, obtener información de ella e interpretarla. Esta definición abarca una variedad muy grande de actividades del ser humano: desde un biólogo, hasta un industrial que desea hacer buen mercadeo de su producto.

Ningún experimento en el que se mide una cierta magnitud es absolutamente preciso, es decir, el resultado de la medida no coincide exactamente con el valor real de la magnitud. Si queremos utilizar el experimento para comprobar una teoría (o también para caracterizar un producto que va a ser comercializado) es necesario estimar la desviación del valor medido con respecto al valor real.

En el laboratorio es necesario calcular, en todas las prácticas, la incertidumbre de las medidas y expresar correctamente los resultados.

DEFINICIONES

Error: es la diferencia entre el valor real y el valor medido

Medición: es el proceso de cuantificar nuestra experiencia del mundo exterior. Las mediciones generalmente involucran la utilización de un instrumento como un medio físico para determinar una cantidad o variable.

El trabajo en mediciones emplea una serie de términos los cuales debemos definir.

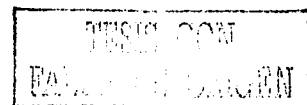
Instrumento: un dispositivo empleado para determinar el valor o magnitud de una cantidad o variable.

Exactitud: la cercanía con la cual la lectura de un instrumento se aproxima al valor "verdadero" de la variable medida.

Precisión: una medida de la repetibilidad de las mediciones; esto es, dado un valor fijo de una variable, la precisión es una medida del grado con el cual mediciones sucesivas difieren una de otra.

Cuando hagamos mediciones e informemos de sus resultados debemos tener siempre en cuenta que las medidas no son simples números exactos, sino que consisten en intervalos, dentro de los cuales tenemos confianza de que se encuentra el valor esperado.

No existen reglas para determinar el tamaño del intervalo, porque dependerá de muchos factores del proceso de medición. El tipo de medición, la figura de la escala, nuestra agudeza visual, las condiciones de iluminación, todas tomarán parte en determinar la anchura del intervalo de medición.



INCERTIDUMBRE.²²

Como venimos diciendo, toda medición por su propia naturaleza lleva asociada consigo un intervalo de incertidumbre. De esta forma el resultado de la medición se debe enunciar como sigue:

medida \pm incertidumbre

las incertidumbres pueden provenir de fuentes diversas, como del instrumento de medida, del objeto que esta siendo medido (llamado corrientemente "mesurando"), del medio ambiente, del operador y también de otras fuentes que deben analizarse separadamente.

El uso de Buenas Prácticas de Laboratorio, tales como son las calibraciones con trazabilidad, cálculos minuciosos, mantener buenos registros en los archivos, y controlar repetidamente los datos, resultados y procedimientos, pueden reducir las incertidumbres de medición.

La ***incertidumbre de una medición*** es la duda que existe respecto del resultado de dicha medición. En toda medición, aún en las mas cuidadosas, existe siempre un margen de duda.

Dado que siempre existe un margen de duda en cualquier medición, necesitamos conocer "¿cuán grande es ese margen?".

Por esto es que se necesitan dos números para cuantificar una incertidumbre. Uno es el ancho de ese margen, llamado intervalo, el otro es el nivel de confianza que establece cuan seguro estamos que el "valor verdadero" cae dentro de ese margen.

Incetidumbre: es la cuantificación de la duda que se tiene sobre el resultado de la medición.

Cuando sea posible se trata de corregir los errores conocidos por ejemplo, aplicando las correcciones indicadas en los informes de calibración. Pero cualquier error que no se conozca su valor es una fuente de la incertidumbre.

La incertidumbre la podemos incluir en:

- Una calibración, donde la incertidumbre de medición debe consignarse en el certificado
- Un ensayo donde la incertidumbre de medición es necesaria para determinar si el objeto ensayado cumple o no con el ensayo.
- Una tolerancia, cuando se necesita conocer la incertidumbre antes que pueda decidir cuando se satisface o no, la tolerancia establecida.
- Se necesita leer y comprender un informe de calibración o una especificación escrita de un ensayo o una medición.

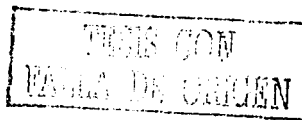
Muchas cosas pueden influir en una medición, las causas pueden ser visibles o invisibles.

Como las mediciones reales no se hacen en condiciones perfectas, los errores y las incertidumbres puede provenir de:

- El instrumento de medición, los instrumentos pueden tener errores como una tendencia a dar resultados mayores o menores, cambios por envejecimiento, desgastes u otras derivas, mala repetibilidad, ruido en los instrumentos eléctricos y muchos otros problemas funcionales.
- El objeto a ser medido, el cual puede no ser estable, por ejemplo un cubo de hielo en un cuarto a temperatura ambiente.
- El proceso de medición, la medición en sí misma puede ser difícil de hacer. Por ejemplo pesar un animal vivo y pequeño de laboratorio presenta grandes dificultades si el mismo no coopera, quedándose quieto.
- Incertidumbres importadas, la calibración de los instrumentos tienen incertidumbres, que contribuyen a la incertidumbre de la medición que se hace con ellos. Pero recuerde que la incertidumbre por no calibrar los instrumentos es mucho peor.
- Habilidad del operador, algunas mediciones dependen mucho de la habilidad y juicio del operador. Una persona puede ser mejor que otra en el trabajo delicado de ajustar un instrumento u obtener visualmente una lectura fina. El uso de un instrumento, tal como un cronómetro, depende del tiempo de reacción de cada operador. Pero los errores groseros son de una naturaleza diferente y no deben tomarse en cuenta como incertidumbres.
- Muestreo adecuado, las mediciones que usted hace deben ser adecuadamente representativas del proceso que desea determinar. Si quiere conocer la temperatura en el lugar de trabajo no la medirá con un termómetro ubicado en la pared cerca de la salida del aire acondicionado. Si se eligen muestras de una línea de producción, por ejemplo no se toman las diez primeras en el inicio del proceso.
- Condiciones ambientales, la temperatura, presión atmosférica, humedad ambiente y otras condiciones pueden afectar al instrumento de medida o al objeto que se mide.

Cuando el valor y efecto de un error es conocido, por ejemplo el indicado en el informe de calibración, se puede aplicar una corrección al resultado de la medición. Pero, en general, las incertidumbres provenientes de las distintas fuentes, deben considerarse como factores individuales que contribuyen a la incertidumbre combinada de las mediciones.

Luego de estimar la influencia de cada una de esas fuentes de incertidumbre, finalmente se deben combinar las incertidumbres individuales para obtener la incertidumbre global, llamada **incertidumbre combinada**.



Formas de expresar las incertidumbres

Independientemente de las fuentes de las incertidumbres, hay dos aproximaciones para estimarlas: estimaciones del **tipo A** y del **tipo B**. En la mayoría de los casos se necesitan las evaluaciones de los dos tipos.

Evaluaciones tipo A, la estimación de la incertidumbre se hace utilizando métodos estadísticos, normalmente a partir de mediciones repetidas.

Evaluaciones tipo B, la estimación de la incertidumbre se obtiene de otras informaciones. Estas informaciones pueden provenir de experiencias previas con otras mediciones, de certificados de calibración, de las especificaciones de los fabricantes, de cálculos, de informaciones publicadas y del sentido común.

Cálculo de incertidumbres

La incertidumbre se calcula de forma diferente dependiendo de si el valor de la magnitud se observa directamente en un instrumento de medida (**medida directa**) o si se obtiene manipulando matemáticamente una o varias medidas (**medida indirecta**)

Cálculo de incertidumbre de una medida directa

Recordemos que el error es la discrepancia entre el valor real de una magnitud y el valor medido. En una medida directa esta discrepancia se debe a dos tipos de causas: la precisión finita del instrumento o el procedimiento de medida y factores ambientales aleatorios, como pequeñas variaciones de temperatura, vibraciones, etc.

La incertidumbre debida a la precisión finita del instrumento de medida normalmente se toma igual a la división mínima de su escala (o, en el caso de balanzas, la pesa de menor valor) y la denotamos por θ .

Hay casos en donde el procedimiento de medida aumenta la incertidumbre θ y esta no puede tomarse igual a la graduación de la escala. Por ejemplo, si se utiliza un cronómetro capaz de medir centésimas de segundo pero es el experimentador quien tiene que accionarlo, la precisión θ de la medida será el tiempo de reacción del experimentador, que es del orden de dos décimas de segundo. Otro ejemplo es el caso de algunos experimentos de óptica, en los que el experimentador desplaza una lente hasta que una imagen proyectada en una pantalla se ve con nitidez. Aunque la regla del banco óptico en donde se encuentra la lente tiene precisión de un milímetro, la imagen puede verse nítida en un rango de 4 o 5 milímetros. En este caso, θ sería igual a 4 o 5 milímetros. De estos ejemplos comprobamos que hay que entender bien el procedimiento experimental para encontrar el valor correcto de θ y que no existe ninguna "receta" que nos dé ese valor en todos los casos posibles.

Veamos ahora cómo se puede estimar la incertidumbre debida a factores ambientales aleatorios. Para esta estimación es necesario repetir la medida varias veces en las mismas condiciones. En cada una de estas repeticiones de la medida los factores aleatorios afectan de forma diferente lo que permite obtener información acerca de su magnitud.

Si repetimos n veces la medida de una magnitud X podemos obtener la **media aritmética**. Y la incertidumbre debida a factores aleatorios viene dada por la siguiente expresión:

$$\psi = t_{n-1} \frac{\sigma_{n-1}}{n^{1/2}}$$

En donde t_{n-1} es una función denominada *t de Student* y σ_{n-1} es la dispersión de las medidas. La dispersión se calcula fácilmente con una calculadora de bolsillo.

Una vez obtenida la incertidumbre θ , debida a la precisión del aparato, y ψ , debida a factores ambientales, calculamos la incertidumbre total de la medida con la siguiente fórmula:

$$\Delta X = \sqrt{\theta^2 + \psi^2}$$

Finalmente, la medida directa debe expresarse en la forma siguiente:

$$X \pm \Delta X$$

En la mayoría de las prácticas del laboratorio se repiten varias veces las medidas para calcular la incertidumbre debida a factores ambientales aleatorios. Sin embargo, hay ocasiones en que no se pueden realizar dichas repeticiones debido a la falta de tiempo o debido a que los aparatos de medida no son suficientemente precisos como para detectar las variaciones debidas a factores ambientales aleatorios. En este último caso, al repetir la medida, siempre se obtendría el mismo resultado y, por tanto, la dispersión sería nula. En cualquiera de los dos casos tomaremos $\psi = 0$ y, por tanto, la incertidumbre ΔX será igual a la precisión θ del aparato de medida.

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La operación farmacéutica aséptica utilizada para la fabricación de formas farmacéuticas de administración parenteral (inyectable), ha sido y seguirá siendo una operación crítica desde cualquier punto de vista por lo tanto; los procesos involucrados deben ser capaces de garantizar una un medicamento seguro y eficaz.

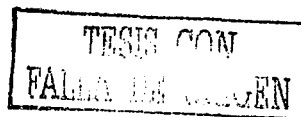
Los productos estériles poseen propiedades únicas entre todas las formas de dosificación, tales como ser libres de pirógenos, microorganismos y partículas, y contienen materias primas de alta pureza y calidad inyectable.^{17,20}

Además es la única forma farmacéutica que se inyecta a través de la piel a los compartimentos internos del cuerpo. Debido a que atraviesan la primera línea de defensa del organismo deben estar libres de contaminación microbiana y componentes tóxicos. Todos los componentes y procesos involucrados en la preparación de estos productos deben elegirse y diseñarse para eliminar en el mayor grado la contaminación de todo: física, química o microbiológica.

El proceso de esterilización es el mas importante en la manufactura de productos parenterales, por lo tanto debe demostrarse su esterilidad, pues los productos contaminados con organismos viables o subproductos (pirógenos) violan los requerimientos de seguridad, ocasionando daño al paciente o la muerte.

La esterilización es un término absoluto que significa la destrucción o eliminación de todas las formas de vida. En la realidad la esterilidad es relativamente imposible de probar porque se considera la hipótesis de siempre queda un microorganismo viable y es por eso que se usan las leyes de la probabilidad para contemplar que la menor cantidad de cualquier forma de vida sobrevive al tratamiento.

Así el problema consiste en demostrar que durante los ciclos de esterilización se destruyen microorganismos capaces de soportar temperaturas de 121°C.



CAPITULO IV

OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar, calibrar los equipos e instrumentos para validar el proceso de esterilización del autoclave perteneciente al área de Físicoquímica Teórica de la División de Estudios de Posgrado para asegurar que el proceso sea capaz de cumplir con las especificaciones de ausencia microbiológica cuando se esterilice el material y equipo que será utilizado en los estudios físicoquímicos y biológicos del área, certificando así la confiabilidad del proceso.

2. OBJETIVOS PARTICULARES

2.1 Caracterizar el baño de temperatura de pozo seco que se utiliza para calibrar los termopares.

2.2 Calibrar los termopares que se utilizan durante la validación de la autoclave

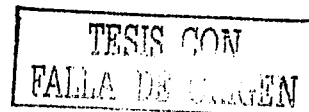
2.3 Demostrar que el ciclo de esterilización que utiliza vapor húmedo es efectivo, confiable y reproducible.

2.4 Realizar el estudio de distribución de calor con cámara vacía.

2.5 Efectuar el estudio de penetración de calor con la cámara llena (material de vidrio, medios de cultivo y celdas nefelométricas).

2.6 Confirmar la eficiencia de la esterilización usando un indicador biológico.

2.7 Calcular el Fo de cada corrida de esterilización



CAPITULO V

HIPOTESIS

Al efectuar la caracterización y calibración del equipo crítico para llevar a cabo la validación del proceso de esterilización de la autoclave, se debe obtener la comprobación documentada que nos asegure un control adecuado del proceso de esterilización.

De esta manera se mantendrá controlada la esterilización, asegurando una reproducibilidad y confiabilidad del proceso.

CAPITULO VI

DISEÑO EXPERIMENTAL

PROTOCOLO DE CARACTERIZACION DE LA FUENTE DE TEMPERATURA DE TEMPERATURA DE POZO SECO.

OBJETIVO.

Realizar la caracterización de la fuente de temperatura (baño de temperatura de pozo seco) para realizar la calibración de los termopares.

INTRODUCCION.

La caracterización del baño de temperatura consiste en determinar su comportamiento en diferentes temperaturas a diferentes alturas en cada uno de los pozos. Se entiende por pozo cada uno de los orificios que están situados en la cara superior del baño de temperatura, en los que se coloca el RTD patrón y los instrumentos a calibrar sean termopares o termómetros.

DESCRIPCION DEL SISTEMA.

CARACTERISTICAS DEL BAÑO DE TEMPERATURA

Modelo: Kaye 140 LTR

Dimensiones

Altura: 32 cm

Espesor: 29 cm

Ancho: 19 cm

Profundidad interna, tomada del pozo al fondo del baño: 17.7 cm

No. de pozos: 6 grandes en los que entra perfectamente el RTD y 2 pequeños en los extremos en los que entra forzado el RTD

Los pozos grandes tienen un diámetro de 1.5 cm mientras que los pozos pequeños tienen un diámetro de 0.7 cm.

Para que el baño funcione basta enchufar la clavija a la línea de energía eléctrica y además accionar el botón interruptor en la parte posterior inferior de lado derecho presionándolo.

En la parte superior de la cara frontal presenta una pantalla en la que se lee la temperatura una vez que se fija con las teclas que están situadas abajo de la pantalla. (Figura no. 1).

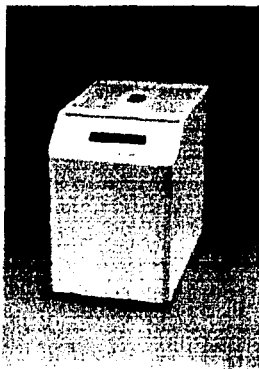


Figura no. 1 Fuente de temperatura

Nota: solamente se midió la temperatura en los pozos grandes porque el RTD entra sin ser forzado, en los pozos pequeños no se introduce el RTD para la medición de temperaturas debido a que entra con dificultad y esto puede ocasionar una deformación en el RTD lo que provoca una lectura de temperatura errónea.

El RTD se conecta al CPU de la computadora, que tiene el software cargado para registrar la temperatura detectada en el baño Kaye.

CARACTERISTICAS DEL RTD.

(Resistance Temperature Detector probe)

Marca:RTD KAYE

Modelo: M2801

No. de serie: 40245

Es un patrón de temperatura de alta precisión.

Esta hecho de un elemento sensible a la temperatura como es el platino en la parte inferior. En la parte superior o bulbo, internamente contiene un convertidor A/D y un microprocesador con CPU, RAM, ROM, EEPROM y un circuito integrado ASIC.
(Figura no. 2).

Como funciona.

Dentro del probe, alambres guía se extienden del sensor de platino hasta la punta del convertidor A/D en el grip, el convertidor realiza la conversión en mas de 30 veces por segundo. El microprocesador toma la medida de resistencia y de acuerdo a los coeficientes de calibración almacenados en la memoria, lo convierte en lecturas de temperatura.

El circuito analógico-digital requiere poca energía la cual es proporcionada por un pequeño regulador que se encuentra en el grip.

El microcomputador le da instrucciones al A/D para obtener la siguiente medida de resistencia, esta medida tarda 30 milisegundos, tiempo en que el microprocesador con una ejecución algorítmica para hacer la conversión, hace también ajustes con la temperatura ambiente y con los coeficientes almacenados, hace también ajustes a cero. Al final de este paso los datos ya procesados usan los coeficientes de calibración de temperatura IPTS-68 y convierte los datos de resistencia a datos de temperatura.

La temperatura es simultáneamente convertida a grados F, C o Kelvin.

La calibración es realizada por un laboratorio acreditado con trazabilidad a laboratorios Nacionales (CENAM), el periodo recomendable para la calibración es de un año, fue calibrado por comparación con un termómetro patrón de resistencia de platino en cuatro puntos, cubriendo un intervalo de -29 a 400 grados C



Figura no. 2. RTD, Patrón de Temperatura.

Incertidumbre.

+/- 0.03 para la temperatura de -29.822°C

+/- 0.03 para la temperatura de 0°C

+/- 0.03 para la temperatura de 99.354°C

+/- 0.07 para la temperatura de 399.947°C

lo anterior con un factor de cobertura de $k = 2$ con nivel de confianza del 95%

Resolución. 0.001°C

Intervalo de Temperatura. -30 a 400°C

Unidades de temperatura: $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$, o $^{\circ}\text{K}$

Dimensiones: Altura total 603 mm, longitud del bulbo o grip 146 mm

El sensor registra la resistencia en OHMS, el grip en $^{\circ}\text{C}$

User-selectable parameters: IPTS-48, IPTS-68, o ITS-90, (International Temperatura Scale of 1990), usando el IPTS almacenado que son los coeficientes de calibración de temperatura convierte los valores de resistencia a datos de temperatura de acuerdo a la escala de temperatura seleccionada por default es el IPTS-68 (International Practical Temperature Scale of 1968).

Energía to probe: $10-25$ Volts

Fuente de poder: 110 VAC

Comunicación: RS-232C interfase, 25-pin con conector macho ASCII con baudios de 300 , 600 , 1200 , 4800 o 9600 30 lecturas por segundo.

Condiciones ambientales: 0 a 60°C , Humedad $0-95\%$

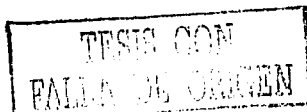
CARACTERIZACION.

Como se ha mencionado ya, la caracterización consiste en determinar si el baño de temperatura es constante en cada uno de los puntos del baño de temperatura, o determinar el punto en el cual la temperatura es confiable.

Para obtener este valor es necesario hacer dos análisis estadísticos con los datos obtenidos de temperatura.

Un primer análisis consiste en la **Caracterización vertical** que se trabaja con los datos de temperatura y las diferentes alturas internas del baño o profundidades del pozo.

Un segundo análisis consiste en la **Caracterización horizontal** en donde se comparan las temperaturas a una altura óptima entre pozo y pozo.



También se determinará cual es el pozo en el que deberá colocarse el RTD y al que se le denominará pozo patrón, en los demás pozos se colocarán los termopares para su calibración y posteriormente la validación del autoclave.

Se medirá la altura del fondo del pozo hasta el orificio o pozo, se medirá la temperatura a diferentes alturas, realizar cinco lecturas de temperatura.

Escoger diferentes temperaturas de acuerdo a las necesidades del estudio de la validación de autoclaves o calibración de termómetros.

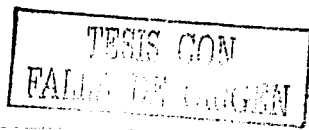
Con los valores registrados de las lecturas de las temperaturas a diferentes alturas se hará un análisis estadístico exhaustivo que comprende cálculos de promedios, promedios de diferencias de temperaturas rangos, análisis de gráficos de temperatura vs altura, temperatura vs pozo y obtención de conclusiones de este primer estudio.

Las temperaturas de trabajo son: 10, 20, 37, 50, 70, 100, 120 y 140 grados centígrados que son escogidas de acuerdo al rango de trabajo, considerando temperaturas mas usadas en termómetros de tipo líquido en vidrio, y calibración de termopares para la validación de autoclaves y hornos.

Las alturas a las que se realizarán las mediciones de temperatura son 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17.7 cm del fondo del pozo hacia arriba son alturas que se escogieron al azar pero que abarcaran toda la profundidad del pozo.

El acomodo del RTD en los pozos es aleatorio, se empezarán las mediciones de temperatura en el pozo no. 2, se continuará con el pozo no. 5, no.1, no.6, no.3 y finalmente el no. 4.

Nota: Considerar el tiempo que tarda el baño en estabilizarse cuando se cambia de temperatura y el tiempo que tarda en estabilizarse cuando el RTD cambia de altura. Ver Procedimiento Normalizado de operación.



PROCEDIMIENTO NORMALIZADO DE OPERACION

TITULO.

USO DE LA FUENTE DE TEMPERATURA KAYE 140 LTR Y DEL PATRON RTD

OBJETIVO.

Describir de una manera clara y sencilla las instrucciones para el funcionamiento del baño Kaye y conjuntamente el estándar RTD.

ALCANCE.

- Laboratorio de Metrología.
- Laboratorio de Física.
- Laboratorio de Tecnología Farmacéutica.
- Laboratorio de Biofarmacia.
- Laboratorios en general que requieran trabajar con instrumentos que registren temperaturas o que requieran un estricto control en esta magnitud.
- Industria.

RESPONSABILIDADES.

Es responsabilidad del laboratorio de Metrología cuidar del estado del baño Kaye así como del RTD y del mantenimiento de ambos.

Es responsabilidad del laboratorio de Metrología mantener la vigencia de calibración del RTD.

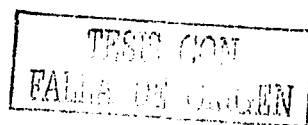
Es responsabilidad del mismo laboratorio el uso adecuado del equipo y de dejarlo limpio al final de la jornada de trabajo.

EQUIPO.

- RTD patrón.
- Baño de temperatura de pozo seco.
- CPU, Monitor, software.
- Adaptadores especiales y convertidores.

PROCEDIMIENTO.

1. Encender el baño Kaye del interruptor que se encuentra en la parte trasera, abajo a la derecha, esto es, situado en frente del equipo. Presionar el botón hacia abajo.
2. Encender el regulador general del botón-foco rojo, cuando el foco rojo encienda, encienda la computadora presionando el botón del CPU y también el botón del monitor, asegúrese de que inmediatamente encienda el monitor.
3. Cuando aparezca en la pantalla el ambiente windows con ventanas para ejecutar alguna acción, se debe de salir al sistema operativo presionando la tecla F10, enseguida de enter y salir.



4. En sistema operativo MS-DOS, cuando aparece C raíz C:/> se tecléa KAYE después se tecléa PROBE y entonces aparecerá una pantalla de bienvenida, enseguida se de enter para que se despliegue la pantalla de menús. Se presiona la tecla F2 para que despliegue la pantalla de temperatura y resistencia.
5. Sumergir con cuidado el RTD en cualquiera de los pozos, asegurar de fijarlo con unas pinzas a un soporte universal, puede colocarlo hasta el fondo y no necesita ser fijado. Este a su vez ya ha sido instalado al CPU de la computadora y con el software instalado, registrará automáticamente la temperatura que detecte.
6. Para fijar las temperaturas de trabajo en el Baño Kaye, presione la tecla SET que se encuentra en la parte superior del baño abajo de la pantalla digital, cuando salga la letra C escriba con número la temperatura que desee v.gr. 20 y oprimir tres veces SET para que quede fija la temperatura y en ese momento el baño empezará a llegar a la temperatura deseada.
7. En caso de que se pase de temperatura ocupe la tecla DOWN para bajarla, cuando le falte para llegar a la temperatura deseada oprimir la tecla UP para subir la temperatura y llegar a la temperatura deseada. Cuando el baño ya tiene almacenadas en memoria algunas temperaturas de trabajo, éstas se van almacenando con números, v.gr. 1, 10 grados centígrados, 2, 20, 3, 37; se puede escoger alguna y aproximarla a la temperatura deseada con DOWN o UP.
8. Una vez fijada la temperatura en la pantalla digital del Kaye observar la pantalla de la computadora también aparecerá la temperatura en la columna de temperatura, asegurar de no considerar la columna de resistencia. Esta es la temperatura que esta detectando el RTD en el baño y es la que debe de considerar para cálculos futuros.
9. Para realizar un cambio de temperatura haga lo indicado en los puntos 5, 6 y 7. Es muy importante dejar un tiempo de **30 minutos** para estabilizar el equipo a la nueva temperatura, se debe de ayudar con un cronómetro. De esta manera evitará fluctuaciones considerables en la lectura de temperatura.
10. Registrar sus datos en la bitácora adecuada y especial para el área de temperatura.
11. Cuando haya concluido su trabajo, baje el baño a la temperatura de 20 C y espere que RTD también lo haga proceda a apagar el equipo, el baño con el interruptor trasero, se oprime la tecla F10 y se le da enter; cuando aparezca C:Kaye se tecléa Cd.. Apagar la pantalla y el CPU con los botones respectivos mencionados al principio de este procedimiento.
12. Colocar las fundas de cada equipo y apagar el regulador general.

PROCEDIMIENTO NORMALIZADO DE OPERACION

TITULO.

CARACTERIZACION DE LA FUENTE DE TEMPERATURA KAYE 140 LTR

OBJETIVO.

Explicar de manera sistemática en que consiste la caracterización del baño de temperatura, y cuál es la importancia de realizar dicho estudio.

ALCANCE.

-Laboratorio de Metrología

RESPONSABILIDAD.

Es responsabilidad del laboratorio de Metrología realizar la caracterización de los baños de temperatura para tener confianza en las mediciones de temperatura.

EQUIPO.

- Baño de temperatura de pozo seco Kaye.
- Regleta para medir alturas en cm.
- RTD patrón
- Bitácora de trabajo
- Bolígrafo
- Cronómetro

PROCEDIMIENTO.

1. Hacer funcionar el equipo como lo indica el procedimiento "Uso de la Fuente de Temperatura Kaye 140 LTR y Patrón RTD", empezar con la temperatura de 10 C.
2. Introducir en el pozo no. 2 el RTD hasta el fondo del baño. Una vez que ha fijado la temperatura de trabajo, esperar 30 minutos bajo cronómetro para alcanzar la estabilización del RTD, cuando se cumpla el tiempo tomar la primera lectura de temperatura, dejar transcurrir 2 minutos bajo reloj y tomar la siguiente lectura de temperatura y registrarla, dejar pasar otros 2 minutos y tomar la tercera lectura de temperatura, dejar pasar otros 2 minutos y tomar la cuarta lectura, finalmente dejar pasar otros 2 minutos y hacer la quinta lectura de temperatura, en total deben de ser cinco lecturas a la altura cero.
3. Levantar el RTD 1 cm de altura contando del fondo del baño a la superficie, sujetarlo con una pinza y un soporte universal, como se ha levantado 1cm tiene que esperar 15 minutos bajo cronómetro a que se estabilice el RTD. Una vez transcurrido el tiempo, tomar la primera lectura de temperatura a esa altura y registrarla en la bitácora. Dejar pasar 2 minutos y tomar la siguiente lectura, así sucesivamente hasta que sean cinco lecturas.
4. Ahora levantar el RTD a 2 cm de altura del fondo hacia arriba esperar quince minutos, hacer la primera lectura esperar 2 minutos y hacer la siguiente lectura así sucesivamente hasta que obtener cinco lecturas a esa temperatura.

5. Enseguida levantar el RTD a 3 cm de altura del fondo hacia arriba y repetir el mismo procedimiento del inciso tres y cuatro, registrar sus cinco lecturas y proceder a realizar las mediciones para la siguiente altura.

6. Realizar el mismo procedimiento para las siguientes alturas: 5, 7, 9, 11, 13, 15, y 17.7 cm que es la altura total del baño y la superficie del baño. **TODAS LAS MEDICIONES ANTERIORES SON A LA TEMPERATURA DE 10 C.**

Se deben obtener cerca de 440 datos a la temperatura de 10 para el pozo no.1 a esas alturas. De acuerdo al tiempo estimado este análisis se tarda una semana.

7. Cambiar el RTD de pozo, ahora colocarlo en el pozo no.5, realizar el mismo tratamiento anterior, empezando con la temperatura de 10 grados centígrados a la altura 0 cm, dejar 30 minutos una vez fijada la temperatura de 10, al término del tiempo se toma la primera lectura de temperatura, dejar pasar 2 minutos, se continúan así hasta tener cinco lecturas. Elevar 1 cm el RTD esperar 15 minutos, tomar la primera lectura de temperatura esperar 2 minutos y registrar la temperatura así hasta obtener cinco lecturas. Elevar 2 cm el RTD y repetir las mismas indicaciones, se realizan también para 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, y 17.7 cm.

8. El procedimiento del pozo anterior se repite de la misma manera para los siguientes pozos, **no. 1, pozo no.6, pozo no. 3, y pozo no. 4.**

9. Con los datos de temperatura obtenidos de todos los pozos, cerca de 2640, hacer un análisis estadístico exhaustivo, promedios, rangos, desviaciones estándar, gráficos, análisis de puntos y si hay diferencia significativa con prueba de ANADEVIA. Finalmente la discusión de resultados y conclusiones al final de la tesis.

Caracterización del baño (Kaye)

1.0 Caracterización vertical

La caracterización vertical consistió en comparar las lecturas de temperaturas utilizando un RTD calibrado de los diferentes orificios (pozos) a diferentes alturas para determinar cuál es la altura óptima para la calibración de los termopares y después realizar la validación de la autoclave.

Se entiende por altura óptima aquella altura que se determina haciendo cálculos estadísticos para conocer la altura que se deben colocar los sensores de temperatura, termómetros o termopares conjuntamente con el RTD y calibrarlos.

1.1 Procedimiento

1.1.1 Medir con una regla milimétrica la altura hasta el fondo del baño, de la siguiente forma:

Introducir verticalmente hacia la profundidad una varilla de vidrio hasta que tope, se coloca una marca con plumón indeleble. Se mide con la regla milimétrica la varilla desde el inicio hasta la marca, el dato de longitud que se obtenga es la "Distancia que existe del fondo a la superficie" del baño de temperatura.

1.1.2 Introducir la varilla de vidrio por uno de los pozos del baño, medir la altura, se obtiene un valor de 17,8 cm. Se considera la altura total del inicio a la marca no. 1

1.1.3 Del inicio a la marca no. 2 son 2,7 cm

1.1.4 Del inicio a la marca no. 3 son 3,7 cm

1.1.5 Del inicio a la marca no. 4 son 4,7 cm

1.1.6 Del inicio a la marca no. 5 son 5,7 cm

1.1.7 Del inicio a la marca no. 6 son 6,7 cm

1.1.8 Del inicio a la marca no. 7 son 7,7 cm

1.1.9 Del inicio a la marca no. 8 son 8,7 cm

1.1.10 Del inicio a la marca no. 9 son 9,7 cm

1.1.11 Del inicio a la marca no. 10 son 10,7 cm

1.1.12 Del inicio a la marca no. 11 son 11,7 cm

1.1.13 Del inicio a la marca no. 12 son 12,7 cm

1.1.14 Del inicio a la marca no. 13 son 13,7 cm

1.1.15 Del inicio a la marca no. 14 son 14,7 cm

1.1.16 Del inicio a la marca no. 15 son 15,7 cm

1.1.17 Del inicio a la marca no. 16 son 16,7 cm

1.1.18 Del inicio a la marca no. 17 son 17,7 cm

Nota: Lo anterior también se expresa como lo siguiente:

Si se coloca la varilla en la marca no. 16 quiere decir que he levantado ésta a 1 cm de distancia con respecto al fondo.

Explicación:

Para obtener la distancia que se está elevando la varilla del fondo se hace lo siguiente:

Si la varilla se levanta a la marca indicada como 16, ésta tiene una distancia de 16,7 cm por lo que debo restar a 17,7 cm, en valor absoluto da 1 cm, lo cual se interpreta que se está levantando la varilla 1 cm del fondo del baño.

Otro ejemplo:

Si se eleva la varilla a la marca no. 10, se está levantando 7 cm con respecto al fondo, porque:

$$17,7 \text{ cm} - 10,7 \text{ cm} = 7 \text{ cm}$$

A continuación lo anterior se representa gráficamente para un mejor entendimiento.

(Figura no. 3)

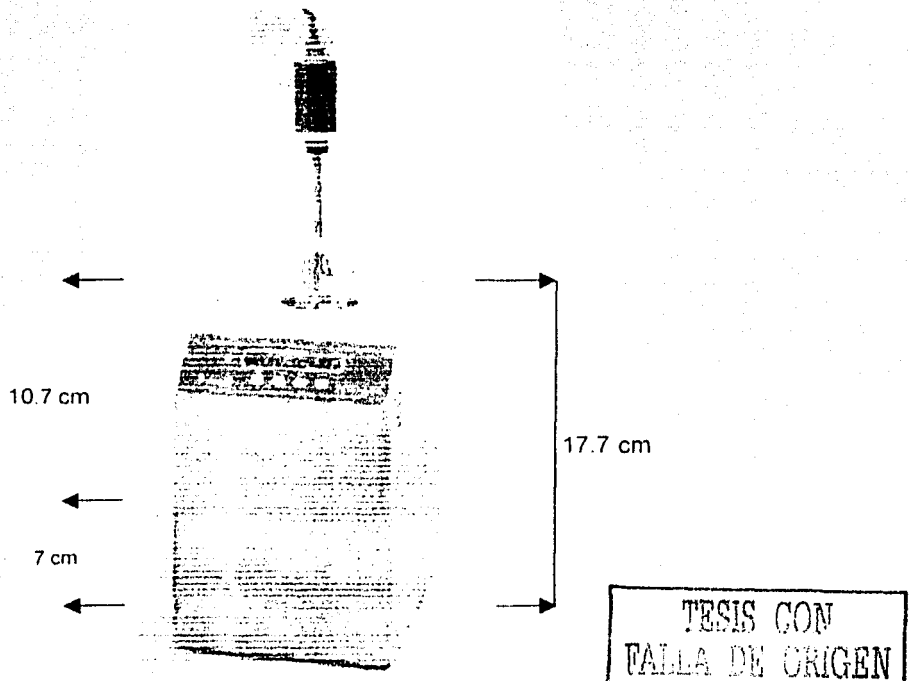
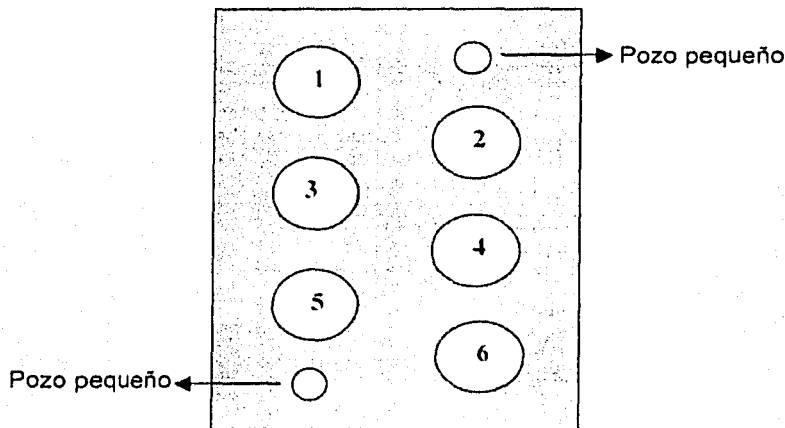


Figura no. 3.

RTD en Kaye 140 LTR usados para la caracterización

- 1.1.19 Repetir el mismo procedimiento para el RTD
- 1.1.20 Hacer la lectura de temperatura en la pantalla de la computadora o por 5 veces esperando 2 minutos entre lectura y lectura.
- 1.1.21 Hacer la medición a 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, cm del fondo, hacer la lectura cm a cm.
- 1.1.22 Empezar con la temperatura de 20° C (para observar el comportamiento del baño Kaye a la temperatura ambiente) y no tener duda en las demás lecturas de temperatura.
- 1.1.23 Sumergir el RTD junto con la varilla de vidrio deben estar unidas con cinta adhesiva y la punta de la varilla debe estar al mismo nivel con la punta del RTD, introducir las en el pozo no.1. (Ver dibujo 1).



Dibujo no. 1 Vista de la superficie del baño Kaye
El número fue asignado a los pozos para su estudio durante la caracterización.

- 1.1.24 Esperar 15 minutos a que se estabilice el RTD entre altura y altura.
- 1.1.25 Realizar lecturas de temperatura a 10°, 37°, 50°, 70°, 100°, 120° y 140° para el pozo no. 1
- 1.1.26 Esperar 30 minutos entre un cambio de temperatura y otro, para estar completamente seguros de la estabilización del baño de temperatura.
- 1.1.27 Una vez fijo el RTD, no moverlo para no causar cambios bruscos en la lectura de temperatura.
- 1.1.28 Hacer lecturas de temperatura a 10°, 20°, 37°, 50°, 70°, 100°, 120° y 140° para cada uno de los demás pozos (en total 6 pozos) a las diferentes alturas que se mencionaron anteriormente.
- 1.1.29 Registrar cada una de las temperaturas de las lecturas de cada pozo a cada altura y después hacer el promedio.

- 1.1.30 Hacer un tabla para tabular el promedio de las temperaturas para los pozos no. 1, 2, 3,4,5,6 correspondiente a cada altura.
- 1.1.31 Del tabla anterior calcular la diferencia de temperatura de la altura siguiente menos la altura cero cm. Ejemplo: para la temperatura de 10°C (19.815-9.995), (16.531-9.995), (13.139-9.995), (11.119-9.995) etc. Hasta (9.995-9.995).
- 1.1.32 Tabular estas diferencias para los seis pozos contra las alturas. Con este dato se obtiene la máxima altura a la que aún se comporta el baño de forma consistente. (CARACTERIZACION VERTICAL)
- 1.1.33 Graficar la temperatura versus altura para observar gráficamente el comportamiento del baño Kaye que es otra forma de observar hasta que temperatura es constante el comportamiento del baño y obtener la mejor altura.
- 1.1.34 Hacer un análisis de varianza para demostrar la mejor altura.

2.0 Caracterización horizontal

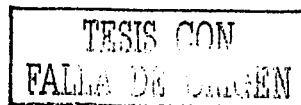
- 2.1 La caracterización horizontal consiste en hacer la comparación de lecturas de temperatura entre pozo y pozo.
- 2.2 Obtener el promedio de las temperaturas de 10, 20, 37, 50, 70, 100, 120 y 140°C de cada uno de los pozos solo hasta la altura que se considere confiable para colocar el RTD.
- 2.3 Determinar cuál es el mejor pozo (que tiene menos variabilidad con respecto a la temperatura nominal) para ser considerado como pozo patrón.
- 2.4 Obtener la diferencia a cada altura para cada una de las temperaturas de cada uno de los seis pozos con respecto al pozo patrón. Es decir se resta el valor de temperatura del pozo patrón menos el valor de temperatura del pozo 1, del pozo 2, del pozo 3, del pozo 4, del pozo 5, del pozo 6 y tabular en un tabla.
- 2.5 Con el promedio obtenido de las temperaturas realizar una gráfica de temperatura promedio contra número de pozo para observar el comportamiento en cada temperatura.
- 2.6 Hacer la comparación entre pozo y pozo y determinar la variabilidad de cada pozo a cada temperatura hasta la altura óptima esto es dividir la temperatura promedio entre la temperatura nominal por ejemplo $9.997/10$ y multiplicar por 100, obteniéndose 99.97% , así para cada temperatura y los datos obtenidos se tabulan.
- 2.7 Obtener el rango y el valor menor será el pozo patrón.
- 2.8 Identificar el pozo patrón usándolo de referencia para compararlo con los demás pozos y analizar si existe diferencia significativa mediante una prueba de ANADEVa con algún otro pozo, tabular los resultados y los valores de la prueba de "F" para tomar la decisión correcta
- 2.9 Calcular la incertidumbre.

Para obtener la incertidumbre combinada se toman en cuenta las siguientes incertidumbres individuales:

$$U = f \left\{ U_{\text{RTD del certificado de Calibración, con distribución con } K=2}, U_{\text{Temperatura ambiental con distribución triangular}}, U_{\text{Resolución del Baño Kaye, distribución cuadrangular}}, U_{\text{Tipo A, } S/\sqrt{n}^{1/2}} \right\}$$

Calcular la incertidumbre combinada para cada temperatura, 10, 20, 37, 50, 70, 100, 120 y 140°C .

Después obtener la incertidumbre expandida.



**CAPITULO VII
RESULTADOS**

POZO NO. 2 TEMPERATURA 10° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	10.005, 10.005, 10.005, 10.005, 10.005	10.005
1	9.991, 9.992, 9.990, 9.991, 9.991	9.991
2	9.990, 9.990, 9.991, 9.991, 9.990	9.990
3	9.997, 9.998, 9.999, 9.999, 9.999	9.998
5	10.036, 10.036, 10.037, 10.037, 10.037	10.037
7	10.123, 10.125, 10.124, 10.125, 10.125	10.124
9	10.350, 10.353, 10.354, 10.354, 10.354	10.353
11	11.216, 11.218, 11.219, 11.220, 11.220	11.218
13	13.002, 12.999, 12.942, 12.901, 12.889	12.46
15	16.712, 16.715, 16.720, 16.724, 16.719	16.718
17.7	21.326, 21.341, 21.317, 21.282, 21.272	21.307

Tabla No.1

POZO NO. 2 TEMPERATURA 20° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	19.997, 19.998, 19.998, 19.998, 19.998	19.997
1	19.993, 19.992, 19.993, 19.992, 19.992	19.992
2	19.993, 19.994, 19.993, 19.993, 19.993	19.993
3	19.992, 19.992, 19.994, 19.993, 19.993	19.992
5	19.995, 19.995, 19.994, 19.995, 19.995	19.995
7	19.995, 19.995, 19.995, 19.995, 19.995	19.995
9	19.995, 19.998, 19.997, 19.997, 19.997	19.997
11	20.022, 20.023, 20.023, 20.022, 20.021	20.022
13	20.074, 20.073, 20.074, 20.074, 20.073	20.074
15	20.253, 20.278, 20.282, 20.280, 20.282	20.275
17.7	20.417, 20.409, 20.413, 20.414, 20.420	20.414

Tabla No.2

POZO NO: 2 TEMPERATURA 37° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	36.981, 36.981, 36.981,36.980,36.979	36.980
1	36.992, 36.992, 36.992, 36.993, 36.992	36.992
2	36.993, 36.993, 36.993, 36.993, 36.993	36.993
3	36.985, 36.985, 36.985, 36.984, 36.985	36.984
5	36.933, 36.932, 36.931, 36.932, 36.933	36.932
7	36.842, 36.842, 36.842, 36.841, 36.842	36.842
9	36.643, 36.642, 36.643, 36.644, 36.644	36.643
11	35.878, 35.877, 35.872, 35.999, 36.109	35.947
13	34.330, 34.331, 34.331, 34.332, 34.332	34.331
15	28.893, 28.901, 28.921, 28.922,28.919	28.911
17.7	22.006, 22.078, 22.068, 22.046, 22.042	22.048

Tabla No.3

POZO NO: 2 TEMPERATURA 50° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	49.973, 49.973, 49.972, 49.973, 49.973	49.973
1	50.001, 50.000, 50.000, 50.001, 50.001	50.000
2	50.001, 50.001, 50.002, 50.003, 50.002	50.002
3	49.982, 49.982, 49.982, 49.982, 49.982	49.982
5	49.889, 49.889, 49.882, 49.889, 49.890	49.889
7	49.753, 49.754, 49.755, 49.754, 49.754	49.753
9	49.431, 49.431, 49.432, 49.432, 49.432	49.432
11	48.440, 48.441, 48.440, 48.440, 4.445	48.441
13	45.371, 45.374, 45.377, 45.379, 45.380	45.376
15	34.604, 34.600, 34.631, 34.687, 34.734	34.651
17.7	22.148, 22.169, 22.186, 22.208, 22.276	22.197

Tabla No.4

POZO NO: 2 TEMPERATURA 70° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	69.957, 69.973, 69.973, 69.971, 69.970	69.968
1	70.019, 70.018, 70.020, 70.020, 70.020	70.019
2	70.014, 70.015, 70.014, 70.014, 70.014	70.014
3	69.983, 69.983, 69.985, 69.984, 69.984	69.984
5	69.831, 69.830, 69.830, 69.830, 69.830	69.830
7	69.550, 69.551, 69.550, 69.550, 69.550	69.550
9	68.982, 68.980, 68.979, 68.980, 68.980	68.980
11	68.313, 68.306, 68.308, 68.292, 68.271	68.298
13	59.924, 59.921, 59.924, 59.917, 59.910	59.919
15	46.049, 46.025, 45.924, 45.807, 45.759	45.912
17.7	22.877, 22.880, 22.891, 22.905, 22.918	22.94

Tabla No.5

POZO NO: 2 TEMPERATURA 100° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	99.972, 99.971, 99.972, 99.972, 99.972	99.972
1	100.050, 100.051, 100.049, 100.050, 100.050	100.050
2	100.050, 100.050, 100.051, 100.051, 100.051	100.051
3	100.008, 100.007, 100.008, 100.007, 100.008	100.008
5	99.770, 99.769, 99.769, 99.769, 99.769	99.769
7	99.466, 99.467, 99.468, 99.467, 99.469	99.467
9	98.108, 98.108, 98.108, 98.108, 98.105	98.107
11	95.436, 95.443, 95.449, 95.459, 95.472	95.451
13	87.220, 87.274, 87.234, 87.263, 87.271	87.252
15	49.047, 49.033, 49.031, 49.022, 49.012	49.029
17.7	22.650, 22.682, 22.728, 22.757, 22.821	22.727

Tabla No.6

POZO NO: 2 TEMPERATURA 120° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	119.981, 119.982, 119.980, 119.980, 119.980	119.980
1	120.087, 120.087, 120.087, 120.085, 120.084	120.086
2	120.088, 120.088, 120.088, 120.088, 120.088	120.088
3	120.026, 120.026, 120.026, 120.027, 120.026	120.026
5	119.709, 119.708, 119.708, 119.708, 119.708	119.708
7	119.73, 119.173, 119.109, 119.166, 119.161	119.156
9	117.373, 117.371, 117.369, 117.68, 117.369	117.370
11	110.534, 110.522, 110.523, 110.521, 110.523	110.524
13	91.604, 91.603, 91.619, 91.633, 91.642	91.620
15	56.002, 56.015, 56.022, 56.037, 56.041	56.023
17.7	22.905, 22.816, 22.821, 22.839, 22.884	22.853

Tabla No.7

POZO NO: 2 TEMPERATURA 140° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	140.058, 140.053, 140.042, 140.034, 140.023	140.042
1	140.097, 140.097, 140.096, 140.095, 140.096	140.096
2	140.110, 140.108, 140.108, 140.106, 140.102	140.106
3	140.048, 140.119, 140.109, 140.100, 140.090	140.093
5	139.671, 139.670, 139.671, 139.670, 139.670	139.670
7	139.194, 139.193, 139.193, 139.192, 139.189	139.192
9	136.889, 136.888, 136.888, 136.891, 136.890	136.889
11	129.908, 129.903, 129.900, 129.897, 129.895	129.900
13	116.929, 116.996, 117.056, 117.053, 117.053	117.017
15	62.468, 62.466, 62.460, 62.426, 62.380	62.440
17.7	23.270, 23.353, 23.334, 23.379, 23.429	23.353

Tabla No.8

POZO NO: 5 TEMPERATURA 10° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	10.001, 10.001, 10.002, 10.03, 10.003	10.002
1	9.986, 9.985, 9.986, 9.986, 9.985	9.986
2	9.983, 9.984, 9.984, 9.984, 9.984	9.984
3	9.985, 9.984, 9.985, 9.985, 9.985	9.985
5	10.021, 10.022, 10.022, 10.022, 10.023	10.022
7	10.113, 10.113, 10.114, 10.115, 10.116	10.116
9	10.212, 10.211, 10.212, 10.213, 10.213	10.212
11	10.636, 10.636, 10.641, 10.644, 10.646	10.640
13	11.706, 11.705, 11.708, 11.712, 11.722	11.710
15	16.559, 16.561, 16.602, 16.645, 16.688	16.611
17.7	20.669, 20.695, 20.710, 20.719, 20.740	20.706

Tabla No.9

POZO NO: 5 TEMPERATURA 20° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	19.989, 19.989, 19.989, 19.989, 19.989	19.989
1	19.989, 19.990, 19.990, 19.989, 19.989	19.989
2	19.989, 19.988, 19.989, 19.987, 19.988	19.988
3	19.993, 19.994, 19.992, 19.993, 19.993	19.993
5	19.982, 19.982, 19.983, 19.983, 19.985	19.983
7	19.973, 19.973, 19.973, 19.973, 19.974	19.973
9	19.942, 19.944, 19.945, 19.947, 19.948	19.945
11	19.859, 19.857, 19.854, 19.853, 19.850	19.854
13	19.724, 19.730, 19.733, 19.738, 19.745	19.734
15	19.443, 19.445, 19.444, 19.443, 19.445	19.444
17.7	19.181, 19.200, 19.212, 19.266, 19.298	19.231

Tabla No.10

POZO NO: 5 TEMPERATURA 37° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	36.976, 36.975, 36.975, 36.976, 36.975	36.975
1	36.995, 36.996, 36.996, 36.995, 36.996	36.996
2	36.993, 36.993, 36.994, 36.994, 36.994	36.994
3	36.980, 36.981, 36.980, 36.980, 36.980	36.980
5	36.917, 36.917, 36.917, 36.917, 36.918	36.917
7	36.791, 36.790, 36.791, 36.790, 36.790	36.790
9	36.512, 36.511, 36.512, 36.512, 36.513	36.512
11	35.648, 35.647, 35.645, 35.646, 35.645	35.646
13	32.867, 32.866, 32.867, 32.866, 32.868	32.866
15	27.118, 27.120, 27.122, 27.123, 27.125	27.121
17,7	20.429, 20.428, 20.427, 20.427, 20.429	20.428

Tabla No. 11

POZO NO: 5 TEMPERATURA 50° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	49.973, 49.972, 49.971, 49.971, 49.970	49.971
1	50.002, 50.002, 50.002, 50.002, 50.002	50.002
2	50.004, 50.004, 50.005, 50.005, 50.006	50.005
3	49.974, 49.974, 49.975, 49.75, 49.975	49.975
5	49.871, 49.872, 49.873, 49.873, 49.873	49.872
7	49.721, 49.720, 40.721, 49.721, 49.721	49.721
9	49.309, 49.309, 49.311, 49.310, 49.312	49.310
11	47.072, 47.071, 47.075, 47.078, 47.081	47.073
13	43.360, 43.359, 43.360, 43.360, 43.363	43.360
15	32.786, 32.798, 32.807, 32.810, 32.823	32.804
17.7	20.29, 20.939, 20.932, 20.907, 20.877	20.917

Tabla No. 12

POZO NO: 5 TEMPERATURA 70°C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	69.978, 69.976, 69.976, 69.977, 69.976	69.977
1	70.031, 70.031, 70.030, 70.031, 70.031	70.031
2	70.023, 70.024, 70.023, 70.025, 70.024	70.024
3	69.991, 69.990, 69.990, 69.990, 69.991	69.990
5	69.822, 69.822, 69.822, 69.822, 69.823	69.822
7	69.537, 69.536, 69.536, 69.536, 69.536	69.536
9	68.687, 68.672, 68.667, 68.665, 68.663	68.670
11	66.102, 66.098, 66.097, 66.094, 66.093	66.097
13	57.74, 57.975, 57.979, 57.979, 57.984	57.978
15	40.468, 40.475, 40.486, 40.500, 40.528	40.491
17.7	24.951, 24.951, 24.998, 24.993, 24.966	24.972

Tabla No.13

POZO NO: 5 TEMPERATURA 100° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	99.985, 99.985, 99.985, 99.986, 99.985,	99.985
1	100.076, 100.075, 100.076, 100.075, 100.076	100.076
2	100.075, 100.074, 100.076, 100.074, 100.075	100.075
3	100.074, 100.075, 100.074, 100.073, 100.074	100.074
5	99.757, 99.757, 99.756, 99.756,, 99.757	99.757
7	99.325, 99.326, 99.325, 99.324, 99.325	99.325
9	98.000, 97.998, 97.996, 97.995, 97.993	97.996
11	93.758, 93.754, 93.750, 93.749, 93.752	93.753
13	84.005, 83.951, 83.902, 83.888, 83.879	83.925
15	52.611, 52.608, 52.624, 52.630, 52.638	52.622
17.7	21.225, 21.229, 21.249, 21.252, 21.237	21.238

Tabla No.14

POZO NO: 5 TEMPERATURA 120° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	119.989, 119.988, 119.987, 119.985, 119.983	119.986
1	120.109, 120.110, 120.108, 120.105, 120.105	120.107
2	120.116, 120.117, 120.116, 120.116, 120.116	120.116
3	120.045, 120.045, 120.045, 120.046, 120.047	120.046
5	119.728, 119.727, 119.727, 119.728, 119.727	119.727
7	119.241, 119.239, 119.239, 119.238, 119.239	119.239
9	117.707, 117.707, 117.705, 117.705, 117.703	117.705
11	112.811, 112.811, 112.809, 112.807, 112.807	112.809
13	102.306, 102.303, 102.290, 102.281, 102.235	102.283
15	71.997, 71.998, 72.016, 72.018, 72.037	72.013
17	24.060, 24.057, 24.026, 24.031, 24.064	24.047

Tabla No.15

POZO NO: 5 TEMPERATURA 140° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	139.98, 139.992, 139.990, 139.989, 139.986	139.991
1	140.126, 140.125, 140.125, 140.125, 140.125	140.125
2	140.137, 140.137, 140.138, 140.137, 140.139	140.138
3	140.045, 140.045, 140.045, 140.044, 140.043	140.044
5	139.666, 139.664, 139.664, 139.664, 139.665	139.664
7	139.058, 139.057, 139.057, 139.056, 139.057	139.057
9	137.334, 137.335, 137.336, 137.340, 137.343	137.338
11	130.607, 130.596, 130.594, 130.593, 130.595	130.597
13	113.419, 113.418, 113.415, 113.413, 113.412	113.415
15	79.330, 79.324, 79.320, 79.326, 79.342	79.328
17,7	23.104, 23.104, 23.100, 23.076, 23.974	23.271

Tabla No.16

POZO NO: 1 TEMPERATURA 10° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	9.994, 9.94, 9.96, 9.995, 9.994	9.995
1	9.984, 9.983, 9.984, 9.983, 9.983	9.983
2	9.985, 9.986, 9.986, 9.986, 9.985	9.986
3	9.994, 9.995, 9.995, 9.995, 9.995	9.995
5	10.031, 10.030, 10.031, 10.032, 10.030	10.031
7	10.105, 10.106, 10.106, 10.106, 10.108	10.06
9	10.345, 10.346, 10.347, 10.349, 10.350	10.347
11	11.118, 11.119, 11.119, 11.121, 11.122	11.119
13	13.139, 13.139, 13.138, 13.137, 13.141	13.139
15	16.530, 16.531, 16.531, 16.532, 16.534	16.531
17.7	19.815, 19.814, 19.814, 19.816, 19.817	19.815

Tabla No.17

POZO NO: 1 TEMPERATURA 20° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	19.981, 19.981, 19.982, 19.984, 19.984	19.982
1	19.984, 19.984, 19.983, 19.984, 1.983	19.983
2	19.985, 19.986, 19.986, 19.985, 19.986	19.986
3	19.987, 19.986, 19.987, 19.988, 19.87	19.987
5	19.989, 19.987, 19.988, 19.988, 19.987	19.988
7	19.990, 19.989, 19.989, 19.990, 19.990	19.990
9	19.997, 19.997, 19.996, 19.997, 19.996	19.997
11	19.777, 19.777, 19.778, 19.779, 19.782	19.779
13	19.411, 19.412, 19.412, 19.413, 19.414	19.412
15	18.625, 18.625, 18.625, 18.624, 18.625	18.625
17,7	18.336, 18.336, 18.336, 18.337, 18.337	18.336

Tabla No.18

POZO NO: 1 TEMPERATURA 37° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	36.958, 36.957, 36.957, 36.958, 36.957	36.957
1	36.970, 36.969, 36.970, 36.970, 36.970	36.970
2	36.969, 36.969, 36.968, 36.969, 36.969	36.969
3	36.955, 36.955, 36.955, 36.955, 36.955	36.955
5	36.888, 36.888, 36.888, 36.889, 36.889	36.888
7	36.776, 36.774, 36.772, 36.770, 36.772	36.772
9	36.375, 36.375, 36.375, 36.373, 36.374	36.374
11	35.050, 35.050, 35.053, 35.056, 35.058	35.053
13	31.902, 31.879, 31.889, 31.896, 31.906	31.894
15	26.787, 26.777, 26.790, 26.831, 26.859	26.755
17,7	19.487, 19.526, 19.550, 19.579, 19.609	19.550

Tabla No.19

POZO NO: 1 TEMPERATURA 50° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	49.969, 49.972, 49.972, 49.972, 49.972	49.971
1	49.994, 49.994, 49.994, 49.994, 49.994	49.994
2	49.995, 49.995, 49.995, 49.994, 49.994	49.995
3	49.962, 49.962, 49.962, 49.961, 49.964	49.962
5	49.861, 49.862, 49.861, 49.861, 49.862	49.861
7	49.627, 49.621, 49.618, 49.615, 49.612	49.619
9	49.165, 49.166, 49.165, 49.169, 49.170	49.167
11	46.780, 46.743, 46.728, 46.725, 46.724	46.740
13	42.607, 42.602, 42.605, 42.609, 42.624	42.609
15	32.014, 32.020, 32.070, 32.109, 32.099	32.062
17,7	20.698, 20.724, 20.745, 20.773, 20.813	20.51

Tabla No.20

POZO NO: 1 TEMPERATURA 70° C

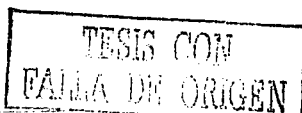
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	69.982, 69.981, 69.981, 69.979, 69.979	69.980
1	70.015, 70.016, 70.015, 70.015, 70.015	70.015
2	70.006, 70.006, 70.006, 70.006, 70.006	70.006
3	69.967, 69.967, 69.968, 69.968, 69.968	69.968
5	69.805, 69.803, 69.800, 69.796, 69.793	69.799
7	69.394, 69.394, 69.394, 69.394, 69.394	69.394
9	68.431, 68.431, 68.429, 68.429, 68.430	68.430
11	65.146, 65.132, 65.098, 65.106, 65.125	65.121
13	54.574, 54.571, 54.570, 54.581, 54.600	54.579
15	36.581, 36.582, 36.583, 36.587, 36.21	36.591
17,7	19.736, 19.729, 19.728, 19.731, 19.738	19.732

Tabla No.21

POZO NO: 1 TEMPERATURA 100° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	100.002, 100.004, 100.003, 100.000, 99.997	100.001
1	100.040, 100.040, 100.040, 100.040, 100.040	100.040
2	100.030, 100.031, 100.030, 100.031, 100.030	100.030
3	99.974, 99.974, 99.973, 99.973, 99.974	99.974
5	99.730, 99.731, 99.730, 99.731, 99.731	99.731
7	99.242, 99.242, 99.241, 99.242, 99.241	99.242
9	97.869, 97.868, 97.869, 97.868, 97.868	97.868
11	91.883, 91.882, 91.883, 91.882, 91.880	91.882
13	79.256, 79.252, 79.251, 79.248, 79.244	79.250
15	53.363, 53.364, 53.363, 53.363, 53.363	53.363
17,7	21.381, 21.397, 21.410, 21.421, 21.429	21.407

Tabla No.22



POZO NO: 1 TEMPERATURA 120° C

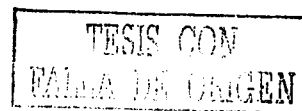
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	119.990, 119.990, 119.989, 119.989, 119.990	119.990
1	120.080, 120.081, 120.080, 120.082, 120.080	120.081
2	120.069, 120.069, 120.069, 120.069, 120.069	120.069
3	119.997, 119.997, 119.996, 119.996, 119.997	119.997
5	119.647, 119.647, 119.648, 119.648, 119.647	119.647
7	119.050, 119.049, 119.050, 119.048, 119.046	119.049
9	117.494, 117.492, 117.491, 117.90, 117.489	117.491
11	111.675, 111.658, 111.646, 111.645, 111.643	111.653
13	98.587, 98.584, 98.571, 98.567, 98.563	98.574
15	66.091, 66.076, 66.069, 66.060, 66.055	66.070
17,7	20.814, 20.808, 20.797, 20.773, 20.755	20.789

Tabla No.23

POZO NO: 1 TEMPERATURA 140° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	139.990, 139.989, 139.989, 139.988, 139.989	139.989
1	140.104, 140.103, 140.103, 140.102, 140.103	140.103
2	140.093, 140.049, 140.093, 140.093, 140.093	140.093
3	139.990, 139.990, 139.991, 139.990, 139.991	139.990
5	139.648, 139.648, 139.647, 139.647, 139.648	139.648
7	138.947, 138.947, 138.946, 138.944, 138.944	138.946
9	136.917, 136.911, 136.905, 136.910, 136.900	136.909
11	129.241, 129.240, 129.240, 129.239, 129.239	129.240
13	110.605, 110.586, 110.567, 110.546, 110.529	110.566
15	72.031, 72.027, 72.026, 72.001, 71.995	72.016
17,7	23.053, 23.033, 23.017, 23.003, 22.988	23.019

Tabla No.24



POZO NO: 6 TEMPERATURA 10° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	10.000, 9.999, 9.999, 10.000, 10.000	9.999
1	9.982, 9.982, 9.981, 9.981, 9.981	9.981
2	9.980, 9.980, 9.980, 9.980, 9.981	9.980
3	9.983, 9.983, 9.984, 9.983, 9.983	9.983
5	10.008, 10.008, 10.008, 10.009, 10.009	10.008
7	10.042, 10.042, 10.042, 10.042, 10.042	10.042
9	10.111, 10.111, 10.111, 10.112, 10.112	10.111
11	10.466, 10.466, 10.467, 10.467, 10.466	10.466
13	12.043, 12.043, 12.046, 12.046, 12.047	12.045
15	15.284, 15.284, 15.284, 15.285, 15.285	15.284
17,7	18.693, 18.693, 18.693, 18.707, 18.718	18.701

Tabla No.25

POZO NO: 6 TEMPERATURA 20° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	19.980, 19.980, 19.980, 19.981, 19.980	19.980
1	19.986, 19.986, 19.987, 19.985, 19.986	19.986
2	19.987, 19.987, 19.986, 19.986, 19.987	19.987
3	19.986, 19.986, 19.986, 19.987, 19.987	19.986
5	19.985, 19.985, 19.985, 19.985, 19.985	19.985
7	19.983, 19.983, 19.983, 19.983, 19.983	19.983
9	19.974, 19.975, 19.975, 19.975, 19.976	19.975
11	19.985, 19.985, 19.985, 19.985, 19.985	19.985
13	19.948, 19.948, 19.948, 19.948, 19.948	19.948
15	19.797, 19.797, 19.797, 19.798, 19.801	19.798
17,7	19.676, 19.679, 19.680, 19.683, 19.686	19.681

Tabla No.26

POZO NO: 6 TEMPERATURA 37° C

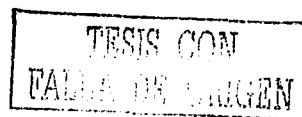
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	36.979, 36.979, 36.978, 36.978, 36.980	36.978
1	37.000, 37.000, 37.000, 37.000, 36.999	37.000
2	37.001, 37.001, 37.001, 37.000, 37.000	37.001
3	36.985, 36.985, 36.985, 36.985, 36.985	36.985
5	36.921, 36.920, 36.921, 36.920, 36.920	36.921
7	36.841, 36.841, 36.841, 36.840, 36.840	36.841
9	36.546, 36.546, 36.546, 36.547, 36.547	36.546
11	35.795, 35.792, 35.788, 35.782, 35.776	35.787
13	34.788, 34.788, 34.785, 34.782, 34.780	34.785
15	26.201, 26.201, 26.202, 26.204, 26.205	26.202
17,7	19.587, 19.587, 19.597, 19.612, 19.630	19.603

Tabla No.27

POZO NO: 6 TEMPERATURA 50° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	49.975, 49.975, 49.975, 49.976, 49.976	49.975
1	50.012, 50.012, 50.011, 50.011, 50.012	50.012
2	50.006, 50.006, 50.007, 50.007, 50.007	50.007
3	49.988, 49.988, 49.988, 49.988, 49.987	49.988
5	49.903, 49.903, 49.904, 49.904, 49.9093	49.903
7	49.644, 49.644, 49.643, 49.643, 49.643	49.643
9	48.934, 48.934, 48.933, 48.933, 48.933	48.933
11	47.311, 47.311, 47.311, 47.312, 47.312	47.311
13	41.834, 41.832, 41.831, 41.829, 41.824	41.830
15	32.668, 32.668, 32.665, 32.663, 32.664	32.666
17,7	20.431, 20.417, 20.420, 20.435, 20.455	20.432

Tabla No.28



POZO NO: 6 TEMPERATURA 70° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	69.978, 69.978, 69.978, 69.977, 69.977	69.978
1	70.030, 70.030, 70.029, 70.029, 70.029	70.029
2	70.041, 70.041, 70.041, 70.041, 70.041	70.041
3	70.002, 70.002, 70.002, 70.001, 70.001	70.002
5	69.806, 69.806, 69.806, 69.807, 69.805	69.806
7	69.486, 69.486, 69.487, 69.486, 69.486	69.486
9	68.654, 68.654, 68.654, 68.654, 68.653	68.654
11	65.385, 65.385, 65.385, 65.384, 65.384	65.385
13	56.443, 56.444, 56.446, 56.447, 56.448	56.446
15	40.272, 40.272, 40.272, 40.272, 40.272	40.272
17,7	20.199, 20.195, 20.190, 20.191, 20.192	20.193

Tabla No.29

POZO NO: 6 TEMPERATURA 100° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	99.995, 99.995, 99.995, 99.994, 99.994	99.995
1	100.079, 100.078, 100.079, 100.080, 100.079	100.079
2	100.092, 100.092, 100.093, 100.094, 100.093	100.093
3	100.042, 100.042, 100.043, 100.044, 100.042	100.043
5	99.790, 99.790, 99.790, 99.790, 99.789	99.790
7	99.555, 99.555, 99.556, 99.557, 99.555	99.555
9	98.603, 98.603, 98.604, 98.604, 98.604	98.604
11	93.914, 93.914, 93.915, 93.915, 93.914	93.914
13	83.847, 83.840, 83.830, 83.817, 83.821	83.831
15	57.854, 57.854, 57.841, 57.835, 57.828	57.842
17,7	21.774, 21.775, 21.776, 21.777, 21.785	21.774

Tabla No.30

POZO NO: 6 TEMPERATURA 120° C

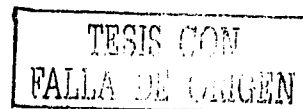
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	120.019, 120.019, 120.018, 120.018, 120.019	120.019
1	120.166, 120.166, 120.167, 120.167, 120.167	120.167
2	120.173, 120.173, 120.173, 120.173, 120.173	120.173
3	120.095, 120.095, 120.095, 120.095, 120.095	120.095
5	119.862, 119.862, 119.63, 119.864, 119.863	119.863
7	119.698, 119.698, 119.697, 119.697, 119.697	119.697
9	118.821, 118.821, 118.823, 118.822, 118.821	118.822
11	112.679, 112.679, 112.678, 112.679, 112.677	112.678
13	98.382, 98.383, 98.382, 98.381, 98.380	98.382
15	60.903, 60.903, 60.903, 60.900, 60.902	60.902
17,7	22.496, 22.491, 22.486, 22.486, 22.492	22.490

Tabla No.31

POZO NO: 6 TEMPERATURA 140° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	140.014, 140.014, 140.014, 140.013, 140.013	140.014
1	140.147, 140.147, 140.146, 140.148, 140.147	140.147
2	140.104, 140.104, 140.104, 140.104, 140.105	140.104
3	140.066, 140.066, 140.067, 140.067, 140.066	140.066
5	139.840, 139.840, 139.841, 139.841, 139.840	139.840
7	139.550, 139.549, 139.548, 139.549, 139.550	139.549
9	136.574, 136.571, 136.571, 136.570, 136.569	136.569
11	129.889, 129.890, 129.890, 129.889, 129.889	129.889
13	115.228, 115.230, 115.224, 115.229, 115.217	115.226
15	73.179, 73.180, 73.187, 73.191, 73.193	73.186
17,7	23.519, 23.520, 23.522, 23.524, 23.525	23.522

Tabla No.32



POZO NO: 3 TEMPERATURA 10° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	9.985, 9.985, 9.985, 9.985, 9.985	9.985
1	9.982, 9.982, 9.981, 9.982, 9.981	9.982
2	9.980, 9.980, 9.979, 9.980, 9.980	9.980
3	9.981, 9.981, 9.981, 9.982, 9.82	9.981
5	10.005, 10.005, 10.005, 10.004, 10.004	10.005
7	10.070, 10.069, 10.069, 10.070, 10.070	10.070
9	10.200, 10.200, 10.200, 10.200, 10.200	10.200
11	10.812, 10.812, 10.811, 10.811, 10.811	10.811
13	12.501, 12.500, 12.501, 12.500, 12.500	12.500
15	15.245, 15.248, 15.251, 15.255, 15.258	15.251
17,7	19.274, 19.274, 19.275, 19.279, 19.282	19.277

Tabla No.33

POZO NO: 3 TEMPERATURA 20° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	19.985, 19.985, 19.984, 19.985, 19.984	19.985
1	19.984, 19.984, 19.983, 19.983, 19.983	19.983
2	19.985, 19.985, 19.985, 19.985, 19.985	19.985
3	19.984, 19.984, 19.984, 19.984, 19.984	19.984
5	19.982, 19.982, 19.981, 19.981, 19.982	19.982
7	19.982, 19.982, 19.981, 19.981, 19.981	19.981
9	19.981, 19.981, 19.981, 19.980, 19.980	19.981
11	19.69, 19.969, 19.979, 19.970, 19.969	19.969
13	19.927, 19.927, 19.928, 19.928, 19.928	19.928
15	19.967, 19.968, 19.968, 19.968, 19.968	19.968
17,7	19.974, 19.973, 19.975, 19.970, 19.983	19.977

Tabla No.34

POZO NO: 3 TEMPERATURA 37° C

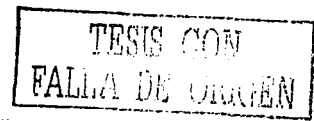
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	36.976, 36.976, 36.976, 36.976, 36.976	36.976
1	36.985, 36.985, 36.986, 36.986, 36.986	36.986
2	36.984, 36.984, 36.984, 36.984, 36.985	36.984
3	36.975, 36.975, 36.975, 36.975, 36.975	36.975
5	36.982, 36.982, 36.983, 36.983, 36.982	36.983
7	36.813, 36.813, 36.813, 36.814, 36.814	36.813
9	36.474, 36.474, 36.473, 36.473, 36.473	36.473
11	35.437, 35.436, 35.437, 35.437, 35.437	35.437
13	32.518, 32.518, 32.518, 32.518, 32.518	32.518
15	25.721, 25.721, 25.720, 25.720, 25.722	25.721
17,7	19.803, 19.799, 19.773, 19.769, 19.760	19.781

Tabla No.35

POZO NO: 3 TEMPERATURA 50° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	49.977, 49.973, 49.973, 49.974, 49.974	49.974
1	49.997, 49.997, 49.998, 49.998, 49.997	49.997
2	49.997, 49.997, 49.996, 49.997, 49.997	49.997
3	49.977, 49.977, 49.977, 49.977, 49.977	49.977
5	49.912, 49.912, 49.912, 49.912, 49.911	49.912
7	49.724, 49.724, 49.724, 49.724, 49.724	49.724
9	49.235, 49.235, 49.235, 49.235, 49.234	49.235
11	47.462, 47.462, 47.462, 47.461, 47.461	47.462
13	41.537, 41.538, 41.537, 41.536, 41.536	41.537
15	32.034, 32.034, 32.031, 32.030, 32.029	32.032
17,7	21.122, 21.122, 21.125, 21.124, 21.123	21.123

Tabla No.36



POZO NO: 3 TEMPERATURA 70° C

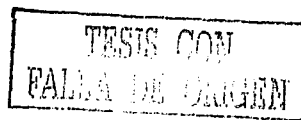
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	69.982, 69.982, 69.982, 69.982, 69.982	69.982
1	70.023, 70.024, 70.023, 70.023, 70.023	70.023
2	70.018, 70.018, 70.018, 70.018, 70.018	70.018
3	69.996, 69.996, 69.96, 69.996, 69.996	69.996
5	69.874, 69.874, 69.874, 69.873, 69.873	69.874
7	66.263, 66.263, 66.263, 66.263, 66.263	66.263
9	69.746, 69.746, 69.746, 69.746, 69.746	69.746
11	69.034, 69.034, 69.033, 69.034, 69.034	69.034
13	60.368, 60.368, 60.368, 60.368, 60.368	60.368
15	45.718, 45.720, 45.718, 45.720, 45.718	45.719
17,7	21.655, 21.655, 21.670, 21.680, 21.687	21.670

Tabla No.37

POZO NO: 3 TEMPERATURA 100° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	99.991, 99.991, 99.991, 99.991, 99.991	99.991
1	100.055, 100.055, 100.055, 100.055, 100.055	100.055
2	100.066, 100.066, 100.066, 100.066, 100.066	100.066
3	100.006, 100.006, 100.007, 100.007, 100.007	100.007
5	99.763, 99.763, 99.763, 99.763, 99.763	99.763
7	99.553, 99.553, 99.553, 99.554, 99.554	99.553
9	98.192, 98.192, 98.193, 98.193, 98.192	98.192
11	94.152, 94.152, 94.152, 94.152, 94.152	94.152
13	80.343, 80.343, 80.342, 80.342, 80.342	80.342
15	51.448, 51.449, 51.440, 51.436, 51.432	51.441
17,7	23.067, 23.061, 23.056, 23.054, 23.054	23.058

Tabla No.38



POZO NO: 3 TEMPERATURA 120° C

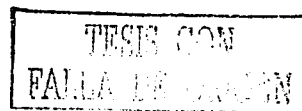
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	120.013, 120.013, 120.012, 120.012, 120.012	120.012
1	120.093, 120.093, 120.093, 120.093, 120.093	120.093
2	120.081, 120.081, 120.081, 120.081, 120.081	120.081
3	120.005, 120.005, 120.005, 120.005, 120.005	120.005
5	119.709, 119.708, 119.709, 119.709, 119.709	119.709
7	119.156, 119.156, 119.155, 119.156, 119.156	119.156
9	117.785, 117.784, 117.784, 117.785, 117.785	117.785
11	112.407, 112.407, 112.407, 112.406, 112.406	112.407
13	97.986, 97.986, 97.986, 97.986, 97.986	97.986
15	68.674, 68.674, 68.674, 68.674, 68.674	68.674
17,7	21.133, 21.127, 21.119, 21.115, 21.121	21.123

Tabla No.39

POZO NO: 3 TEMPERATURA 140° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	139.982, 139.982, 139.982, 139.982, 139.982	139.982
1	140.093, 140.092, 140.092, 140.092	140.092
2	140.092, 140.092, 140.092, 140.092, 140.092	140.092
3	140.042, 140.042, 140.042, 140.041, 140.041	140.042
5	139.642, 139.642, 139.642, 139.642, 139.642	139.642
7	139.323, 139.323, 139.323, 139.323, 139.323	139.323
9	138.184, 138.185, 138.184, 138.184, 138.185	138.184
11	134.222, 134.222, 134.222, 134.222, 134.222	134.222
13	112.813, 112.813, 112.813, 112.813, 112.812	112.813
15	67.864, 67.864, 67.864, 67.864, 6.864	67.864
17,7	22.977, 22.972, 22.970, 22.969, 22.973	22.972

Tabla No.40



POZO NO: 4 TEMPERATURA 10° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	9.996, 9.997, 9.997, 9.997, 9.997	9.997
1	9.980, 9.981, 9.980, 9.980, 9.981	9.980
2	9.978, 9.978, 9.978, 9.978, 9.977	9.978
3	9.980, 9.980, 9.981, 9.981, 9.981	9.981
5	10.001, 10.001, 10.002, 10.001, 10.001	10.001
7	10.037, 10.037, 10.037, 10.037, 10.036	10.037
9	10.165, 10.165, 10.165, 10.166, 10.166	10.165
11	10.759, 10.759, 10.760, 10.760, 10.761	10.760
13	12.579, 1.578, 12.578, 12.580, 12.579	12.579
15	16.362, 1.363, 16.367, 16.368, 16.373	16.367
17,7	20.599, 20.598, 20.599, 20.599, 20.608	20.608

Tabla No.41

POZO NO: 4 TEMPERATURA 20° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	19.982, 19.982, 19.982, 19.982, 19.981	19.982
1	19.984, 19.984, 19.984, 19.984, 19.984	19.984
2	19.984, 19.984, 19.984, 19.984, 19.984	19.984
3	19.983, 19.983, 19.984, 19.984, 19.983	19.983
5	19.984, 19.984, 19.983, 19.984	19.984
7	19.984, 19.984, 19.984, 19.985, 19.984	19.984
9	19.991, 19.991, 19.992, 19.992, 19.993	19.992
11	19.988, 19.987, 19.988, 19.987, 19.988	19.987
13	20.029, 20.029, 20.030, 20.030, 20.030	20.030
15	20.106, 20.107, 20.107, 20.106, 20.106	20.106
17,7	20.042, 20.035, 20.022, 20.015, 20.009	20.020

Tabla No.42

POZO NO: 4 TEMPERATURA 37° C

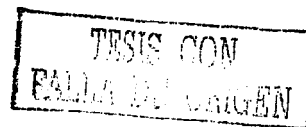
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	36.967, 36.967, 36.967, 36.967, 36.967	36.967
1	36.993, 36.993, 36.993, 36.993, 36.993	36.993
2	36.992, 36.992, 36.992, 36.992, 36.992	36.992
3	36.985, 36.985, 36.985, 36.985, 36.985	36.985
5	36.960, 36.960, 36.960, 36.960, 36.960	36.960
7	36.935, 36.935, 36.935, 36.935, 36.935	36.935
9	36.628, 36.627, 36.628, 36.627, 36.628	36.628
11	35.534, 35.534, 35.533, 35.533, 35.534	35.534
13	34.222, 34.222, 34.223, 34.223, 34.223	34.223
15	27.561, 27.561, 27.565, 27.572, 27.585	27.569
17,7	20.134, 20.134, 20.134, 20.134, 20.134	20.134

Tabla No.43

POZO NO: 4 TEMPERATURA 50° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	49.965, 49.965, 49.965, 49.965, 49.965	49.965
1	50.005, 50.005, 50.006, 50.005, 50.006	50.005
2	50.005, 50.005, 50.006, 50.006, 50.006	50.006
3	49.988, 49.988, 49.988, 49.989, 49.989	49.988
5	49.933, 49.934, 49.933, 49.934, 49.934	49.934
7	49.900, 49.900, 49.900, 49.900, 49.900	49.900
9	49.605, 49.605, 49.606, 49.606, 49.605	49.605
11	48.287, 48.287, 48.287, 48.287, 48.287	48.287
13	45.074, 45.074, 45.074, 45.071, 45.068	45.072
15	36.755, 36.755, 36.758, 36.759, 36.761	36.758
17,7	21.360, 21.366, 21.371, 2.375, 21.375	21.369

Tabla No.44



POZO NO: 4 TEMPERATURA 70° C

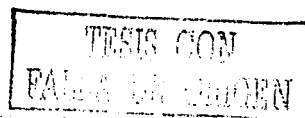
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	69.979, 69.979, 69.979, 69.979, 69.979	69.979
1	70.034, 70.034, 70.034, 70.034, 70.034	70.034
2	70.043, 70.043, 70.043, 70.043, 70.043	70.043
3	70.016, 70.016, 70.016, 70.016, 70.015	70.016
5	69.911, 69.911, 69.911, 69.911, 69.911	69.911
7	69.849, 69.849, 69.849, 69.849, 69.849	69.849
9	68.992, 68.992, 68.992, 68.992, 68.992	68.992
11	66.615, 66.615, 66.615, 66.613, 66.614	66.615
13	59.165, 59.165, 59.165, 5.165, 59.165	59.165
15	42.240, 42.240, 42.240, 42.243, 42.242	42.241
17,7	21.795, 21.795, 21.795, 21.795, 21.795	21.795

Tabla No.45

POZO NO: 4 TEMPERATURA 100° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	99.987, 99.987, 99.987, 99.987, 99.987	99.987
1	100.097, 100.097, 100.097, 100.096, 100.096	100.097
2	100.111, 100.111, 100.111, 100.111, 100.112	100.111
3	100.061, 100.061, 100.061, 100.061, 100.061	100.061
5	99.909, 99.910, 99.910, 99.909, 99.909	99.909
7	99.650, 99.650, 99.650, 99.650, 99.650	99.650
9	98.938, 98.937, 98.938, 98.938, 98.938	98.938
11	95.293, 95.293, 95.293, 95.293, 95.293	95.293
13	84.647, 84.647, 84.647, 84.644, 84.641	84.645
15	54.819, 54.819, 54.813, 54.813, 54.815	54.816
17,7	21.746, 21.746, 21.746, 21.746, 21.746	21.746

Tabla No.46



POZO NO: 4 TEMPERATURA 120° C

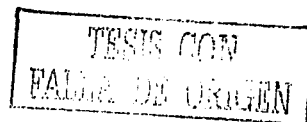
Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	119.948, 119.948, 119.948, 119.948, 119.948	119.948
1	120.099, 120.099, 120.099, 120.099, 120.099	120.099
2	120.130, 120.130, 120.130, 120.130, 120.130	120.130
3	120.077, 120.077, 120.077, 120.078, 120.078	120.077
5	119.931, 119.931, 119.930, 119.930, 119.931	119.931
7	119.502, 119.502, 119.502, 119.502, 119.502	119.502
9	118.848, 118.48, 118.848, 118.848, 118.848	118.848
11	116.314, 116.314, 116.314, 116.315, 116.315	116.314
13	107.730, 107.729, 107.730, 107.730, 107.730	107.730
15	62.057, 62.057, 62.057, 62.057, 62.057	62.057
17.7	22.132, 22.134, 22.137, 22.140, 22.146	22.138

Tabla No.47

POZO NO: 4 TEMPERATURA 140° C

Altura (cm)	Lecturas (5) (°C)	Promedio (°C)
0	139.943, 139.942, 139.942, 139.942, 139.942	139.942
1	140.072, 140.072, 140.072, 140.072, 140.072	140.072
2	140.121, 140.121, 140.121, 140.121, 140.121	140.121
3	140.112, 140.112, 140.112, 140.113, 140.113	140.112
5	139.985, 139.984, 139.985, 139.985, 139.985	139.985
7	139.566, 139.566, 139.566, 139.566, 139.566	139.566
9	138.690, 138.690, 138.690, 138.690, 138.690	138.690
11	133.192, 133.192, 133.194, 133.195, 133.193	133.192
13	115.744, 115.743, 115.744, 115.744, 115.744	115.744
15	75.745, 75.745, 75.745, 75.746, 75.746	75.745
17.7	21.918, 21.918, 21.919, 21.919, 21.919	21.919

Tabla No.48



**TABLAS PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL
DEL BAÑO DE TEMPERATURA**

TEMPERATURA DE 10° C

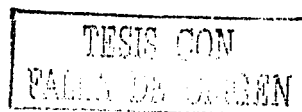
ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	9.995	10.005	9.985	9.997	10.002	9.999
1	9.983	9.991	9.982	9.98	9.986	9.981
2	9.986	9.99	9.98	9.978	9.984	9.98
3	9.995	9.998	9.981	9.981	9.985	9.983
5	10.031	10.037	10.005	10.001	10.022	10.008
7	10.106	10.124	10.07	10.037	10.114	10.042
9	10.347	10.353	10.2	10.165	10.212	10.11
11	11.119	11.218	10.811	10.76	10.64	10.466
13	13.139	12.946	12.5	12.579	11.71	12.045
15	16.531	16.718	15.251	16.367	16.611	15.284
17.7	19.815	21.307	19.277	20.601	20.706	18.701

Tabla No.49

**RESTRICCION: LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE LA ALTURA MAYOR
MENOS LA TEMPERATURA DE LA ALTURA CERO DEBE DE SER ≤ 0.5 C
EJEMPLO: (19,815-9,995),(16,531-9,995), (13,139-9,995), (11,119-9,95) ETC.
HASTA (9,995-9,995)**

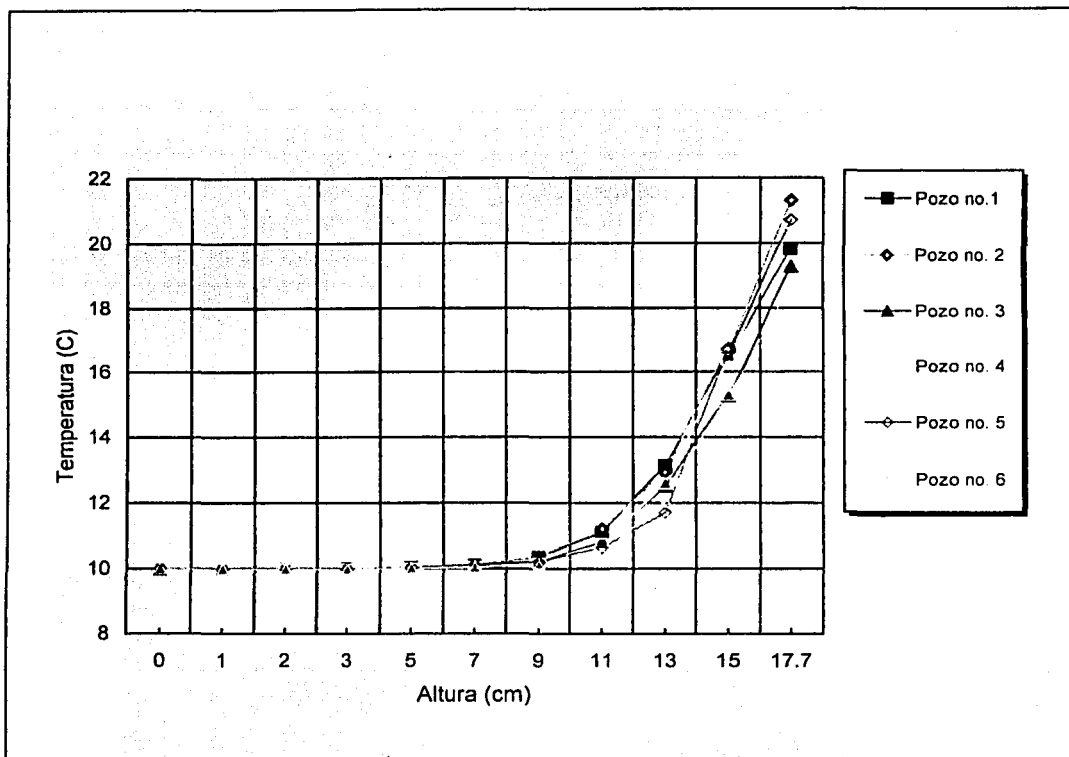
ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO. 2	POZO NO. 3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	-0.012	-0.014	-0.003	-0.017	-0.016	-0.018
2	-0.009	-0.015	-0.005	-0.019	-0.018	-0.019
3	0	-0.007	-0.004	-0.016	-0.017	-0.016
5	0.036	0.032	0.02	0.004	0.02	0.009
7	0.111	0.119	0.085	0.04	0.112	0.043
9	0.352	0.348	0.215	0.168	0.21	0.111
11	1.124	1.213	0.826	0.763	0.638	0.467
13	3.144	2.941	2.515	2.582	1.708	2.046
15	6.536	6.713	5.266	6.37	6.609	5.285
17.7	9.82	11.302	9.292	10.604	10.704	8.702

Tabla No.50



GRAFICA DE TEMPERATURA VS. ALTURA

TEMPERATURA DE 10° C.



Gráfica No.1

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION VERTICAL

Ho: No existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm, por lo tanto son iguales

H1: Existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm

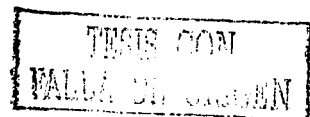
TEMPERATURA 10°C

Altura (cm)	No. de Pozo						Totales Yi	Promedios Yi
	1	2	3	4	5	6		
5	10.031	10.037	10.005	10.001	10.022	10.008	60.104	10.017
7	10.106	10.124	10.07	10.037	10.114	10.042	60.493	10.082
							120.597	10.050
SST=	100.621	100.741	100.100	100.020	100.440	100.160		
	102.131	102.495	101.405	100.741	102.293	100.842		
	0.021							
SStratamientos=	3612.491							
	3659.403							
	0.013							
SSE=	0.008							

Tabla ANADEVa no.1

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.013	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.013	Fo=MStratamientos/MSE 15.314 Fo>Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 0.008	N - a = 12-2= 10	MSE=SSE/N-a 0.001	Fo>Fo.01, 1, 10 15.31>10.04
Total	SST= 0.021	N - 1= 12-1= 11		Por lo tanto se acepta H1 y se rechaza Ho

Tabla ANADEVa no.1'



**TABLAS PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL
DEL BAÑO DE TEMPERATURA**

TEMPERATURA DE 20° C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	19.982	19.997	19.985	19.982	19.989	19.98
1	19.983	19.992	19.983	19.984	19.989	19.986
2	19.986	19.993	19.985	19.984	19.988	19.987
3	19.987	19.992	19.984	19.983	19.993	19.986
5	19.988	19.995	19.982	19.984	19.983	19.985
7	19.99	19.995	19.981	19.984	19.973	19.983
9	19.997	19.997	19.981	19.992	19.945	19.976
11	19.779	20.022	19.969	19.987	19.854	19.985
13	19.412	20.074	19.928	20.03	19.734	19.948
15	18.625	20.275	19.968	20.106	19.444	19.798
17.7	18.336	20.414	19.977	20.02	19.231	19.681

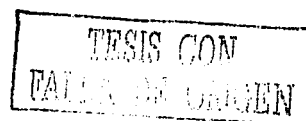
Tabla No.51

**RESTRICCION: LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE LA ALTURA MAYOR
MENOS LA TEMPERATURA DE LA ALTURA CERO DEBE DE SER ≤ 0.5 C**

**EJEMPLO: $(18,336 - 19,982) = -1,646$, $(18,625 - 19,982) = -1,357$,
 $(19,412 - 19,982) = -0,57$ ETC. HASTA $(19,982 - 19,982) = 0$**

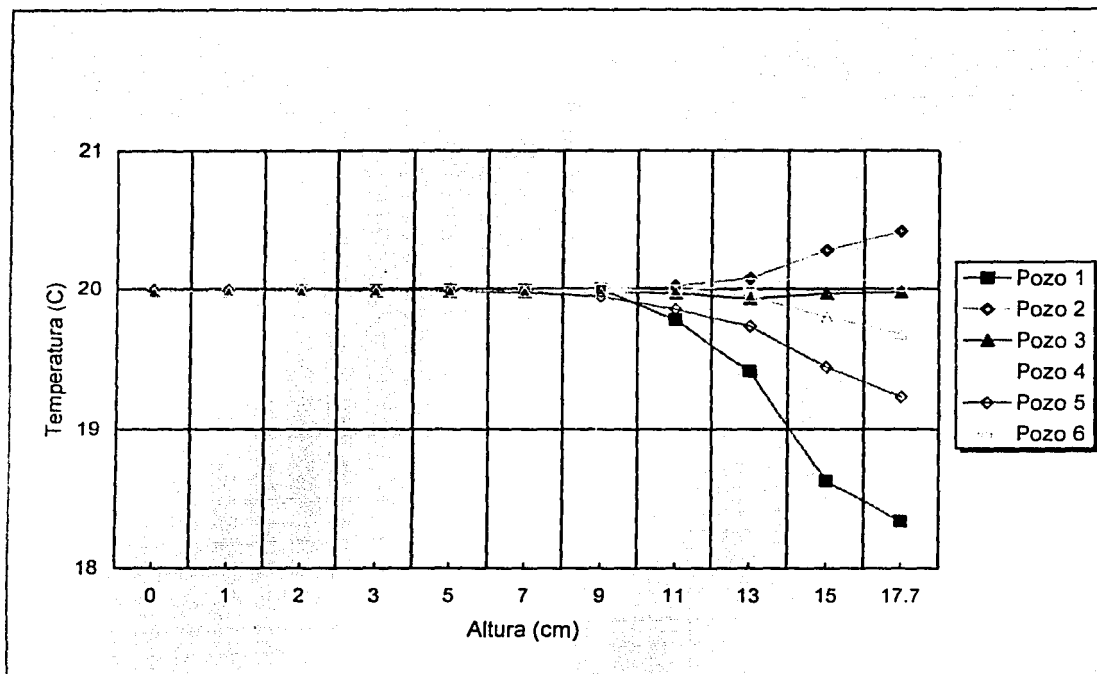
ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0.001	-0.005	-0.002	0.002	0	0.006
2	0.004	-0.004	0	0.002	-0.001	0.007
3	0.005	-0.005	-0.001	0.001	0.004	0.006
5	0.006	-0.002	-0.003	0.002	-0.006	0.005
7	0.008	-0.002	-0.004	0.002	-0.016	0.003
9	0.015	0	-0.004	0.01	-0.044	-0.004
11	-0.203	0.025	-0.016	0.005	-0.135	0.005
13	-0.57	0.077	-0.057	0.048	-0.255	-0.032
15	-1.357	0.278	-0.017	0.124	-0.545	-0.182
17.7	-1.646	0.417	-0.008	0.038	-0.758	-0.299

Tabla No.52



GRAFICA DE TEMPERATURA VS ALTURA

TEMPERATURA DE 20° C



Gráfica No.2

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION VERTICAL

Ho: No existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm, por lo tanto son iguales

Hi: Existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm

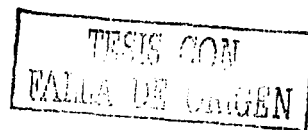
TEMPERATURA 20°C

Altura (cm)	No. de Pozo						Totales Yi	Promedios Yi
	1	2	3	4	5	6		
5	19.988	19.995	19.982	19.984	19.983	19.985	119.917	19.986
7	19.99	19.995	19.981	19.984	19.973	19.983	119.906	19.984
							239.823	19.985
SST=	399.520	399.800	399.280	399.360	399.320	399.400		
	399.600	399.800	399.240	399.360	398.921	399.320		
	0.000							
SStratamientos=	14380.087							
	14377.449							
	0.000							
SSE=	0.000							

Tabla ANADEVa no.2

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.000	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.0000101	Fo=MStratamientos/MSE 0.251 Fo>Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 0.000	N - a = 12-2= 10	MSE=SSE/N-a 0.000402	Fo>Fo.01, 1, 10 0.251<10.04
Total	SST= 0.000	N - 1= 12-1= 11		Por lo tanto se acepta Ho y se rechaza H1

Tabla ANADEVa no.2'



**TABLAS PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL DEL BAÑO
DE TEMPERATURA
TEMPERATURA DE 37° C**

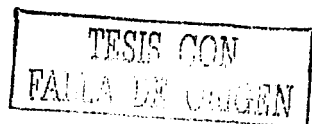
ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	36.957	36.98	36.976	36.967	36.975	36.978
1	36.97	36.992	36.986	36.993	36.996	37
2	36.969	36.993	36.984	36.992	36.994	37.001
3	36.955	36.984	36.975	36.985	36.98	36.985
5	36.888	36.932	36.983	36.96	36.917	36.921
7	36.772	36.842	36.813	36.935	36.97	36.841
9	36.374	36.643	36.473	36.628	36.512	36.546
11	35.053	35.947	35.437	35.534	35.646	35.787
13	31.894	34.331	32.518	34.223	32.866	34.785
15	26.755	28.911	25.721	27.569	27.121	26.202
17.7	19.55	22.048	19.781	20.134	20.428	19.603

Tabla No.53

RESTRICCION: LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE LA ALTURA MAYOR
MENOS LA TEMPERATURA DE LA ALTURA CERO DEBE DE SER ≤ 0.5 C
EJEMPLO: $(19,55 - 36,957) = -17,407$, $(26,755 - 36,957) = -10,202$,
 $(31,894 - 36,957) = -5,063$ ETC. HASTA $(36,957 - 36,957) = 0$

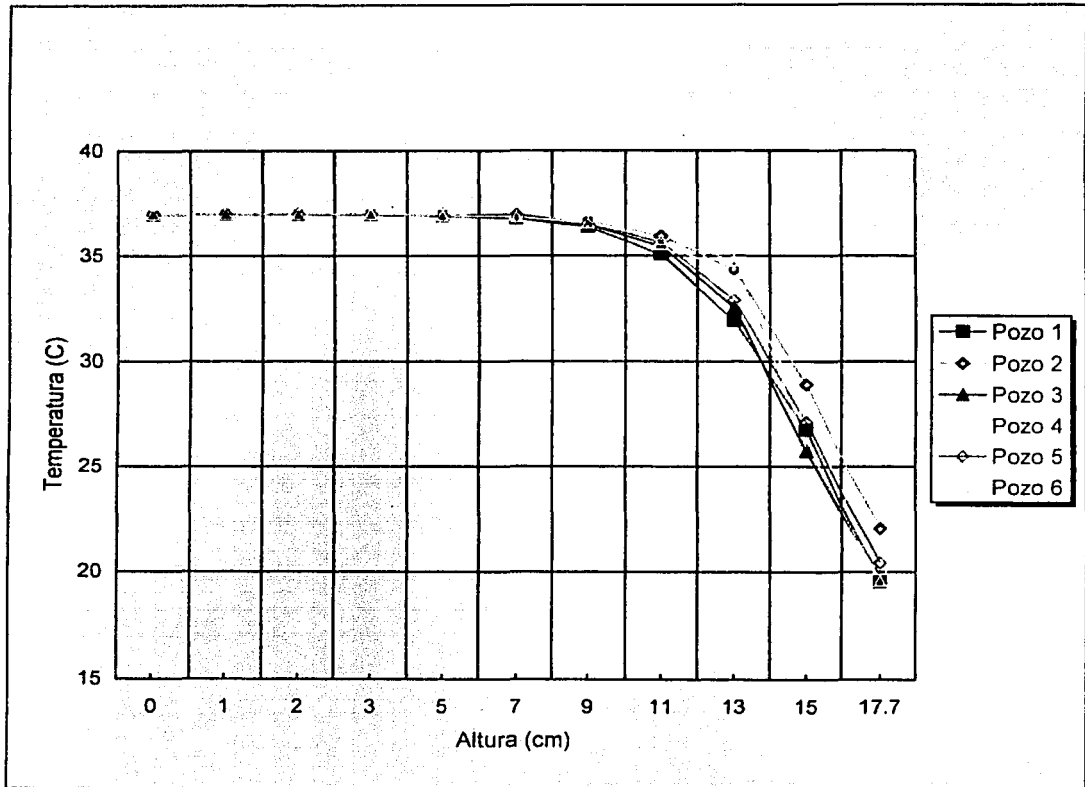
ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0.013	0.012	0.01	0.026	0.021	0.022
2	0.012	0.013	0.008	0.025	0.019	0.023
3	-0.002	0.004	-0.001	0.018	0.005	0.007
5	-0.069	-0.048	0.007	-0.007	-0.058	-0.057
7	-0.185	-0.138	-0.163	-0.032	-0.005	-0.137
9	-0.583	-0.337	-0.503	-0.339	-0.347	-0.432
11	-1.904	-1.033	-1.539	-1.433	-1.329	-1.191
13	-5.063	-2.649	-4.458	-2.744	-4.109	-2.193
15	-10.202	-8.069	-11.255	-9.398	-9.854	-10.776
17.7	-17.407	-14.932	-17.195	-16.833	-16.547	-17.375

Tabla No.54



GRAFICA DE TEMPERATURA VS. ALTURA

TEMPERATURA DE 37° C



Gráfica No. 3

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION VERTICAL

Ho: No existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm, por lo tanto son iguales

Hi: Existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm

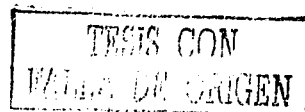
TEMPERATURA 37°C

Altura (cm)	No de Pozo						Totales Yi	Promedios Yi
	1	2	3	4	5	6		
5	36.888	36.932	36.983	36.96	36.917	36.921	221.601	36.934
7	36.772	36.842	36.813	36.935	36.97	36.841	221.173	36.862
							442.774	36.898
SST=	1360.725	1363.973	1367.742	1366.042	1362.865	1363.160		
	1352.180	1357.333	1355.197	1364.194	1366.781	1357.259		
	0.049							
SStratamientos=	49107.003							
	48917.496							
	0.015							
SSE=	0.034							

Tabla ANADEVa no.3

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.015	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.015	Fo=MStratamientos/MSE 4.491
				Fo > Fo _{0.01, a-1, N-a}
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 0.034	N - a = 12-2= 10	MSE=SSE/N-a 0.003	Fo > Fo _{0.01, 1, 10} 4.491 < 10.04
Total	SST= 0.049	N - 1= 12-1= 11		Por lo tanto se acepta Ho y se rechaza H1

Tabla ANADEVa no.3'



**TABLAS PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL DEL BAÑO DE
TEMPERATURA
TEMPERATURA DE 50° C**

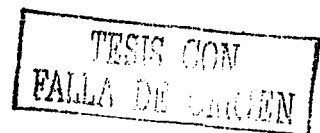
ALTURAS (cm)	1	2	3	4	5	6
0	49.971	49.973	49.974	49.965	49.971	49.975
1	49.994	50	49.997	50.005	50.002	50.012
2	49.995	50.002	49.997	50.006	50.005	50.007
3	49.962	49.982	49.977	49.988	49.975	49.988
5	49.861	49.889	49.912	49.934	49.872	49.903
7	49.619	49.753	49.724	49.9	49.721	49.643
9	49.167	49.432	49.235	49.605	49.31	48.933
11	46.74	48.441	47.462	48.287	47.073	47.311
13	42.609	45.376	41.537	45.072	43.36	41.83
15	32.062	34.651	32.032	36.758	32.804	32.666
17.7	20.751	22.197	21.123	21.369	20.917	20.432

Tabla No.55

**RESTRICCION: LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE LA ALTURA MAYOR
MENOS LA TEMPERATURA DE LA ALTURA CERO DEBE DE SER ≤ 0.5 C**
EJEMPLO: (20,751 – 49,971) = -29,22, (-32,062 – 49,971) = -17,909
(42,609 – 49,971) = -7,362 ETC. HASTA (49,971 – 49,971) = 0

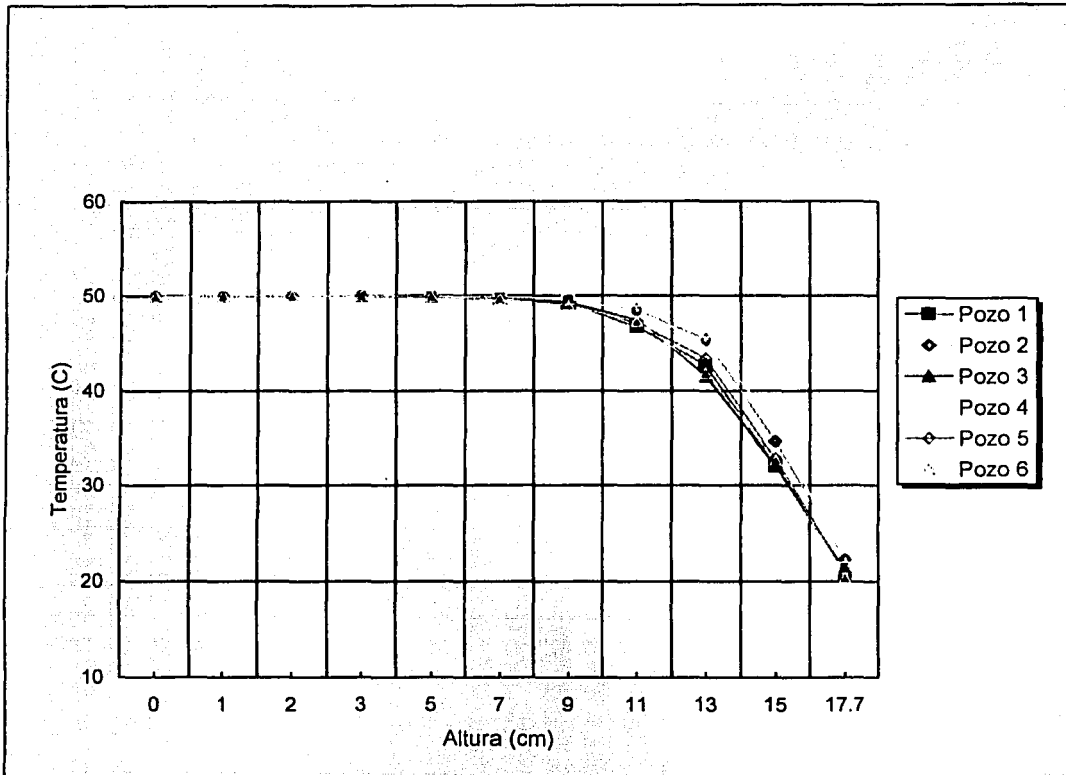
ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO. 2	POZO NO. 3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0.023	0.027	0.023	0.04	0.031	0.037
2	0.024	0.029	0.023	0.041	0.034	0.032
3	-0.009	0.009	0.003	0.023	0.004	0.013
5	-0.11	-0.084	-0.062	-0.031	-0.099	-0.072
7	-0.352	-0.22	-0.25	-0.065	-0.25	-0.332
9	-0.804	-0.541	-0.739	-0.36	-0.366	-1.042
11	-3.231	-1.532	-2.512	-1.678	-2.898	-2.664
13	-7.362	-4.597	-8.437	-4.893	-6.611	-8.145
15	-17.909	-15.322	-17.942	-13.207	-17.167	-17.309
17.7	-29.22	-27.776	-28.851	-28.596	-29.054	-29.543

Tabla No.56



GRAFICA DE TEMPERATURA VS. ALTURA

TEMPERATURA DE 50° C



Gráfica No.4

TESIS CON
FALLA DE CUBIEN

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION VERTICAL

Ho: No existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm, por lo tanto son iguales

Hi: Existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm

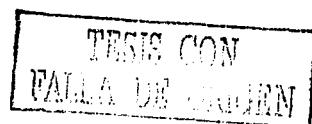
TEMPERATURA 50°C

Altura (cm)	No. de Pozo						Totales Yi	Promedios Yi
	1	2	3	4	5	6		
5	49.861	49.889	49.912	49.934	49.872	49.903	299.371	49.895
7	49.619	49.753	49.724	49.9	49.721	49.643	298.36	49.727
							597.731	49.811
SST=	2486.119	2488.912	2491.208	2493.404	2487.216	2490.309		
	2462.045	2475.361	2472.476	2490.010	2472.178	2464.427		
	0.138							
SStratamientos=	89622.996							
	89018.690							
	0.085							
SSE=	0.053							

Tabla ANADEVA no. 4

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.085	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.085	Fo=MStratamientos/MSE 16.082
				Fo>Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 0.053	N - a = 12-2= 10	MSE=SSE/N-a 0.005	Fo>Fo.01, 1, 10 16.082>10.04
Total	SST= 0.138	N -1= 12-1= 11		Por lo tanto se acepta H1 y se rechaza Ho

Tabla ANADEVA no.4



TABLAS PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL DEL BAÑO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA DE 70° C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	69.98	69.968	69.982	69.979	69.977	69.978
1	70.015	70.019	70.023	70.034	70.031	70.029
2	70.006	70.014	70.018	70.043	70.024	70.041
3	69.968	69.984	69.996	70.016	69.99	70.002
5	69.799	69.83	69.874	69.911	69.822	69.806
7	69.394	69.55	69.263	69.849	69.536	69.486
9	68.43	68.98	69.746	68.992	68.67	68.654
11	65.121	68.298	69.034	66.615	66.097	65.385
13	64.579	59.919	60.368	59.165	57.978	56.446
15	36.951	45.912	45.719	42.241	40.491	40.272
17.7	19.732	22.894	21.67	21.975	24.972	20.193

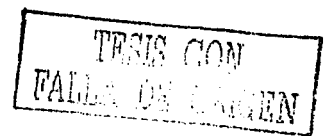
Tabla No.57

RESTRICCION: LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE LA ALTURA MAYOR MENOS LA TEMPERATURA DE LA ALTURA CERO DEBE DE SER ≤ 0.5 C

**EJEMPLO: $(19,732 - 69,98) = -50,248$, $(36,951 - 69,98) = -33,029$
 $(64,579 - 69,98) = -5,401$ etc. HASTA $(69,98 - 69,98) = 0$**

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO. 2	POZO NO. 3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0.035	0.051	0.041	0.055	0.054	0.051
2	0.026	0.046	0.036	0.064	0.047	0.063
3	-0.012	0.016	0.014	0.037	0.013	0.024
5	-0.181	-0.138	-0.108	-0.068	-0.155	-0.172
7	-0.586	-0.418	-0.719	-0.13	-0.441	-0.492
9	-1.55	-0.988	-0.236	-0.987	-0.985	-1.324
11	-4.859	-1.67	-0.948	-3.364	-3.88	-4.593
13	-5.401	-10.049	-9.614	-10.814	-11.999	-13.532
15	-33.029	-24.056	-24.263	-27.738	-29.486	-29.706
17.7	-50.248	-47.074	-48.312	-48.004	-45.005	-49.785

Tabla No.58



GRAFICA DE TEMPERATURA VS. ALTURA

TEMPERATURA DE 70° C

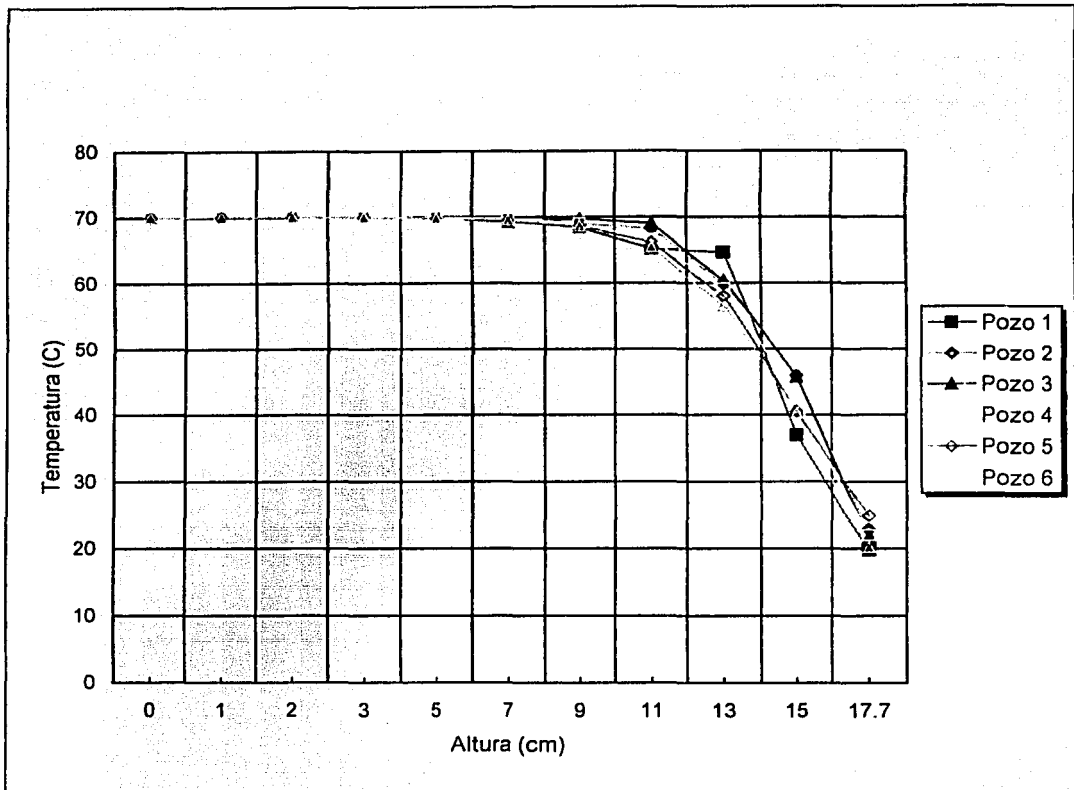


Gráfico No.5

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION VERTICAL

Ho: No existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm, por lo tanto son iguales

Hi: Existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm

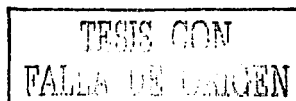
TEMPERATURA 70°C

Altura (cm)	No. de Pozo						Totales Yi	Promedios Yi
	1	2	3	4	5	6		
5	69.799	69.83	69.874	69.911	69.822	69.806	419.042	69.840
7	69.394	69.55	69.263	69.849	69.536	69.486	417.078	69.513
							836.12	69.677
SST=	4871.900	4876.229	4882.376	4887.548	4875.112	4872.878		
	4815.527	4837.203	4797.363	4878.883	4835.255	4828.304		
	0.523							
SStratamientos=	175596.198							
	173954.058							
	0.321							
SSE=	0.202							

Tabla ANADEVa no.5

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.321	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.321	Fo=MStratamientos/MSE 15.941 Fo>Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 0.202	N - a = 12-2= 10	MSE=SSE/N-a 0.020	Fo>Fo.01, 1, 10 15.941>10.04
Total	SST= 0.523	N - 1= 12-1= 11		Por lo tanto se acepta H1 y se rechaza Ho

Tabla ANADEVa no. 5'



**TABLAS PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL DEL BAÑO
DE TEMPERATURA
TEMPERATURA DE 100 °C**

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	100.001	99.972	99.991	99.987	99.985	99.995
1	100.04	100.05	100.055	100.097	100.076	100.079
2	100.03	100.051	100.066	100.111	100.075	100.093
3	99.974	100.008	100.007	100.061	100.074	100.043
5	99.731	99.769	99.763	99.909	99.757	99.79
7	99.242	99.467	99.553	99.65	99.325	99.555
9	97.868	98.105	98.192	98.938	97.996	98.604
11	91.882	95.451	94.152	95.293	93.753	93.914
13	79.25	87.252	80.342	84.645	83.925	83.831
15	53.363	49.029	51.441	54.816	52.622	57.842
17.7	21.407	22.727	23.058	21.746	21.238	21.774

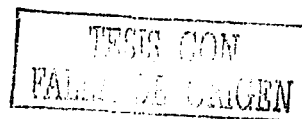
Tabla No.59

**RESTRICCION: LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE LA ALTURA MAYOR
MENOS LA TEMPERATURA DE LA ALTURA CERO DEBE DE SER ≤ 0.5 C**

EJEMPLO: $(21,407 - 100,0010) = -78,594$, $(53,363 - 100,001) = -46,638$
 $(79,25 - 100,001) = -20,751$ etc. HASTA $(100,001 - 100,001) = 0$

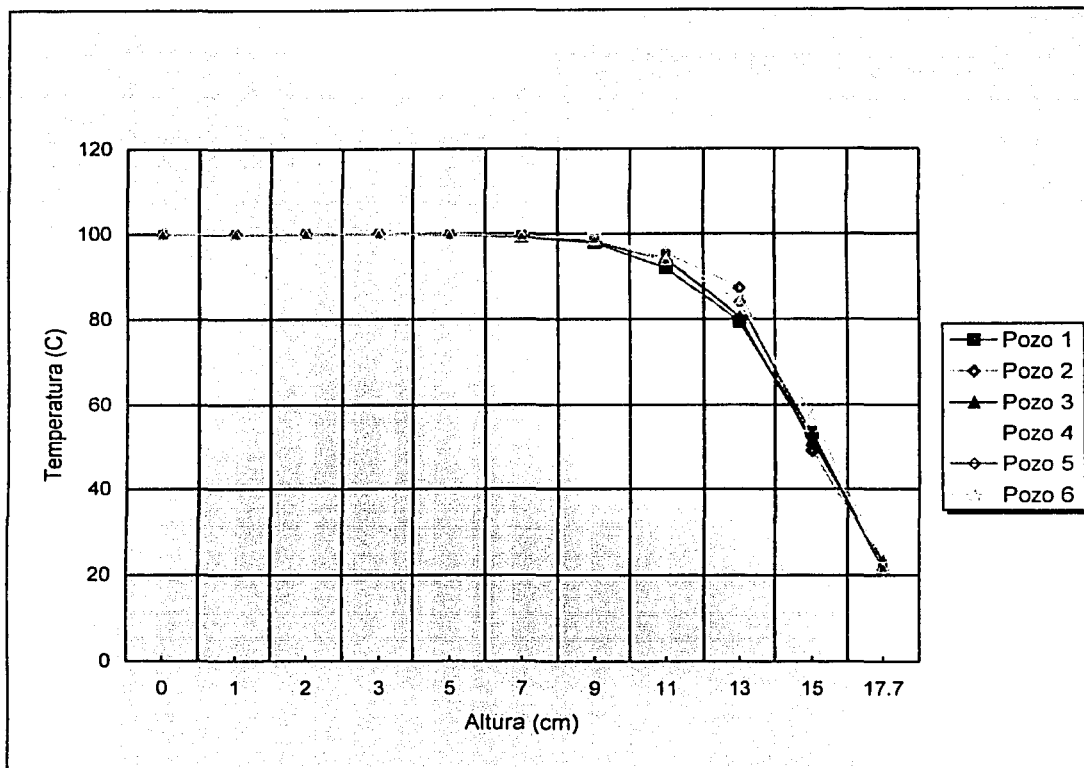
ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO. 2	POZO NO. 3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0.039	0.078	0.064	0.11	0.091	0.084
2	0.029	0.079	0.075	0.124	0.09	0.098
3	-0.027	0.036	0.016	0.074	0.089	0.048
5	-0.27	-0.203	-0.228	-0.078	-0.228	-0.205
7	-0.759	-0.505	-0.438	-0.337	-0.66	-0.44
9	-2.133	-1.867	-1.799	-1.049	-1.047	-1.391
11	-8.119	-4.521	-5.839	-4.694	-6.232	-6.081
13	-20.751	-12.72	-19.649	-15.342	-16.06	-16.164
15	-46.638	-50.943	-48.55	-45.171	-47.363	-42.153
17.7	-78.594	-77.245	-76.933	-78.241	-78.747	-78.221

Tabla No.60



GRAFICA DE TEMPERATURA VS. ALTURA

TEMPERATURA DE 100° C



Gráfica No.6

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION VERTICAL

Ho: No existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm, por lo tanto son iguales

Hi: Existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm

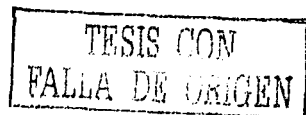
TEMPERATURA 100°C

Altura (cm)	No. de Pozo						Totales Yi	Promedios Yi
	1	2	3	4	5	6		
5	99.731	99.769	99.763	99.909	99.757	99.79	598.719	99.787
7	99.242	99.467	99.553	99.65	99.325	99.555	596.792	99.465
							1195.511	99.626
SST=	9946.272	9953.853	9952.656	9981.808	9951.459	9958.044		
	9848.975	9893.684	9910.800	9930.123	9865.456	9911.198		
	0.449							
SStratamientos=	358464.441							
	356160.691							
	0.309							
SSE=	0.139							

Tabla ANADEVA no. 6

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.309	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.309	Fo=MStratamientos/MSE 22.226 Fo>Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 0.139	N - a = 12-2= 10	MSE=SSE/N-a 0.014	Fo>Fo.01, 1, 10 22.226>10.04
Total	SST= 0.449	N - 1= 12-1= 11		Por lo tanto se acepta H1 y se rechaza Ho

Tabla ANADEVA no. 6'



**TABLAS PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL DEL BAÑO
DE TEMPERATURA
TEMPERATURA DE 120° C**

ALTURAS (cm)	1	2	POZO NO. 3	4	5	6
0	119.99	119.98	120.012	119.948	119.986	120.019
1	120.081	120.086	120.093	120.099	120.107	120.167
2	120.069	120.088	120.081	120.13	120.116	120.173
3	119.997	120.026	120.005	120.077	120.046	120.095
5	119.647	119.708	119.709	119.931	119.727	119.863
7	119.049	119.156	119.156	119.502	119.239	119.697
9	117.491	117.73	117.785	118.848	117.705	118.822
11	111.653	110.524	112.407	116.314	112.809	112.678
13	98.574	91.62	97.986	107.73	102.283	98.382
15	66.07	56.023	68.674	62.057	72.013	60.902
17.7	20.789	22.853	21.123	22.138	24.047	22.49

Tabla No.61

RESTRICCION: LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE LA ALTURA MAYOR MENOS LA TEMPERATURA DE LA ALTURA CERO DEBE DE SER ≤ 0.5 C

EJEMPLO: $(20,789 - 119,99) = -99,201$, $(66,07 - 119,99) = -53,92$
 $(98,574 - 119,99) = -21,416$ etc. HASTA $(119,99 - 119,99) = 0$

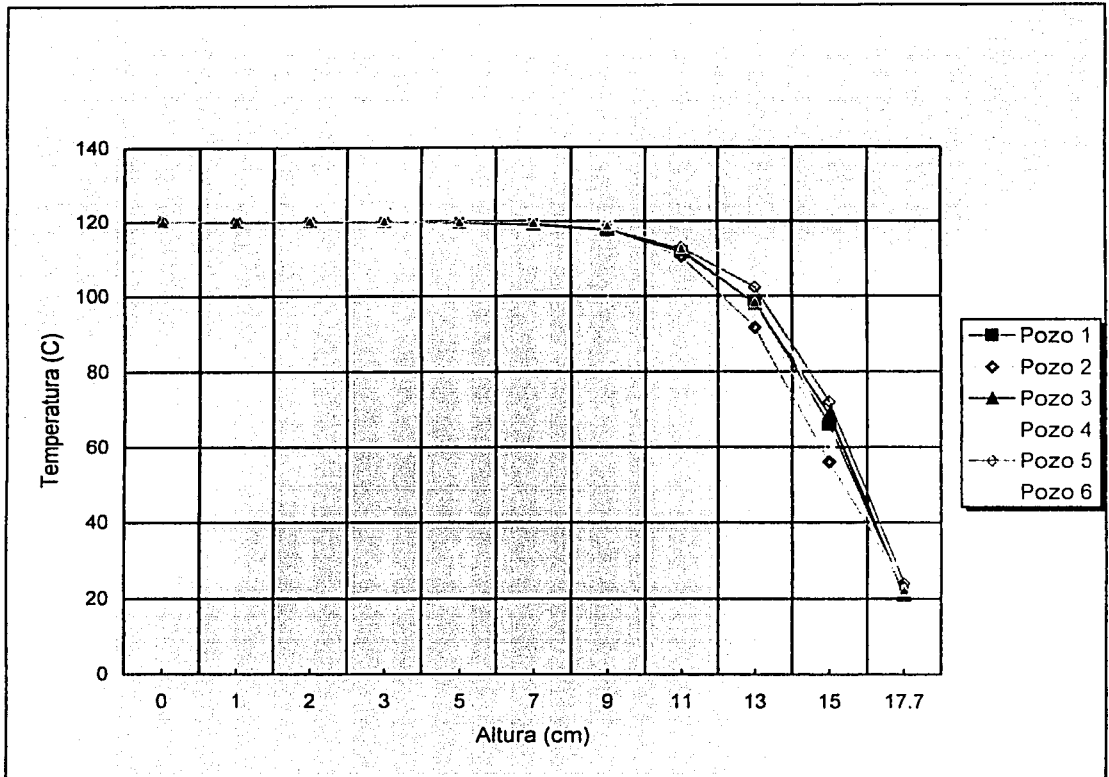
ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO. 2	POZO NO. 3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0.091	0.106	0.081	0.151	0.121	0.148
2	0.079	0.108	0.069	0.182	0.13	0.154
3	0.007	0.046	-0.007	0.129	0.06	0.076
5	-0.343	-0.272	-0.303	-0.017	-0.259	-0.156
7	-0.941	-0.824	-0.856	-0.446	-0.747	-0.322
9	-2.499	-2.25	-2.227	-1.1	-1.138	-1.197
11	-8.337	-9.456	-7.605	-3.634	-3.672	-7.341
13	-21.416	-28.36	-22.026	-12.218	-17.703	-21.637
15	-53.92	-63.957	-51.338	-57.891	-47.973	-59.117
17.7	-99.201	-97.127	-98.889	-97.81	-95.939	-97.529

Tabla No.62

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

GRAFICA DE TEMPERATURA VS. ALTURA

TEMPERATURA DE 120° C



Gráfica No.7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION VERTICAL

Ho: No existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm, por lo tanto son iguales

Hi: Existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm

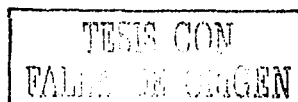
TEMPERATURA 120°C

Altura (cm)	No. de Pozo						Totales Yi	Promedios Yi
	1	2	3	4	5	6		
5	119.647	119.708	119.709	119.931	119.727	119.863	718.585	119.764
7	119.049	119.156	119.156	119.502	119.239	119.697	715.799	119.300
							1434.384	119.532
SST=	14315.405	14330.005	14330.245	14383.445	14334.555	14367.139		
	14172.664	14198.152	14198.152	14280.728	14217.939	14327.372		
	1.012							
SStratamientos=	516364.402							
	512368.208							
	0.647							
SSE=	0.366							

Tabla ANADEVa no. 7

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.647	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.647	Fo=MStratamientos/MSE 17.696 Fo>F0.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 0.366	N - a = 12-2= 10	MSE=SSE/N-a 0.037	Fo>F0.01, 1, 10 17.696>10.04
Total	SST= 1.012	N - 1= 12-1= 11		Por lo tanto se acepta H1 y se rechaza Ho

Tabla ANADEVa no. 7'



**TABLAS PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL DEL BAÑO
DE TEMPERATURA
TEMPERATURA DE 140 ° C**

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	139.989	140.042	139.982	139.942	139.991	140.014
1	140.103	140.096	140.092	140.072	140.125	140.147
2	140.093	140.106	140.092	140.121	140.138	140.104
3	139.99	140.093	140.042	140.112	140.044	140.066
5	139.648	139.67	139.642	139.985	139.664	139.84
7	138.946	139.192	139.323	139.566	139.057	139.549
9	136.909	136.889	138.184	138.69	137.338	136.569
11	129.24	129.9	134.222	133.192	130.597	129.889
13	110.566	117.017	112.813	115.744	113.415	115.226
15	72.016	62.44	67.864	75.745	79.328	73.186
17.7	23.019	23.353	22.972	21.919	23.271	23.522

Tabla No.63

**RESTRICCION: LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE LA ALTURA MAYOR
MENOS LA TEMPERATURA DE LA ALTURA CERO DEBE DE SER ≤ 0.5 C**

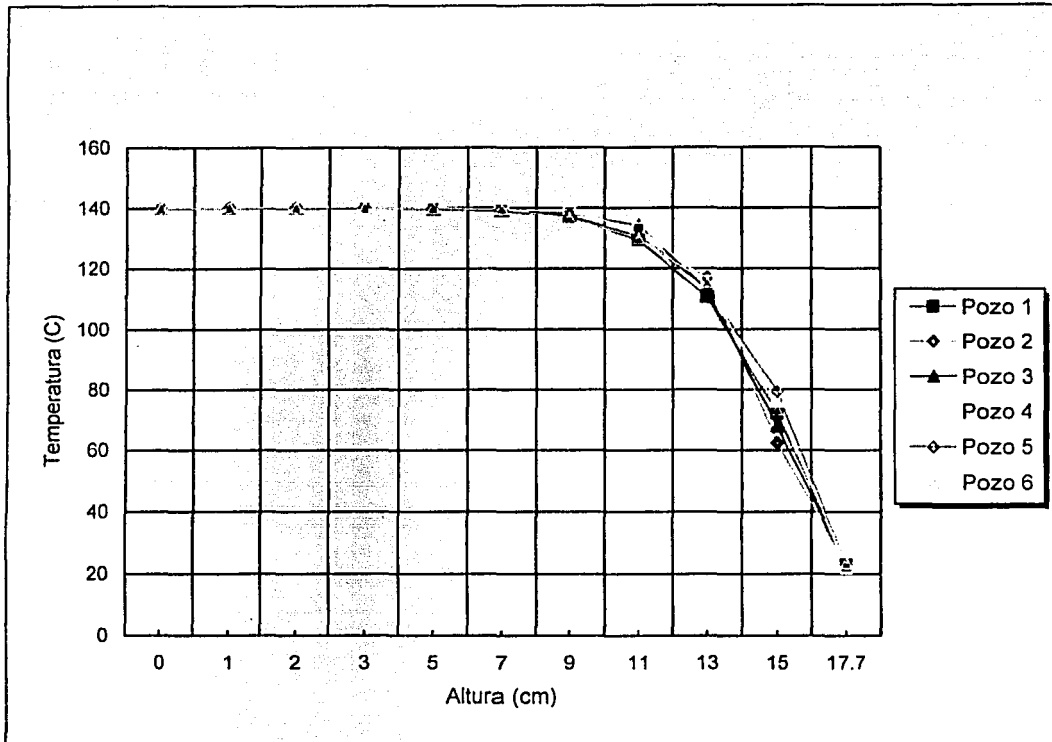
EJEMPLO: $(23,019 - 139,989) = -116,97$, $(72,016 - 139,989) = -67,973$
 $(110,566 - 139,989) = -29,423$ ETC. HASTA $(139,989 - 139,989) = 0$

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO. 2	POZO NO. 3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0.114	0.054	0.11	0.13	0.134	0.133
2	0.104	0.064	0.11	0.179	0.147	0.09
3	0.001	0.051	0.06	0.17	0.053	0.052
5	-0.341	-0.372	-0.34	0.043	-0.327	-0.174
7	-1.043	-0.85	-0.659	-0.376	-0.934	-0.465
9	-3.08	-3.153	-1.798	-1.252	-1.301	-3.445
11	-10.749	-10.142	-5.76	-6.75	-6.799	-10.125
13	-29.423	-23.025	-27.169	-24.198	-26.576	-24.788
15	-67.973	-77.602	-72.118	-64.197	-60.663	-66.828
17.7	-116.97	-116.689	-117.01	-118.023	-116.72	-116.492

Tabla No.64

GRAFICA DE TEMPERATURA VS. ALTURA

TEMPERATURA DE 140° C



Gráfica No.8

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION VERTICAL

Ho: No existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm, por lo tanto son iguales

Hi: Existe diferencia significativa entre la altura de 5cm con respecto a la altura de 7cm

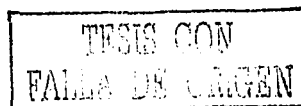
TEMPERATURA 140°C

Altura (cm)	No. de Pozo						Totales Yi	Promedios Yi
	1	2	3	4	5	6		
5	139.648	139.67	139.642	139.985	139.664	139.84	838.449	139.742
7	138.946	139.192	139.323	139.566	139.057	139.549	835.633	139.272
							1674.082	139.507
SST=	19501.564	19507.709	19499.888	19595.800	19506.033	19555.226		
	19305.991	19374.413	19410.898	19478.668	19336.849	19473.923		
	1.084							
SStratamientos=	702996.726							
	698282.511							
	0.681							
SSE=	0.423							

Tabla ANADEVA no. 8

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.661	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.661	Fo=MStratamientos/MSE 15.607 Fo>Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 0.423	N - a = 12-2= 10	MSE=SSE/N-a 0.042	Fo>Fo.01, 1, 10 15.607>10.04
Total	SST= 1.084	N - 1= 12-1= 11		Por lo tanto se acepta H1 y se rechaza Ho

Tabla ANADEVA no. 8'



**TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION VERTICAL DEL BAÑO DE TEMPERATURA
EN ESTA SE OBSERVA EL COMPORTAMIENTO
GENERAL CON TODAS LAS TEMPERATURAS**

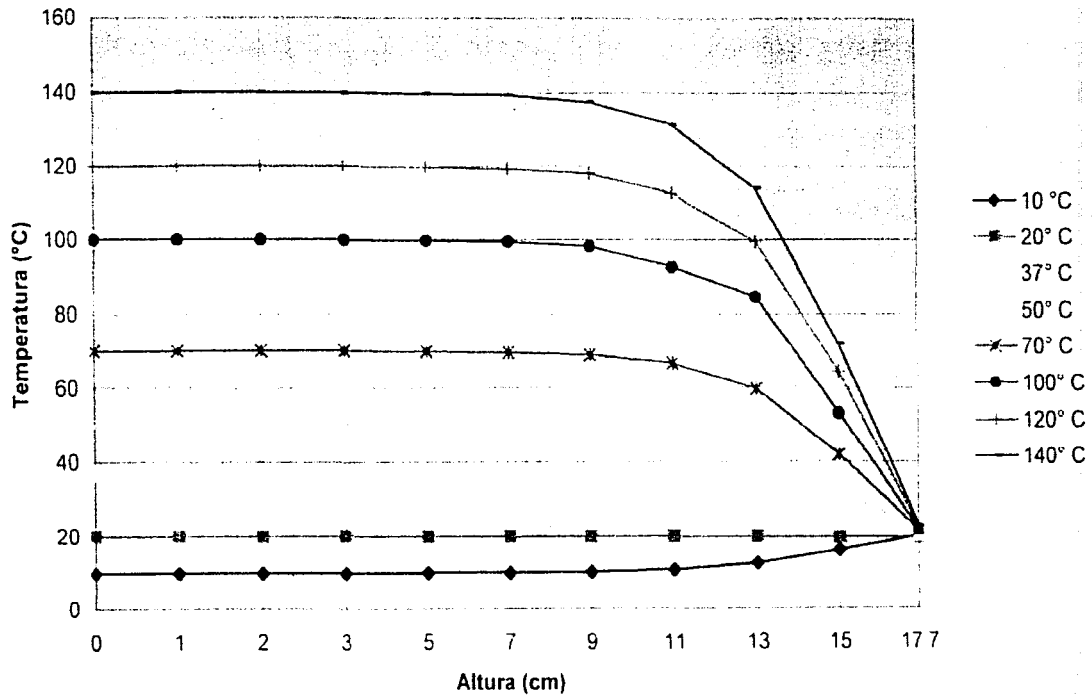
ALTURAS (cm)	TEMPERATURAS PROMEDIO (°C)							
	10	20	37	50	70	100	120	140
0	9.997	19.986	36.972	49.972	69.977	99.989	119.989	139.993
1	9.984	19.986	36.99	50.002	70.025	100.066	120.106	140.106
2	9.983	19.987	36.989	50.002	70.024	100.071	120.11	140.109
3	9.987	19.988	36.977	49.979	69.993	100.028	120.041	140.058
5	10.017	19.986	36.934	49.895	69.84	99.787	119.764	139.742
7	10.082	19.984	36.862	49.727	69.513	99.465	119.3	139.272
9	10.231	19.981	36.529	49.28	68.912	98.284	118.064	137.43
11	10.836	19.933	35.567	47.552	66.758	92.708	112.731	131.173
13	12.487	19.854	33.436	43.297	59.743	84.574	99.429	114.13
15	16.127	19.703	27.047	33.496	41.931	53.186	64.29	71.763
17.7	20.068	19.61	20.257	21.132	21.906	21.992	22.24	23.009

Tabla No. 65

Ejemplo: 9.997 es el promedio de temperaturas obtenido de los seis pozos de la tabla no. 49 para la altura de 0 cm, para la Temperatura de 10°C. Así se realizó para cada una de las demás temperaturas que aparecen en el tabla.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA GENERAL DE TEMPERATURA PROMEDIO VS. ALTURA



Gráfica No.9

ANALISIS ESTADISTICO DE LAS DIFERENCIAS DE TEMPERATURA LAS ALTURAS EN VALOR ABSOLUTO

TEMPERATURA 10°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0,012	0,014	0,003	0,017	0,016	0,018
2	0,009	0,015	0,005	0,019	0,018	0,019
3	0	0,007	0,004	0,016	0,017	0,016
5	0,036	0,032	0,02	0,004	0,02	0,009
MEDIA	0,011	0,014	0,006	0,011	0,014	0,012
DESV. MEDIA	0,015	0,012	0,008	0,009	0,008	0,008

Tabla No. 66

TEMPERATURA 20°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0,001	0,005	0,002	0,002	0	0,006
2	0,004	0,004	0	0,002	0,001	0,007
3	0,005	0,005	0,001	0,001	0,004	0,006
5	0,006	0,002	0,003	0,002	0,006	0,005
MEDIA	0,003	0,003	0,001	0,0014	0,002	0,005
DESV. MEDIA	0,003	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003

Tabla No.67

TEMPERATURA 37°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0,013	0,012	0,01	0,026	0,021	0,022
2	0,012	0,013	0,008	0,025	0,019	0,023
3	0,002	0,004	0,001	0,018	0,005	0,007
5	0,069	0,048	0,007	0,007	0,058	0,057
MEDIA	0,019	0,015	0,005	0,015	0,021	0,022
DESV. MEDIA	0,028	0,019	0,004	0,011	0,023	0,022

Tabla No.68

TEMPERATURA 50°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0,023	0,027	0,023	0,04	0,031	0,037
2	0,024	0,029	0,023	0,041	0,034	0,032
3	0,009	0,009	0,003	0,023	0,004	0,013
5	0,11	0,084	0,062	0,031	0,099	0,072
MEDIA	0,033	0,030	0,022	0,027	0,034	0,031
DESV. MEDIA	0,044	0,033	0,025	0,017	0,040	0,027

Tabla No.69

TEMPERATURA 70°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0,035	0,051	0,041	0,055	0,054	0,051
2	0,026	0,046	0,036	0,064	0,047	0,063
3	0,012	0,016	0,014	0,037	0,013	0,024
5	0,181	0,138	0,108	0,068	0,155	0,172
MEDIA	0,051	0,050	0,040	0,045	0,054	0,062
DESV. MEDIA	0,074	0,053	0,042	0,028	0,061	0,066

Tabla No.70

TEMPERATURA 100°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0,039	0,078	0,064	0,11	0,091	0,084
2	0,029	0,079	0,075	0,124	0,09	0,098
3	0,027	0,036	0,016	0,074	0,089	0,048
5	0,27	0,203	0,228	0,078	0,228	0,205
MEDIA	0,073	0,079	0,077	0,077	0,100	0,087
DESV. MEDIA	0,111	0,077	0,090	0,048	0,082	0,076

Tabla No. 71

TEMPERATURA 120°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0,091	0,106	0,081	0,151	0,121	0,148
2	0,079	0,108	0,069	0,182	0,13	0,154
3	0,007	0,046	0,007	0,129	0,06	0,076
5	0,343	0,272	0,303	0,017	0,259	0,156
MEDIA	0,104	0,106	0,092	0,096	0,114	0,107
DESV. MEDIA	0.140	0.103	0.123	0.082	0.096	0.068

Tabla No. 72

TEMPERATURA 140°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.1	POZO NO.2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
0	0	0	0	0	0	0
1	0,114	0,054	0,11	0,13	0,134	0,133
2	0,104	0,064	0,11	0,179	0,147	0,09
3	0,001	0,051	0,06	0,17	0,053	0,052
5	0,341	0,372	0,34	0,043	0,327	0,174
MEDIA	0,112	0,108	0,124	0,104	0,132	0,090
DESV. MEDIA	0.139	0.150	0.129	0,079	0.124	0,068

Tabla No.73

**MEDIA, DESVIACION. ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACION DE LAS
DIFERENCIAS DE LAS TEMPERATURAS**

	POZO NO.1	POZO NO. 2	POZO NO.3	POZO NO.4	POZO NO.5	POZO NO.6
TEMPERATURA DE 10°C						
MEDIA	0,011	0,014	0,006	0,011	0,014	0,012
DESV. MEDIA	0,015	0,012	0,008	0,009	0,008	0,008
COEF. VAR.	129.457	87.713	122.335	76.651	56.864	64.162
TEMPERATURA DE 20°C						
MEDIA	0,003	0,003	0,001	0,001	0,002	0,005
DESV. MEDIA	0,003	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003
COEF. VAR.	80.889	67.748	108.653	63.888	121.967	57.810
TEMPERATURA DE 37°C						
MEDIA	0,019	0,015	0,005	0,015	0,021	0,022
DESV. MEDIA	0,028	0,019	0,004	0,011	0,023	0,022
COEF. VAR.	148.113	123.513	85.355	74.925	110.409	100.886
TEMPERATURA DE 50°C						
MEDIA	0,033	0,030	0,022	0,027	0,034	0,031
DESV. MEDIA	0,044	0,033	0,025	0,017	0,040	0,027
COEF. VAR.	132.793	109.599	111.408	62.141	118.013	88.957
TEMPERATURA DE 70°C						
MEDIA	0,051	0,050	0,040	0,045	0,054	0,062
DESV. MEDIA	0,074	0,053	0,042	0,028	0,061	0,066
COEF. VAR.	145.665	106.424	104.482	61.927	113.241	106.714
TEMPERATURA DE 100°C						
MEDIA	0,073	0,079	0,077	0,077	0,100	0,087
DESV. MEDIA	0,111	0,077	0,090	0,048	0,082	0,076
COEF. VAR.	152.150	96.710	117.897	62.246	82.006	87.432
TEMPERATURA DE 120°C						
MEDIA	0,104	0,106	0,092	0,096	0,114	0,107
DESV. MEDIA	0,140	0,103	0,123	0,082	0,096	0,068
COEF. VAR.	134.392	96.758	134.075	85.708	84.641	64.022
TEMPERATURA DE 140°C						
MEDIA	0,112	0,1082	0,124	0,104	0,132	0,090
DESV. MEDIA	0,139	0,150	0,129	0,079	0,124	0,068
COEF. VAR.	124.179	138.216	103.998	76.017	94.113	75.627

Tabla No. 74

CARACTERIZACION HORIZONTAL

VARIABILIDAD DE LOS POZOS

TEMPERATURA	NO. DE POZO					
	1	2	3	4	5	6
°C						
10	99.82	100.04	99.87	99.87	99.96	99.9
20	99.92	99.97	99.92	99.92	99.94	99.92
37	99.86	99.93	99.94	99.94	99.92	99.94
50	99.91	99.94	99.94	99.96	99.93	99.95
70	99.93	99.94	99.97	99.99	99.96	99.96
100	99.95	99.97	99.98	100.03	99.99	100
120	99.96	99.98	99.98	100.03	99.99	100.02
140	99.97	100	99.98	100.03	99.99	100.02
Rango=	0.12	0.11	0.11	0.16	0.07	0.15

Tabla no. 91'

La variabilidad fue calculada utilizando los datos de la tabla no. 91

Se dividió la temperatura promedio por el valor nominal de temperatura por ejemplo: $9.998/10 \times 100$

De acuerdo a la tabla anterior se obtiene que el pozo que tiene menos variabilidad es el pozo número 5 por lo que se considera el pozo patrón.

Una vez habiendo definido el pozo patrón para la caracterización horizontal se comparará cada uno de los demás pozos para ver si existe diferencia significativa entre ellos.

**TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION HORIZONTAL DEL
BAÑO DE TEMPERATURA**

TEMPERATURA DE 10°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	9.995	10.005	9.985	9.997	10.002	9.999
1	9.983	9.991	9.982	9.98	9.986	9.981
2	9.986	9.990	9.980	9.978	9.984	9.980
3	9.995	9.998	9.981	9.981	9.985	9.983
5	10.031	10.037	10.005	10.001	10.022	10.008
Promedio	9.998	10.004	9.987	9.987	9.996	9.990

Tabla No.75

**TABLA DE LAS DIFERENCIAS HALLADAS DEL POZO NO.5
MENOS CADA POZO (FACTOR DE CORRECCION)**

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	0.007	-0.003	0.017	0.005	0	0.003
1	0.003	-0.005	0.004	0.006	0	0.005
2	-0.002	-0.006	0.004	0.006	0	0.004
3	-0.01	-0.013	0.004	0.004	0	0.002
5	-0.009	-0.015	0.017	0.021	0	0.014

Tabla No.76

**TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION HORIZONTAL DEL BAÑO
DE TEMPERATURA**

TEMPERATURA DE 20°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	19.982	19.997	19.985	19.982	19.989	19.98
1	19.983	19.992	19.983	19.984	19.989	19.986
2	19.986	19.993	19.985	19.984	19.988	19.987
3	19.987	19.992	19.984	19.983	19.993	19.986
5	19.988	19.995	19.982	19.984	19.983	19.985
Promedio	19.985	19.994	19.984	19.983	19.988	19.985

Tabla No.77

**TABLA DE LAS DIFERENCIAS HALLADAS DEL POZO NO.5 MENOS CADA POZO
(FACTOR DE CORRECCION)**

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	0.007	-0.008	0.004	0.007	0	0.009
1	0.006	-0.003	0.006	0.005	0	0.003
2	0.002	-0.005	0.003	0.004	0	0.001
3	0.006	0.001	0.009	0.01	0	0.007
5	-0.005	-0.012	0.001	-0.001	0	-0.002

Tabla No. 78

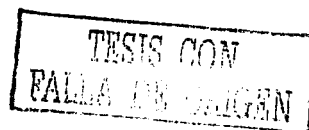


TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION HORIZONTAL DEL BAÑO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA DE 37°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	36.957	36.98	36.976	36.967	36.975	36.978
1	36.97	36.992	36.986	36.993	36.996	37
2	36.969	36.993	36.984	36.992	36.994	37.001
3	36.955	36.984	36.975	36.985	36.98	36.985
5	36.888	36.932	36.983	36.96	36.917	36.921
Promedio	36.948	36.976	36.981	36.979	36.972	36.977

Tabla No.79

TABLA DE LAS DIFERENCIAS HALLADAS DEL POZO NO. 5 MENOS CADA POZO (FACTOR DE CORRECCION)

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	0.018	-0.005	-0.001	0.008	0	-0.003
1	0.026	0.004	0.01	0.003	0	-0.004
2	0.025	0.001	0.01	0.002	0	-0.007
3	0.025	-0.004	0.005	-0.005	0	-0.005
5	0.029	-0.015	-0.066	-0.043	0	-0.004

Tabla No.80

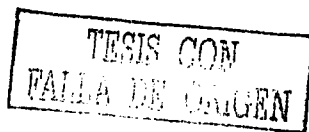


TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION HORIZONTAL DEL BAÑO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA DE 50°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	49.971	49.973	49.974	49.965	49.971	49.975
1	49.994	50	49.997	50.005	50.002	50.012
2	49.995	50.002	49.997	50.006	50.005	50.007
3	49.962	49.982	49.977	49.988	49.975	49.988
5	49.861	49.889	49.912	49.934	49.872	49.903
Promedio	49.957	49.969	49.971	49.980	49.965	49.977

Tabla No.81

TABLA DE LAS DIFERENCIAS HALLADAS DEL POZO NO.5 MENOS CADA POZO (FACTOR DE CORRECCION)

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	0	-0.002	-0.003	0.006	0	-0.004
1	0.008	0.002	0.005	-0.003	0	-0.01
2	0.01	0.003	0.008	-0.001	0	-0.002
3	0.013	-0.007	-0.002	-0.013	0	-0.013
5	0.011	-0.017	-0.04	-0.062	0	-0.031

Tabla No.82

TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION HORIZONTAL DEL BAÑO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA DE 70°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	69.98	69.968	69.982	69.979	69.977	69.978
1	70.015	70.019	70.023	70.034	70.031	70.029
2	70.006	70.014	70.018	70.043	70.024	70.041
3	69.968	69.984	69.996	70.016	69.99	70.002
5	69.799	69.83	69.874	69.911	69.822	69.806
Promedio	69.954	69.963	69.979	69.997	69.969	69.971

Tabla No.83

TABLA DE LAS DIFERENCIAS HALLADAS DEL POZO NO.5 MENOS CADA POZO (FACTOR DE CORRECCION)

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	-0.003	0.009	-0.005	-0.002	0	-0.001
1	0.016	0.012	0.008	-0.003	0	0.002
2	0.018	0.01	0.006	-0.019	0	-0.017
3	0.022	0.006	-0.006	-0.026	0	-0.012
5	0.023	-0.008	-0.052	-0.089	0	0.016

Tabla No.84

**TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION HORIZONTAL DEL
BAÑO DE TEMPERATURA**

TEMPERATURA DE 100° C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	100.001	99.972	99.991	99.987	99.985	99.995
1	100.04	100.05	100.055	100.097	100.076	100.079
2	100.03	100.051	100.066	100.111	100.075	100.093
3	99.974	100.008	100.007	100.061	100.074	100.043
5	99.731	99.769	99.763	99.909	99.757	99.79
Promedio	99.955	99.970	99.976	100.033	99.993	100.000

Tabla No.85

**TABLA DE LAS DIFERENCIAS HALLADAS DEL POZO NO. 5 MENOS CADA POZO
(FACTOR DE CORRECCION)**

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	-0.016	0.013	-0.006	-0.002	0	-0.01
1	0.036	0.026	0.021	-0.021	0	-0.003
2	0.045	0.024	0.009	-0.036	0	-0.018
3	0.1	0.066	0.067	0.013	0	0.031
5	0.026	-0.012	-0.006	-0.152	0	-0.033

Tabla No.86

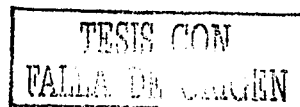


TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION HORIZONTAL DEL BAÑO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA DE 120°C

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	119.99	119.98	120.012	119.948	119.986	120.019
1	120.081	120.086	120.093	120.099	120.107	120.167
2	120.069	120.088	120.081	120.13	120.116	120.173
3	119.997	120.026	120.005	120.077	120.046	120.095
5	119.647	119.708	119.709	119.931	119.727	119.863
Promedio	119.957	119.978	119.980	120.037	119.996	120.063

Tabla No.87

TABLA DE LAS DIFERENCIAS HALLADAS DEL POZO NO. 5 MENOS CADA POZO (FACTOR DE CORRECCION)

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	-0.004	0.006	-0.026	0.038	0	-0.033
1	0.026	0.021	0.014	0.008	0	-0.06
2	0.047	0.028	0.035	-0.014	0	-0.057
3	0.049	0.02	0.041	-0.031	0	-0.049
5	0.08	0.019	0.018	-0.204	0	-0.136

Tabla No.88

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TABLA PARA HACER LA CARACTERIZACION HORIZONTAL DEL BAÑO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA DE 140°C

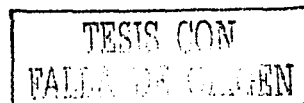
ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	139.989	140.042	139.982	139.942	139.991	140.014
1	140.103	140.096	140.092	140.072	140.125	140.147
2	140.093	140.106	140.092	140.121	140.138	140.104
3	139.99	140.093	140.042	140.112	140.044	140.066
5	139.648	139.67	139.642	139.985	139.664	139.84
Promedio	139.965	140.001	139.970	140.046	139.992	140.034

Tabla No.89

TABLA DE LAS DIFERENCIAS HALLADAS DEL POZO NO. 5 MENOS CADA POZO (FACTOR DE CORRECCION)

ALTURAS (cm)	POZO NO.					
	1	2	3	4	5	6
0	0.002	-0.051	0.009	0.049	0	-0.023
1	0.022	0.029	0.033	0.053	0	-0.022
2	0.045	0.032	0.046	0.017	0	0.034
3	0.054	-0.049	0.002	-0.068	0	-0.022
5	0.016	-0.006	0.022	-0.321	0	-0.176

Tabla No.90

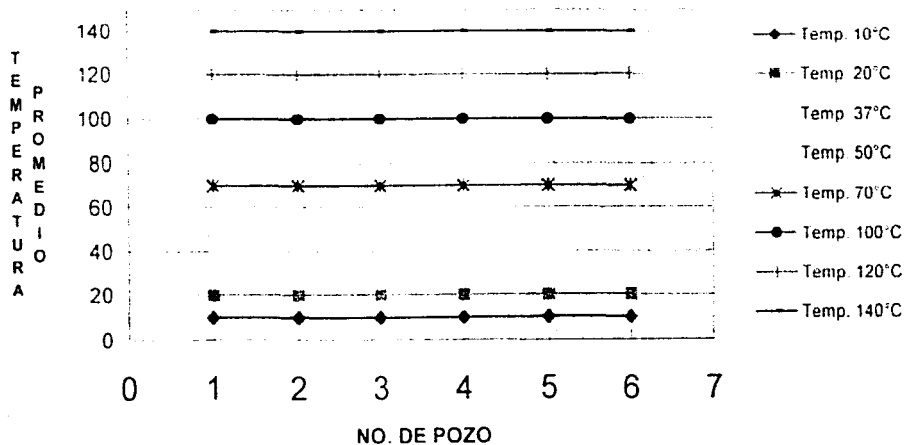


CARACTERIZACION HORIZONTAL , TABLA DE PROMEDIO DE TEMPERATURAS CONSIDERANDO SOLO LAS ALTURAS 0, 1, 2 ,3 Y 5 CM

POZO NO.	PROMEDIO DE TEMPERATURAS °C							
	10°	20°	37°	50°	70°	100°	120°	140°
1	9.998	19.985	36.948	49.957	69.954	99.955	119.957	139.965
2	10.004	19.994	36.976	49.969	69.963	99.970	119.978	140.001
3	9.987	19.984	36.981	49.971	69.979	99.976	119.980	139.970
4	9.987	19.983	36.979	49.980	69.997	100.033	120.037	140.046
5	9.996	19.988	36.972	49.965	69.969	99.993	119.996	139.992
6	9.990	19.985	36.977	49.977	69.971	100.000	120.063	140.034

Tabla No.91

CARACTERIZACION HORIZONTAL



Gráfica No. 10

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION HORIZONTAL

Ho: No existe diferencia significativa entre el pozo 1 con respecto al pozo 5, por lo tanto son iguales

H1: Existe diferencia significativa entre el pozo 1 con respecto al pozo 5

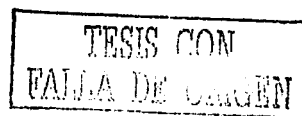
TEMPERATURA PROMEDIO

Pozo No.	Temperatura							Totales Yi Promedios Yi		
	10	20	37	50	70	100	120	140		
1	9.996	19.988	36.972	49.965	69.969	99.993	119.996	139.992	546.871	68.359
5	9.998	19.985	36.948	49.957	69.954	99.955	119.957	139.965	546.719	68.340
									1093.59	68.349
SST=	99.920	399.520	1366.929	2496.501	4895.661	9998.600	14399.040	19597.760		
	99.960	399.400	1365.155	2495.702	4893.562	9991.002	14389.682	19590.201		
	31732.402									
SStratamientos=	299067.891									
	298901.665									
	0.001									
SSE=	31732.401									

Tabla ANADEVa no.9

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.001	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.001	Fo=MStratamientos/MSE 6.371E-07
				Fo < F _{0.01, a-1, N-a}
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 31732.401	N - a = 16-2= 14	MSE=SSE/N-a 2266.600	Fo < F _{0.01, 1, 14} 6.371E-07 < 4.60
Total	SST= 31732.402	N - 1= 16-1= 15		Por lo tanto se acepta Ho y se rechaza H1

Tabla ANADEVa no. 9'



ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION HORIZONTAL

Ho: No existe diferencia significativa entre el pozo 2 con respecto al pozo 5, por lo tanto son iguales

H1: Existe diferencia significativa entre el pozo 2 con respecto al pozo 5

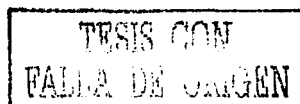
TEMPERATURA PROMEDIO

Pozo No.	Temperatura								Totales Yi	Promedios Yi
	10	20	37	50	70	100	120	140		
2	10.004	19.994	36.976	49.969	69.963	99.97	119.978	140.001	546.855	68.357
5	9.998	19.985	36.948	49.957	69.954	99.955	119.957	139.965	546.719	68.340
									1093.574	68.348
SST=	100.080	399.760	1367.225	2496.901	4894.821	9994.001	14394.720	19600.280		
	99.960	399.400	1365.155	2495.702	4893.562	9991.002	14389.682	19590.201		
	31728.446									
SStratamientos=	299050.391									
	298901.665									
	0.001									
SSE=	31728.445									

Tabla ANADEVa no. 10

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.001	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.001	Fo=MStratamientos/MSE 5.101E-07 Fo < Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 31728.445	N - a = 16-2= 14	MSE=SSE/N-a 2266.318	Fo < Fo.01, 1, 14 5.101E-07 < 4.60
Total	SST= 31728.446	N - 1= 16-1= 15		Por lo tanto se acepta Ho y se rechaza H1

Tabla ANADEVa no. 10'



ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION HORIZONTAL

Ho: No existe diferencia significativa entre el pozo 3 con respecto al pozo 5, por lo tanto son iguales

H1: Existe diferencia significativa entre el pozo 3 con respecto al pozo 5

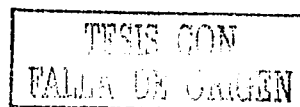
TEMPERATURA PROMEDIO

Pozo No.	Temperatura								Totales Yi	Promedios Yi
	10	20	37	50	70	100	120	140		
3	9.987	19.984	36.981	49.971	69.979	99.976	119.98	139.97	546.828	68.354
5	9.998	19.985	36.948	49.957	69.954	99.955	119.957	139.965	546.719	68.340
									1093.547	68.347
SST=	99.740	399.360	1367.594	2497.101	4897.060	9995.201	14395.200	19591.601		
	99.960	399.400	1365.155	2495.702	4893.562	9991.002	14389.682	19590.201		
	31727.207									
SStratamientos=	299020.862									
	298901.665									
	0.001									
SSE=	31727.206									

Tabla ANADEVa no. 11

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.001	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.001	Fo=MStratamientos/MSE 3.277E-07 Fo<Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 31727.206	N - a = 16-2= 14	MSE=SSE/N-a 2266.229	Fo<Fo.01, 1, 14 3.277E-06<4.60
Total	SST= 31727.207	N - 1= 16-1= 15		Por lo tanto se acepta Ho y se rechaza H1

Tabla ANADEVa no. 11'



ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION HORIZONTAL

Ho: No existe diferencia significativa entre el pozo 4 con respecto al pozo 5, por lo tanto son iguales

H1: Existe diferencia significativa entre el pozo 4 con respecto al pozo 5

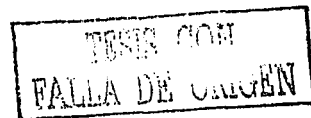
TEMPERATURA PROMEDIO

Pozo No.	Temperatura								Totales Yi	Promedios Yi
	10	20	37	50	70	100	120	140		
4	9.987	19.983	36.979	49.98	69.997	100.033	120.037	140.046	547.042	68.360
5	9.998	19.985	36.948	49.957	69.954	99.955	119.957	139.965	546.719	68.340
									1093.761	68.360
SST=	99.740	399.320	1367.446	2498.000	4899.580	10006.601	14408.881	19612.882		
	99.960	399.400	1365.155	2495.702	4893.562	9991.002	14389.682	19590.201		
	31747.546									
SStratamientos=	299254.950									
	298901.665									
	0.007									
SSE=	31747.539									

Tabla ANADEVa no. 12

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.007	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.007	Fo=MStratamientos/MSE 2.875E-06 Fo<Fo.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 31747.539	N - a = 16-2= 14	MSE=SSE/N-a 2267.681	Fo<Fo.01, 1, 14 2.875E-06<4.60
Total	SST= 31747.546	N - 1= 16-1= 15		Por lo tanto se acepta Ho y se rechaza H1

Tabla ANADEVa no. 12'



ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CARACTERIZACION HORIZONTAL

Ho: No existe diferencia significativa entre el pozo 6 con respecto al pozo 5, por lo tanto son iguales

H1: Existe diferencia significativa entre el pozo 6 con respecto al pozo 5

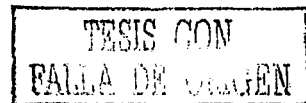
TEMPERATURA PROMEDIO

Pozo No.	Temperatura								Totales Yi	Promedios Yi
	10	20	37	50	70	100	120	140		
6	9.99	19.985	36.977	49.977	69.971	100	120.063	140.034	546.997	68.375
5	9.998	19.985	36.948	49.957	69.954	99.955	119.957	139.965	546.719	68.340
									1093.716	68.357
SST=	99.800	399.400	1367.299	2497.701	4895.941	10000.000	14415.124	19609.521		
	99.960	399.400	1365.155	2495.702	4893.562	9991.002	14389.682	19590.201		
	31746.031									
SStratamientos=	299205.718									
	298901.665									
	0.005									
SSE=	31746.026									

Tabla ANADEVA no. 13

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Entre tratamientos	SStratamientos= 0.005	a - 1= 2-1 1	MStratamientos= SStratamientos/a-1 0.005	Fo=MStratamientos/MSE 2.130E-06 Fo<F0.01, a-1, N-a
Error (dentro de tratamientos)	SSE=SST - SStratamientos 31746.026	N - a = 16-2= 14	MSE=SSE/N-a 2267.573	Fo<F0.01, 1, 14 2.130E-06<4.60
Total	SST= 31746.031	N - 1= 16-1= 15		Por lo tanto se acepta Ho y se rechaza H1

Tabla ANADEVA no. 13'



CAPITULO VIII

DISCUSION DE RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION

Después de los datos obtenidos se obtuvo la media para cada altura para cada temperatura, por ejemplo para el pozo no. 2 a la temperatura de 10 grados centígrados, a la altura cero, se obtuvieron los siguientes resultados: 10.005, 10.005, 10.005, 10.005 y 10.005, se obtuvo la media de 10.05. Para la siguiente altura a 1 cm a esa misma temperatura se obtuvo también la media de las cinco mediciones de temperatura, el resultado es 9.991, para la altura de 2 cm la media es de 9.990, para la altura de 3 cm la media es 9.998, para la siguiente altura de 5 cm la media es de 10.037, para la altura de 7 cm la media es de 10.124, para la altura de 9 cm la media es de 10.353, para la altura de 11 cm la media es de 11.218, para la altura de 13 cm la media es de 12.946, para la altura de 15 cm la media es de 16.718, y para la última altura de 17.7 cm la media es de 21.307.

Para la siguiente temperatura de 20 grados centígrados, se obtuvo la media de cinco lecturas de temperatura a la altura cero cm el resultado es 19.997, para la siguiente altura de 1cm la media es de 19.992, así para las siguientes alturas, 19.993, 19.992, 19.995, 19.995, 19.997, 20.022, 20.074, 20.275 y 20.414.

Para la siguiente temperatura de 37 grados centígrados se realiza lo mismo para cada altura. De igual manera para las siguientes temperaturas 50, 70, 100, 120, y 140 grados centígrados. **Se termina de sacar promedios para el pozo no. 2** de las tablas no.1 a la tabla no.8.

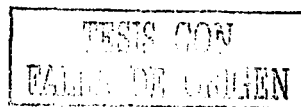
Se continúa con el pozo no. 5, se obtienen los promedios de los datos para la temperatura de 10 grados centígrados a la altura de 0 cm, para la altura de 1 cm, para la altura de 2cm, de 3 cm, de 5 cm y así se continúa hasta la altura de 17.7 cm. (Tabla no.9 a la tabla no.16)

Se realizó lo mismo con la temperatura de 20 grados centígrados, se obtuvieron los promedios para las once alturas. Se continúa con las temperaturas de 37, 50, 70, 100, 120, y 140 grados centígrados, entonces se termina de obtener cálculos con el pozo no. 5. (De la tabla no.9 a la tabla no.16).

Se hace lo mismo para los pozos no. 1 (tabla no.17 a la tabla no. 24), no. 6 (tabla no.25 a la tabla no.32) , no. 3 (tabla no. 33 a la tabla no.40) y no.4 (tabla no. 41 a la tabla no.48).

El promedio se realizó para trabajar con la temperatura representante de un grupo de cinco datos.

Dicho de otra manera, lo que se necesita es la capacidad de resumir los 2640 datos por medio de unas cuantas *medidas descriptivas*.



CARACTERIZACION VERTICAL (A LO LARGO DEL BAÑO) TEMPERATURA DE 10 C

Estos promedios se van obteniendo por altura para cada temperatura para cada pozo, por ejemplo a la temperatura de 10 grados centígrados, se tabularon los promedios en un tabla en el cual se colocaron las alturas en centímetros de lado izquierdo y el número de pozo en la parte de arriba. Ver tabla no. 49.

Obtenida la tabla no. 49 de promedios por pozo, se obtuvo con los promedios los rangos o diferencias, se realizó de la siguiente manera: el valor promedio de la altura de cero centímetros se restó a los demás valores promedio de las siguientes alturas, v.gr. 9.995 que es el valor promedio a la altura cero, se resta así mismo: 9.995 menos 9.995 obteniendo cero, para la siguiente altura 1 cm, el promedio 9.983 menos 9.995 se obtiene -0.012, se realiza de igual manera para la siguiente altura de 2 cm 9.986 menos 9.995, se obtuvo -0.009, se realizó de igual manera la obtención de las diferencias para las siguientes alturas, los resultados se tabularon en otra tabla de diferencias. Tabla no. 50.

Se aplicó el procedimiento de obtener las diferencias para los demás pozos, se tabularon estos resultados en otras tablas.

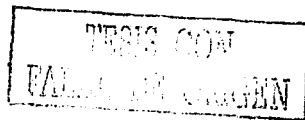
Para el análisis de estos resultados de la diferencias, se consideró la siguiente restricción: Para que una altura sea considerada como altura de trabajo en el baño y a la cual podamos mantener el RTD, es necesario que los resultados de las diferencias de los promedios sean menores o iguales a 0.5 grado centígrado. Además porque cuando el baño se vaya a utilizar en la calibración de termómetros líquido vidrio, lo mas que llega a percibir el ojo humano es 0.5 de grado, hablando concretamente de termómetros que tienen una escala con una división mínima de 1 grado centígrado. Para los termómetros que su división mínima es de 0.1 de grado no hay problema porque ya viene la marca de 0.1.

Analizando los valores del tabla no. 50 y tomando valor absoluto observamos que en la línea en donde las diferencias son menores a 0.5 es en la altura correspondiente a 9 cm, en los demás pozos el valor mayor es 0.352 y el valor menor es 0.111 que corresponden a los pozos 9 y 6 respectivamente.

Para la altura 11cm los valores son mayores a 0.5.

Este comportamiento también lo podemos observar claramente en la gráfica no. 1 que es la gráfica de temperatura contra altura a la temperatura de 10 grados centígrados, se obtiene una línea horizontal hasta la altura de 7 cm, a la altura de 9 cm se empieza a formar la curva para continuar el pronunciamiento hasta los 17,7 cm; además hay separación en los puntos de los pozos.

También podemos observar que en las primeras alturas coinciden todos los puntos de los seis pozos, lo que nos indica que el comportamiento de los pozos durante las alturas de 0, 1, 2, 3, 5 y 7 es semejante el comportamiento para esta temperatura de 10 grados centígrados.



TEMPERATURA DE 20 C

Para la temperatura de 20 C se realizó también un tabla del los promedios de las temperaturas a diferentes alturas para cada pozo, ver tabla no.51, también se obtuvo la tabla de diferencias de temperaturas para cada pozo tabla no. 52, aquí observamos que a la altura de 11 cm las diferencias en valor absoluto son menores a 0.5 grado centígrado, la explicación de este comportamiento se debe a que 20 grados centígrados, es una temperatura próxima a la temperatura ambiente y por lo tanto no podemos detectar cambios considerables en la temperatura.

La gráfica de temperatura vs altura, gráfica no. 2, también nos indica que hasta la altura de 7 cm obtenemos una línea recta, a partir de la altura 9 cm se despegan cada línea de cada pozo para quedar entre 18 y 21 grados, esta gráfica es diferente a las demás gráficas por la razón anteriormente comentada la temperatura de trabajo 20° C está alrededor de la temperatura ambiente.

TEMPERATURA DE 37 C

Para la temperatura de 37 grados centígrados se realizó lo mismo. Se obtuvo la tabla no. 53 tabulando promedio de temperaturas en cada pozo a cada altura. Se obtuvieron también las diferencias de las temperaturas y los resultados se tabularon en el tabla no. 54.

Como se puede apreciar en los resultados, tomando valor absoluto de las diferencias que son menores a 0.5 están en la altura 7cm.

Esto también se observa en la gráfica no. 3, obtenemos una línea horizontal que se empieza a hacer curva a la altura de 9 cm a la altura de 11 cm se despegan las líneas de cada uno de los pozos. El comportamiento de la curva es hacia abajo ya que ahora, a medida que la temperatura de los pozos se empieza a acercar a la temperatura ambiente, porque el baño se empieza a hacer mas frío en la parte de arriba, en la altura de 17.7 cm que es la superficie del baño a la temperatura ambiente.

TEMPERATURA DE 50 C

Para la temperatura de 50 grados centígrados es lo mismo, tabular en el tabla no.55 los promedios de las temperaturas, tabla no. 56, se tabulan las diferencias de los promedios, tabla no. 9, se observa que en la altura de 7 cm es en donde los valores absolutos de las diferencias son menores a 0.5.

En la gráfica no. 4 de temperatura contra altura observamos la línea horizontal hasta la altura de 7 cm, a partir de la siguiente altura 9 cm se empieza a formar la curva y en donde se separan los pozos, la temperatura disminuye para llegar a la temperatura ambiente.

TEMPERATURA DE 70 C

Se realizó lo mismo, tabulación de promedios tabla no. 57, tabulación de las diferencias tabla no. 58, se observa a la altura de 5 cm las diferencias son menores a 0.5. El cambio se nota en la gráfica no.5 empieza una línea horizontal en donde se juntan las lecturas de los pozos lo que indica que la temperatura en los pozos es muy cercana entre si, se

separan las curvas en la altura 9 que es en donde empieza el cambio de temperatura. Como va aumentando la temperatura las curvas se van haciendo mas pronunciadas.

TEMPERATURA DE 100 C

Para la temperatura de 100 grados centígrados se hizo de igual forma se tabularon resultados de promedios y de diferencias de temperaturas tablas no. 59 y 60 respectivamente, se observa que a la altura 5 cm las diferencias son menores a 0.5 cm, anexo a estos tablas su gráfica no.6 indica separación de temperaturas de los pozos a la altura de 9 cm y la formación de la curva a partir de ésta altura.

TEMPERATURA DE 120 C

De igual manera para esta temperatura se tabularon los promedios en tabla no. 61, diferencias en el tabla no. 62, se busca en cuál altura los resultados de las diferencias es menor a 0.5 de grado centígrado, se ve que es en la altura 5cm, ve en la gráfica no. 7 el mismo comportamiento que se ha venido observando en las gráficas anteriores, línea horizontal para los 6 pozos a las alturas de 0, 1, 2, 3 y 5; pronunciamiento de curva a partir de altura no. 9.

TEMPERATURA DE 140 C

Lo mismo para esta temperatura se obtuvo el tabla no. 63, el tabla no. 64 de diferencias de temperatura, se observa que en la altura de 5 cm los valores son menores que 0.5 de grado centígrado y en la gráfica no. 8 observamos la línea horizontal hasta la altura 5 cm para hacerse curva a partir de la altura de 7cm y separación de las temperaturas de los pozos en las siguientes alturas.

Para poder observar el comportamiento de todas las temperaturas de trabajo en una sola gráfica se obtuvo el promedio horizontal de los seis pozos, por ej. vayamos al tabla no. 49, se obtiene el promedio de 9.995, 10.005, 9.985, 9.997, 10.002 y 9.999, esto es para la altura cero se obtiene de resultado 9.997 que es el primer número de la tabla, ahora se tabula por temperaturas. Tabla no. 65.

Para la siguiente altura 1 cm se obtiene también el promedio de las temperaturas de los cinco pozos, así se continúa hasta la altura de 17.7 cm, los valores que se obtengan se tabulan para cada temperatura. Tabla no. 65.

Se graficó temperatura contra altura y se obtiene una gráfica, en donde todas las temperaturas coinciden en presentar una línea horizontal hasta la altura 7 cm, y se empieza a formar la curva a partir de la altura 9 cm. Ver gráfica no. 9.

Como ya se ha mencionado anteriormente en algunas temperaturas la altura óptima es en 5 cm de acuerdo a las diferencias de las temperaturas, **se dejó como altura de trabajo 5 cm.** que se comprobó estadísticamente mediante un análisis de varianza.

En el análisis de varianza se determinó si existe diferencia significativa entre la altura de 5 cm 7 cm y se encontró que si existe diferencia significativa para las temperaturas de 10, 50, 70 100, 120 y 140°C. Para las temperaturas de 20 y 37°C se encontró que no existe diferencia significativa debido a que son temperaturas que están en equilibrio con la temperatura ambiente.

En resumen con éste estudio se concretó la caracterización vertical en el que se determinó la altura a la cual se debe colocar el RTD para el estudio de calibración y validación de sistemas que requieren un estricto control en la temperatura.

CARACTERIZACION HORIZONTAL (A LO ANCHO DEL BAÑO)

Para juntar todas las temperaturas y observar el comportamiento de los pozos con todas las temperaturas de 10 a 140 grados centígrados (tabla no. 91) es necesario que se consideren las alturas para las cuales se escogió 0, 1, 2, 3 y 5cm se vuelve a comprobar el comportamiento uniforme de todos los seis pozos en las temperaturas de 10 a 140 grados centígrados. Ver gráfica no. 10.

Una vez definido por el estudio de caracterización vertical que la altura de 5cm es la ideal para trabajar, es preciso definir cuál es el pozo que tiene menor variación en las lecturas de temperatura y en el cual se colocará el RTD y que se llamará "**Pozo Patrón**". Para obtener lo anterior se realizó lo siguiente:

De la tabla de variabilidad (Tabla no. 91) se obtuvo que el pozo que tiene menor variabilidad corresponde al pozo no. 5 debido a que tiene un rango de 0.07, dato que se obtuvo de restar el valor mayor menos el valor menor. Por lo tanto **el pozo patrón es el pozo no. 5**. Una vez elegido el pozo patrón se realizó una prueba de Análisis de varianza para ver si existía diferencia significativa entre el pozo no. 5 y los pozos 1,2,3, 4 y 6, el análisis mostró que no existe diferencia entre éstos.

Las tablas de las "Diferencias halladas del pozo patrón menos cada pozo" (Tablas no. 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, y 90) sirven y se reportan para hacer las correcciones de temperatura para cuando se use el baño de pozo seco en cualquier estudio o calibración.

Posteriormente se obtuvo la incertidumbre ya que cualquier medición se debe reportar con una incertidumbre.

La incertidumbre combinada obtenida es de ± 0.327 para la temperatura de 10°C, mientras que la expandida es de ± 0.654 .

Para 20, 37, 50, 70, 100, 120 y 140°C es de $\pm 0.654, 0.655, 0.655, 0.655, 0.655, 0.655$ y 0.655 respectivamente.

CAPITULO IX
2ª. Parte
CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

1. Cortar los termopares a la medida o tamaño requerido tomando en cuenta la distancia que hay del Digistrip III y el autoclave. Considerar el lugar donde va a colocarse el Digistrip III.
2. Es necesario que la punta de los termopares que queda dentro de la autoclave sea mas larga que la cámara misma, ya que después se doblarán y entrelazarán en el alambre de acero inoxidable cuando se hagan las corridas de la validación.
3. Una vez cortados al tamaño requerido, pelarlos de los dos extremos, tanto del inicio como del final, de manera que queden los alambres descubiertos. Se debe quitar el plástico, azul, rojo y transparente.
4. Por uno de los extremos unir los 2 metales Cobre y Constantano a manera de formar una trenza.
5. Del otro extremo quitar la cubierta transparente aproximadamente unos 10 cm y también las cubiertas azul y roja aproximadamente unos 4 cm del metal. Esto se hace con el fin de que el agua que condensa no llega al digistrip y se vaya a provocar un corto o dañar la tarjeta electrónica.
6. Colocar los termopares o mejor dicho los alambres en los tornillos del banco que se encuentra en la parte posterior del Digistrip. Es necesario que haga contacto el alambre con el tornillo para que haya una buena señal.
7. Colocar el alambre de cobre en la entrada positiva, el alambre de cobre es el de color azul. El alambre de constantano es el rojo y colóquelo en el negativo.
8. En el baño Kaye LTR, colocar el RTD en el pozo patrón que es el pozo no. 4 previamente definido en el estudio de caracterización y en los 5 pozos restantes los termopares en series de 4. Colocar los termopares en los soportes y meterlos en los pozos. Cada soporte tiene la forma para 3 termopares para introducirlos en los pozos, sujetarlos de manera que queden fijos. Asegurar que los termopares lleguen hasta el fondo.
9. Encender el equipo Kaye de acuerdo al procedimiento correspondiente.
10. Encender y programar el Digistrip III, colocar el switch derecho en posición LOAD para que no grafique.
11. Esperar 30 minutos a que se mantenga la temperatura y se estabilice, pasado el tiempo registre la primera lectura del RTD y el Digistrip la que detecte, coloque el switch en posición "RUN" para que empiece a graficar.
12. Hacer una primera lectura, después de cinco minutos haga la segunda lectura, a los 10 minutos la tercera lectura así hasta los 30 minutos, para obtener 5 lecturas a esa temperatura.
13. Cambiar a una segunda temperatura 121°C y 130°C, esperar 30 minutos para estabilizar el baño y después cada 5 minutos durante 30 minutos.
14. Colocar un baño de hielo que contenga hielo picado tipo frappé elaborado con agua destilada, sumerja el RTD y los termopares, espere 30 minutos a que se estabilice el RTD y empiece a registrar las temperaturas cada cinco minutos.

15. Hacer el promedio de cada temperatura de cada termopar , saque la diferencia con el RTD y obtenga las incertidumbres.

Nota: puede suceder que un termopar no este haciendo contacto o que no esté bien colocado y en ese caso en el no. de termopar aparecerá OPEN C . En el caso de que están invertidos los termopares aparecerá una lectura rara como por ejemplo -103.9.

Para calcular la incertidumbre tipo "A" se utiliza la "t de student" y se multiplica por el siguiente factor: $s / n^{1/2}$,utilizando una probabilidad de 1σ o sea un factor de cobertura del 68%, para calcular la "t de student", obtenida la incertidumbre tipo A se eleva al cuadrado y se suma a la incertidumbre del instrumento también elevada al cuadrado, mas las otras incertidumbres al cuadrado. Obtenido lo anterior se obtiene la raíz cuadrada y el resultado es la incertidumbre, que deberá expresarse con \pm al resultado promedio de las lecturas en la calibración de los termopares. Lo anterior se expresa como está indicado en la página 116.

Los resultados se organizan en tablas y se numeran para después realizar la validación del proceso de esterilización.

Ejemplo de cálculo de Incertidumbre para el termopar.

La incertidumbre del termopar está en función de:

$$U = f \left\{ U_{\text{RTD del certificado de Calibración con Distribución con } K=2}, U_{\text{Resolución del termopar distribución cuadrangular}}, U_{\text{Tipo A } s/n^{1/2}} \right\}$$

$$U_{\text{RTD del certificado de Calibración con Distribución con } K=2} = 0.03/2$$

$$U_{\text{Resolución del termopar distribución cuadrangular}} = 0.1/2 * 3^{1/2}$$

$$\text{Tipo A} = t_{n-1} S/n^{1/2} \text{ donde } t_{68\% 4 \text{ g.l.}} = 0.569 \text{ y } 5^{1/2} = 2.24$$

$$\text{Tipo A} = 0.569 * 0.04/2.24 = 0.010$$

$$\text{Tipo A} = 0.569 * 0.05/2.24 = 0.013$$

$$\text{Tipo A} = 0.569 * 0.06/2.24 = 0.015$$

$$\text{Tipo A} = 0.569 * 0.08/2.24 = 0.020$$

$$U = \sqrt{(0.03/2)^2 + (0.1/2 * 3^{1/2})^2 + (0.010)^2}$$

$$U = \sqrt{(2.25E-4) + (8.33E-4) + (1.00E-4)}$$

$$U_{\text{estandar combinada}} = 0.03$$

$$U_{\text{expandida}} = 0.06 \text{ con } K = 2 \text{ con un nivel de confianza del } 95\%$$

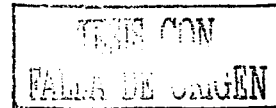
CAPITULO X. RESULTADOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 1	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 2	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 3	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 4	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 5	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 6
0	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
5	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.3 S=0.04	0.2 S=0.04	0.3 S=0.04
10	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0
15	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.3 S=0.04	0.3 S=0	0.3 S=0
20	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0
25	0.2 S=0	0.2 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0
30	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0.05	0.3 S=0.04	0.3 S=0	0.3 S=0

Tabla no. 92



RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 7	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 8	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 9	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 10	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 11	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 12
0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3
5	0.3 S=0.05	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0.04	0.4 S=0.04	0.4 S=0.05
10	0.3 S=0.04	0.3 S=0.04	0.3 S=0	0.4 S=0	0.5 S=0	0.4 S=0
15	0.3 S=0	0.3 S=0.04	0.3 S=0	0.4 S=0	0.5 S=0.04	0.4 S=0
20	0.3 S=0	0.4 S=0.05	0.3 S=0	0.4 S=0	0.5 S=0.04	0.4 S=0
25	0.3 S=0	0.4 S=0.05	0.3 S=0	0.4 S=0	0.5 S=0	0.4 S=0
30	0.3 S=0	0.4 S=0	0.3 S=0.05	0.4 S=0	0.5 S=0	0.4 S=0

Tabla no.93



RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 13	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 14	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 15	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 16
0	0.4	0.4	0.7	0.4
5	0.4 S=0	0.4 S=0.04	0.5 S=0.08	0.4 S=0.04
10	0.4 S=0	0.5 S=0.05	0.5 S=0	0.5 S=0.05
15	0.5 S=0	0.5 S=0	0.5 S=0.04	0.5 S=0
20	0.5 S=0.05	0.5 S=0	0.5 S=0	0.5 S=0
25	0.5 S=0	0.5 S=0	0.5 S=0	0.5 S=0
30	0.5 S=0	0.5 S=0.04	0.5 S=0	0.5 S=0

Tabla no.94

RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 121°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 1	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 2	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 3	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 4	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 5	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 6
0	121.0	121.1	121.2	121.2	121.3	121.3
5	121.0 S=0.04	121.1 S=0	121.2 S=0	121.2 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0.04
10	121.1 S=0.05	121.1 S=0.04	121.1 S=0.05	121.2 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0.04
15	121.0 S=0.05	121.1 S=0	121.2 S=0.05	121.2 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0
20	121.0 S=0.04	121.1 S=0	121.1 S=0.04	121.2 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0
25	121.0 S=0.05	121.1 S=0	121.2 S=0	121.2 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0
30	121.0 S=0.05	121.1 S=0	121.2 S=0	121.2 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0

Tabla no.95

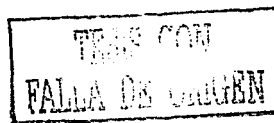
TEMS CON
 FALLA DE CALIBRACION

RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 121°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 7	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 8	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 9	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 10	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 11	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 12
0	121.2	121.1	121.2	121.3	121.3	121.2
5	121.1 S=0.04	121.1 S=0.05	121.2 S=0.05	121.2 S=0.05	121.3 S=0	121.2 S=0.05
10	121.1 S=0.05	121.2 S=0.04	121.2 S=0.04	121.2 S=0.05	121.3 S=0	121.2 S=0.05
15	121.2 S=0	121.2 S=0.05	121.2 S=0	121.3 S=0.05	121.3 S=0	121.2 S=0.05
20	121.1 S=0.05	121.2 S=0.06	121.1 S=0.04	121.2 S=0.04	121.3 S=0	121.3 S=0.05
25	121.2 S=0	121.2 S=0.04	121.2 S=0.04	121.2 S=0	121.3 S=0	121.2 S=0.04
30	121.2 S=0	121.2 S=0.04	121.1 S=0.05	121.2 S=0	121.3 S=0	121.2 S=0.05

Tabla no.96



RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 121°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 13	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 14	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 15	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 16
0	121.3	121.3	121.3	121.4
5	121.3 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0	121.4 S=0.04
10	121.3 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0	121.4 S=0
15	121.3 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0.05
20	121.3 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0.04	121.4 S=0
25	121.3 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0.04	121.4 S=0
30	121.3 S=0	121.3 S=0	121.3 S=0.05	121.4 S=0

Tabla no.97

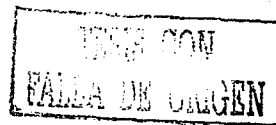
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 130°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 1	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 2	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 3	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 4	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 5	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 6
0	130.1	130.1	130.2	130.2	130.3	130.3
5	130.1 S=0.04	130.1 S=0	130.2 S=0	130.2 S=0	130.3 S=0	130.3 S=0.04
10	130.1 S=0.05	130.1 S=0	130.2 S=0	130.2 S=0	130.3 S=0	130.3 S=0.04
15	130.1 S=0.05	130.1 S=0	130.2 S=0	130.2 S=0.04	130.3 S=0.04	130.3 S=0.04
20	130.1 S=0.04	130.1 S=0	130.2 S=0	130.2 S=0	130.3 S=0	130.3 S=0
25	130.1 S=0	130.1 S=0	130.2 S=0	130.2 S=0	130.3 S=0	130.3 S=0
30	130.1 S=0.06	130.1 S=0	130.2 S=0	130.2 S=0.04	130.3 S=0.04	130.3 S=0.05

Tabla no.98

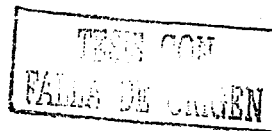


RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 130°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 7	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 8	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 9	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 10	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 11	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 12
0	130.2	130.2	130.2	130.2	130.3	130.2
5	130.2 S=0	130.3 S=0.05	130.2 S=0.04	130.2 S=0.04	130.3 S=0	130.3 S=0.05
10	130.2 S=0	130.2 S=0.05	130.2 S=0	130.2 S=0.04	130.3 S=0	130.2 S=0.05
15	130.2 S=0	130.2 S=0.04	130.2 S=0	130.2 S=0.04	130.3 S=0	130.2 S=0.04
20	130.2 S=0	130.2 S=0.04	130.2 S=0	130.2 S=0	130.3 S=0	130.3 S=0.05
25	130.2 S=0	130.3 S=0.05	130.2 S=0.04	130.2 S=0	130.3 S=0	130.3 S=0.05
30	130.2 S=0	130.3 S=0.06	130.2 S=0.04	130.2 S=0.05	130.3 S=0	130.3 S=0.04

Tabla no.99

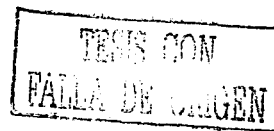


RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 130°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 13	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 14	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 15	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 16
0	130.3	130.3	130.3	130.4
5	130.4 S=0.05	130.4 S=0.05	130.4 S=0.04	130.4 S=0.05
10	130.3 S=0.05	130.4 S=0	130.4 S=0.04	130.5 S=0.05
15	130.3 S=0.04	130.3 S=0.05	130.4 S=0.04	130.4 S=0.04
20	130.3 S=0.05	130.4 S=0.05	130.4 S=0.04	130.4 S=0.04
25	130.4 S=0.05	130.3 S=0.05	130.4 S=0.04	130.4 S=0
30	130.4 S=0.04	130.4 S=0.05	130.4 S=0	130.5 S=0.05

Tabla no.100

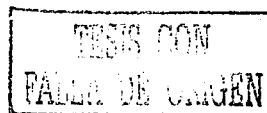


RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 1	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 2	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 3	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 4	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 5	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 6
0	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
5	0.2 S=0.05	0.1 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0
10	0.2 S=0	0.1 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0
15	0.2 S=0	0.1 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0
20	0.2 S=0	0.1 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0
25	0.2 S=0	0.1 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0
30	0.2 S=0	0.2 S=0.04	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0

Tabla no.101

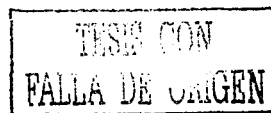


RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 7	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 8	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 9	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 10	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 11	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 12
0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
5	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0
10	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0.04	0.3 S=0	0.3 S=0
15	0.2 S=0	0.2 S=0.04	0.2 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0
20	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.4 S=0
25	0.2 S=0	0.2 S=0	0.2 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.5 S=0.06
30	0.2 S=0	0.2 S=0.05	0.3 S=0	0.3 S=0	0.4 S=0	0.5 S=0.08

Tabla no.102



RESULTADOS DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 13	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 14	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 15	Lecturas promedio del registro del Digistrip III Termopar 16
0	0.3	0.3	0.3	0.3
5	0.3 S=0.04	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0
10	0.3 S=0.04	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0
15	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0.04
20	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0.04
25	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.4 S=0.05
30	0.3 S=0	0.3 S=0	0.3 S=0	0.4 S=0

Tabla no.103

INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 1	Termopar 2	Termopar 3	Termopar 4	Termopar 5	Termopar 6
0	-0.017	0	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
5	-0.018	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1
10	-0.019	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
15	-0.022	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
20	-0.022	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
25	-0.023	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
30	-0.024	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1

Tabla no.104

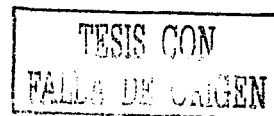
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 7	Termopar 8	Termopar 9	Termopar 10	Termopar 11	Termopar 12
0	-0.017	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1
5	-0.018	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1
10	-0.019	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1
15	-0.022	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1
20	-0.022	0	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1
25	-0.023	0	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1
30	-0.024	0	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1

Tabla no.105

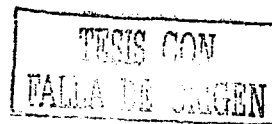


INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE Termopar 13	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE Termopar 14	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE Termopar 15	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE Termopar 16
0	-0.017	0	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.4 ± 0.1
5	-0.018	0	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1
10	-0.019	0	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1
15	-0.022	0	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1
20	-0.022	0	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1
25	-0.023	0	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1
30	-0.024	0	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1

Tabla no.106

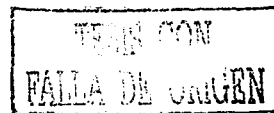


INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 121°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 1	Termopar 2	Termopar 3	Termopar 4	Termopar 5	Termopar 6
0	120.912	121	121.0 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1
5	120.910	121	121.0 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1
10	120.913	121	121.1 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1
15	120.912	121	121.0 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1
20	120.912	121	121.0 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1
25	120.911	121	121.0 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1
30	120.911	121	121.0 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1

Tabla no.107

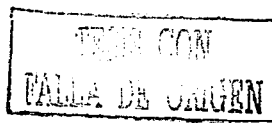


INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 121°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 7	Termopar 8	Termopar 9	Termopar 10	Termopar 11	Termopar 12
0	120.912	121	121.2 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.2 ± 0.1
5	120.910	121	121.1 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.2 ± 0.1
10	120.913	121	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.2 ± 0.1
15	120.912	121	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.2 ± 0.1
20	120.912	121	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1
25	120.911	121	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.2 ± 0.1
30	120.911	121	121.2 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.1 ± 0.1	121.2 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.2 ± 0.1

Tabla no.108

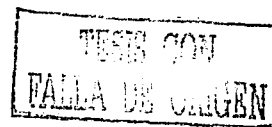


INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 121°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 13	Termopar 14	Termopar 15	Termopar 16
0	120.912	121	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.4 ± 0.1
5	120.910	121	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.4 ± 0.1
10	120.913	121	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.4 ± 0.1
15	120.912	121	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1
20	120.912	121	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.4 ± 0.1
25	120.911	121	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.4 ± 0.1
30	120.911	121	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.3 ± 0.1	121.4 ± 0.1

Tabla no.109

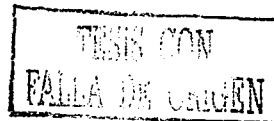


INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 130°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 1	Termopar 2	Termopar 3	Termopar 4	Termopar 5	Termopar 6
0	129.906	130	130.1 ± 0.1	130.1 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
5	129.906	130	130.1 ± 0.1	130.1 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
10	129.906	130	130.1 ± 0.1	130.1 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
15	129.906	130	130.1 ± 0.1	130.1 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
20	129.906	130	130.1 ± 0.1	130.1 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
25	129.906	130	130.1 ± 0.1	130.1 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
30	129.906	130	130.1 ± 0.1	130.1 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1

Tabla no.110



INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 130°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 7	Termopar 8	Termopar 9	Termopar 10	Termopar 11	Termopar 12
0	129.906	130	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.2 ± 0.1
5	129.906	130	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
10	129.906	130	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.2 ± 0.1
15	129.906	130	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.2 ± 0.1
20	129.906	130	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
25	129.906	130	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1
30	129.906	130	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.2 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1

Tabla no.111

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 130°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE Termopar 13	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE Termopar 14	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE Termopar 15	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE Termopar 16
0	129.906	130	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.4 ± 0.1
5	129.906	130	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1
10	129.906	130	130.3 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.5 ± 0.1
15	129.906	130	130.3 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1
20	129.906	130	130.3 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1
25	129.906	130	130.4 ± 0.1	130.3 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1
30	129.906	130	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1	130.4 ± 0.1

Tabla no.112

TESIS CON
FALLA DE CALIBRACION

INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 1	Termopar 2	Termopar 3	Termopar 4	Termopar 5	Termopar 6
0	-0.031	0	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
5	-0.033	0	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
10	-0.032	0	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
15	-0.034	0	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
20	-0.034	0	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
25	-0.034	0	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
30	-0.034	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1

Tabla no.113

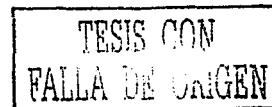
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 7	Termopar 8	Termopar 9	Termopar 10	Termopar 11	Termopar 12
0	-0.031	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
5	-0.033	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
10	-0.032	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
15	-0.034	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
20	-0.034	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1
25	-0.034	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1
30	-0.034	0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1

Tabla no.114



INFORME DE LA CALIBRACION DE LOS TERMOPARES CON INCERTIDUMBRES

TEMPERATURA 0°C

TIEMPO (minutos)	LECTURA DEL RTD °C	TEMPERATURA DE TRABAJO NOMINAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE	PROMEDIO DE TEMPERATURA ± INCERTIDUMBRE
			Termopar 13	Termopar 14	Termopar 15	Termopar 16
0	-0.031	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
5	-0.033	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
10	-0.032	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
15	-0.034	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
20	-0.034	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
25	-0.034	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1
30	-0.034	0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1

Tabla no.115

TESTES CON
 FALLA DE CALIBRACION

DISCUSION DE RESULTADOS 2ª. PARTE

CALIBRACION DE TERMOPARES

El promedio y la desviación estandar se calcularon cada cinco minutos durante 30 minutos debido a que el ciclo de esterilización que se haga posteriormente durante la validación de la autoclave se lleva a cabo durante 20 minutos y se dejan 10 minutos mas de tolerancia para observar el comportamiento del termopar, que debe ser constante durante todo el tiempo.

Como puede observarse en las tablas de la calibración de los termopares la incertidumbre obtenida es de ± 0.1 para las temperaturas de 0, 120 y 130°C, para llegar a esta valor se obtuvo el promedio y la desviación estándar cada cinco minutos, de las temperaturas que se fueron registrando, los valores de desviación estándar fueron 0.0 (para valores del tiempo cero), 0.04, 0.05, 0.06 y 0.08, se utilizó la t de student al 68% con cuatro grados de libertad. Los valores obtenidos 0.0, 0.010, 0.013, 0.015 y 0.020. Para el cálculo de la incertidumbre combinada se consideraron otras incertidumbres como se ve en la página 116.

El resultado del cálculo de incertidumbres combinadas fue 0.032, 0.034, 0.035, 0.036 y 0.040 y la incertidumbre expandida fue 0.065, 0.068, 0.070, 0.071 y 0.076 redondeando las cifras significativas y para estar de acuerdo con la regla de expresión de incertidumbre se obtiene que la incertidumbre es 0.07 y 0.08 que es aproximadamente igual a 0.1, con símbolos matemáticos : 0.07~ 0.1.

El error encontrado es: para 0°C -0.017, -0.018, -0.019, -0.022, -0.023 y -0.024; para 120°C -0.088, -0.09, -0.087, -0.089 y para 130°C es -0.094.

Por lo anterior los termopares se consideran calibrados para la siguiente fase de este trabajo que es la validación del proceso de esterilización.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO XI.

VALIDACION DE LA AUTOCLAVE 3ª Parte

PROCEDIMIENTO

Características de la autoclave.

Modelo CV250 25 X 50, 2000 watts 127 volts, diseñado para trabajar a presiones menores de 25 lb/in², la válvula de seguridad debe accionar entre 22 lb/in², la altura total es de 102 cm, de la cámara de esterilización es de 61 cm. Contiene también una válvula de descarga de agua, un indicador de nivel, en la parte inferior unas resistencias para el sistema de calentamiento y una perilla para regular el calentamiento

La forma de la autoclave es un cilindro de 47 cm de altura del fondo a la tapa, esta tiene forma circular con un diámetro de 29 cm, tiene un manómetro calibrado por el laboratorio de Metrología de la facultad de Química. El alcance del manómetro es hasta 25 PSI.

La autoclave se divide en tres secciones imaginarias cada una de la misma altura para la colocación de los termopares, la primera es la sección del fondo hacia arriba es la segunda sección y la tercera que es la de la parte de arriba en esta se encuentra la tapa y una válvula de seguridad, una perilla para expulsión de vapor y las mariposas para su cierre hermético.

Funcionamiento de la autoclave.

1. Cerciorarse de que las válvulas de escape y descarga estén cerradas, llenar de agua hasta la marca indicada en el nivel, adicionar dos litros aproximadamente
2. Introducir la canastilla en la cámara con lo que se va a esterilizar, teniendo cuidado de que en la parte inferior de la cámara este colocada la rejilla de protección de las resistencias
3. Cerrar la tapa y apretar las mariposas.
4. La posición de la perilla del switch debe estar en apagado antes de conectar la corriente.
5. Colocar la perilla en posición "Max" para realizar el proceso de esterilización y deberá registrar la presión y la temperatura con el equipo "Digistrip", el tiempo de esterilización es de 20 minutos a 15 PSI o 15 lb/in² a 121°C, según la FEUM 6ª. Ed.
6. Terminado el ciclo sacar con cuidado el material esterilizado y drenar el agua remanente del ciclo.

Validación del proceso de esterilización

La validación de la autoclave consiste en calificar el perfil termodinámico y el reto microbiológico según las características de diseño de la autoclave.

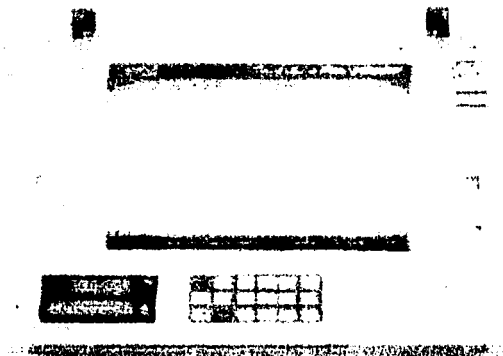
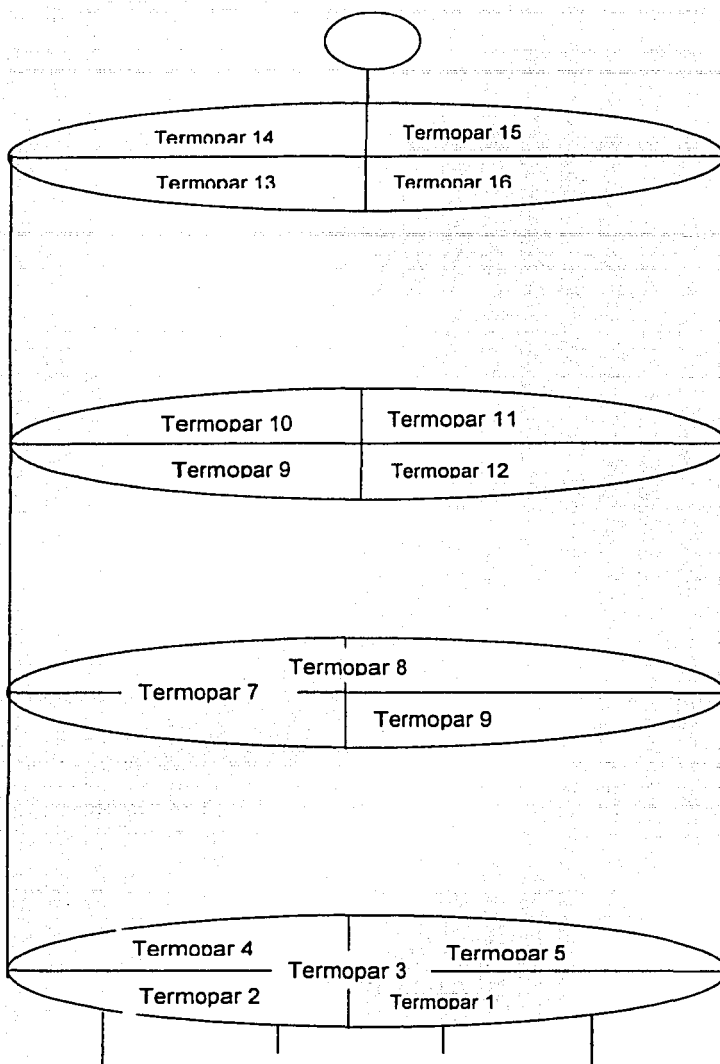


Figura No 4 Registrador Digistrip

Equipo requerido: Termopares. Digistrip (Figura No 4) y autoclave

A continuación se mencionan los puntos para llevar a cabo lo anterior .

1. Confeccionar una red de acero inoxidable, para la colocación de los termopares.
2. Transportar el equipo Digistrip al Laboratorio, en donde se encuentra la autoclave, los termopares calibrados que salen del Digistrip de la parte posterior se distribuyeron en toda la autoclave (como los termopares están aislados por un tubo de plástico, hacer un corte en la mitad del tubo para evitar que el vapor de agua llegue al Digistrip y pueda dañar los circuitos electrónicos)
3. Introducir los termopares a la autoclave a través de la tapa, para sellar la entrada, se utiliza silicón formar un soporte que impida cualquier fuga de vapor (ya que si hay fuga no se alcanza la presión requerida de 15 PSI).
4. Colocar los 16 termopares en la canastilla de la autoclave, con ayuda de alambre de acero inoxidable, sujetar por los orificios que tiene la cubeta, a manera de que se forme una red tipo malla de alambre y por ésta introducir los termopares y sujetarlos con cinta adhesiva bajo el siguiente esquema. Cada altura se divide en sectores imaginarios elípticos. A su vez cada elipse se divide y se numera de acuerdo al giro de las manecillas del reloj.



Dibujo no. 2.Segmentos imaginarios de la autoclave

Distancia del fondo de la canastilla hacia arriba en cm	No. De termopar
1	1,2,3,4 y 5
9	6,7 y 8
12	11
16	12
25	9
30	10
39	13
47	14, 15 y 16

5. Hacer pruebas de sellado corriendo un ciclo en cámara vacía a 121°C con 15PSI durante 20 minutos. Se probaron varios tipos de silicón dando buenos resultados el silicón transparente.
6. Una vez que se está seguro que la autoclave se desempeña adecuadamente proceder a hacer las corridas que comprende el proceso de validación.
7. Realizar tres ciclos de esterilización en cámara vacía (distribución de calor), tres ciclos en cámara con carga, tres ciclos con cámara llena (penetración de calor) con un patrón de carga utilizado normalmente y finalmente un ciclo de esterilización con esporas de *Bacillus stearothermophilus* para reto microbiológico.
8. Durante las corridas de los ciclos siempre mantener un termopar dentro del baño Kaye para asegurar la lectura de 121°C.
9. De cada uno de los ciclos anteriores obtener los registros (pruebas documentales) del Digistrip y después calcular el Fo e identificar los puntos fríos (donde la temperatura es menor).
10. Para calcular el Fo :
 - a) Tabular las lecturas de temperatura (T) registradas por el Digistrip minuto a minuto durante 20 minutos, por lo que se obtienen 20 valores.
 - b) A cada temperatura (T) se le resta 121°C el resultado se divide por diez, este valor obtenido es "A".
 - c) Elevar 10 al valor "A". Sumar los 20 valores y multiplicar por Δt ,
 $\Delta t = 1$ porque las lecturas de temperatura se registran cada minuto.
11. Obtener conclusiones.

Definición del patrón de carga

- ❖ El patrón de carga a utilizar para las corridas de cámara con carga son 12 celdas de corrosión.
- ❖ El patrón de carga a utilizar para las corridas con cámara llena es el siguiente:
 - a) Tres celdas de corrosión con tubo nefelométrico
 - b) Una celda de corrosión sin tubo nefelométrico
 - c) Una celda de corrosión con cinta testigo (que cambia de color después de esterilizar) adentro para comprobar si penetra el vapor.
 - d) Dos matraces de 250 ml con medio de cultivo
 - e) Un matraz de 250 ml con medio de cultivo, con cinta testigo
 - f) Un matraz de 50 ml con medio de cultivo
 - g) Siete pipetas graduadas de 10 ml con cinta testigo envueltas en papel kraft.

Reto microbiológico

1. Colocar 16 tiras con esporas de *Bacillus stearothermophilus*, en la punta de los termopares, correr el ciclo de manera normal durante 20 minutos a 121°C a 15 PSI. También se introdujo un frasco ámpula que contiene esporas suspendidas.
2. Al final del ciclo retirar las tiras y en una campana bajo flujo laminar, en ambiente aséptico, sacar de la envoltura la tira y colocarla en tubos de ensaye que contienen 10 ml de medio de cultivo estéril.
3. Incubar a 60° durante 7 días y observar diariamente si hay desarrollo, al mismo tiempo meter una tira testigo que no se esterilizó en el autoclave.
4. Para el frasco ámpula meter a incubar por 48 horas a 60°C, incubar también una ámpula no esterilizada.
5. Si la esterilización es adecuada el permanece el color violeta del frasco ámpula, de lo contrario este vira a amarillo en medio ácido, porque las esporas desarrollan y dejan la vida latente para convertirse en microorganismos que fermentan el azúcar.

Datos técnicos de las tiras

- ❖ Lote: 316761
- ❖ Concentración: 3.06×10^6
- ❖ Valor D: 2 minutos con vapor saturado

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Datos técnicos de las esporas

- ❖ N: aprox. 1000 esporas por ml en dos ml
- ❖ Valor D: 3 minutos con vapor saturado
- ❖ Valor F: 15 minutos

CRITERIOS DE ACEPTACION

1. Verificación de la respuesta de los termopares a través del registrador electrónico Digistrip y un termopar sumergido en el Baño Kaye.
 - ❖ La diferencia de las lecturas entre los termopares conectados al registrador y el termopar de referencia (el que está en el baño Kaye) deberá ser máximo de 1°C
2. Al verificar la respuesta de los termopares conectados al registrador Digistrip con el termopar sumergido en el baño Kaye, deben tener los 16 termopares diferencia menor o igual a 1°C durante 17 minutos en cada una de las corridas (es decir tres pueden estar fuera).
3. La diferencia entre la temperatura de la zona mas fría con respecto a la zona mas caliente no debe ser mayor a 1°C en cámara vacía (distribución de calor).
4. La temperatura de la zona mas fría debe alcanzar un F_0 mayor o igual a 17, calculando un F_0 a 121 y un valor $Z = 10$ (distribución de calor).
5. La promoción de crecimiento de esporas de microorganismos termo-resistentes (*Bacillus stearothermophilus*) en medios de cultivo adecuados, colocados y retados durante un ciclo de esterilización, deberá ser en todos los casos, negativo su crecimiento.
6. El mas importante, tener el criterio como técnico analista para definir si la autoclave es apta o no para ser utilizada.

Cálculo de incertidumbre para el Fo

De la ecuación :

$$Fo = (\Sigma 10^{(12.1/10 - T/10)}) (\Delta \text{tiempo})$$

Aplicando las leyes de los logaritmos:

$$\log Fo = \log 10^{(12.1 - T/10)} + \log \Delta \text{tiempo}$$

$\log Fo = (12.1 - T/10) \log 10 + \log \Delta \text{tiempo}$; como $\Delta \text{tiempo} = 1$ y $\log 1 = 0$ y $\log 10 = 1$ queda:

$$\log Fo = 12.1 - T/10$$

derivando con respecto a la temperatura:

$$\frac{\partial \log Fo}{\partial T} = \frac{\partial 12.1}{\partial T} - \frac{\partial T/10}{\partial T}$$

$$\frac{\log_e \partial Fo}{Fo \partial T} = 0 - \frac{\partial T/\partial T}{10}$$

$$\frac{\partial Fo}{\partial T} = 0 - \frac{1/10}{\frac{\log_e}{Fo}}$$

$$\frac{\partial Fo}{\partial T} = 0 - \frac{Fo}{10 \log_e}$$

fórmula:

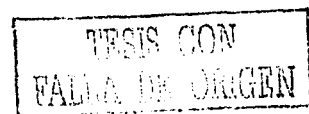
$$\frac{\partial(\log v)}{\partial x} = \frac{\log_e \partial v}{v \partial x}$$

$$\frac{dc}{dx} = 0$$

$$\frac{dx \ u}{dx \ c} = \frac{du/dx}{c}$$

$$\frac{dx}{dx} = 1$$

$$\log_e = 0.4343 \text{ de tablas}$$



$$\frac{\partial F_o}{\partial T} = 0 - \frac{F_o}{10 (0.4343)} \quad \text{por lo tanto la ecuación se reduce a:}$$

$$\frac{\partial F_o}{\partial T} = -\frac{F_o}{4.343}$$

derivando con respecto al tiempo manteniendo constante la temperatura:

$$\frac{\partial F_o}{\partial t} = \log \Delta \text{tiempo} \quad \Delta \text{tiempo} = 1 \text{ minuto que es una constante}$$

$$\frac{\partial \log F_o}{\partial t} = \log 1 \quad \text{como } \log 1 = 0 \text{ entonces queda:}$$

$$\frac{\partial \log F_o}{\partial t} = 0$$

en la ecuación de incertidumbre:

$$U_{F_o \text{ TipoA}}^2 = \frac{\partial F_o}{\partial T}^2 U_T^2 + \frac{\partial F_o}{\partial t}^2 U_t^2$$

$$U_{F_o \text{ TipoA}}^2 = -\frac{F_o}{4.343}^2 U_T^2 + 0^2 U_t^2 \quad \text{Estimación tipo A}$$

Incertidumbre combinada

$$U = \sqrt{U_{F_o \text{ TipoA}}^2 + \sum U_{\text{Termopar 1...16 del informe de calibración K=2}}^2 + U_{\text{resolución del termopar distribución rectangular}}^2}$$

CAPITULO XII

RESULTADOS DE LA VALIDACION DE LA AUTOCLAVE

CALCULO DE Fo

Distribución de calor

3da. Corrida en cámara vacía

Presión: 18 PSI

Tempopar en Kaye	Tempopar no. 1	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Tempopar no. 2	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Tempopar no. 3	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Tempopar no. 4	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Tempopar no. 5	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$
120.931	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586
120.931	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	121	1
121.031	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
121.131	120.9	1.023292992	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586
121.231	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586
121.331	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586
121.331	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.331	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301
121.331	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
120.931	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839
120.931	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301
120.931	120.9	1.023292992	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.031	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992
121.131	120.7	1.071519305	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.7	1.071519305	120.9	1.023292992
121.231	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548
121.231	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.331	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
121.331	120.8	1.047128548	121	1	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	121	1
121.331	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839
121.331	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	121.2	0.954992586
Fo		20.09		19.56		19.54		20.08		19.32

Tabla no. 116



Fórmula

$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{((T-121)/Z)}] \cdot \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

$$Z = 10$$

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura

Sumatoria de $10^{((T-121)/Z)}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$Fo = \text{Sumatoria } 10^{((120.8 - 121)/10)} \cdot 1$$

$$Fo = 20.09$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.5$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.331$$

$$\text{Diferencia} = 0.831$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
3da. Corrida en cámara vacía
Presión: 18 PSI

Termopar no.6	$10^4 \{(\text{termopar}-121)/10\}$	Termopar no.7	$10^4 \{(\text{termopar}-121)/10\}$	Termopar no.8	$10^4 \{(\text{termopar}-121)/10\}$	Termopar no.9	$10^4 \{(\text{termopar}-121)/10\}$	Termopar no.10	$10^4 \{(\text{termopar}-121)/10\}$	Termopar no.11
121.3	0.933254301	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121.3
121.1	0.977237221	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	121.1
121.2	0.954992586	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1
121.3	0.933254301	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121	1	121.3
121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.2	0.954992586	121	1	121.3
121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3
121.3	0.933254301	121	1	121	1	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4
121.4	0.912010839	121	1	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.5
121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.5
121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.5
121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.5
121	1	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	121	1	120.9	1.023292992	121.1
121	1	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	121	1	120.8	1.047128548	121.1
120.9	1.023292992	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	121	1	120.8	1.047128548	121
120.9	1.023292992	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	121	1	120.7	1.071519305	121
121.4	0.912010839	121	1	121	1	121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.4
121.2	0.954992586	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121.2	0.954992586	121	1	121.2
121.1	0.977237221	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	121.1
121.5	0.891250938	121	1	121.1	0.977237221	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.5
121.3	0.933254301	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	121.3	0.933254301	121	1	121.3
	19.01		20.60		20.48		19.14		19.92	

Tabla no.117

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE Fo

Distribución de calor

3da. Corrida en cámara vacía

Presión: 18 PSI

10°[(tempar-121)/10]	Tempar no. 12	10°[(tempar-121)/10]	Tempar no. 13	10°[(tempar-121)/10]	Tempar no. 14	10°[(tempar-121)/10]	Tempar no. 15	10°[(tempar-121)/10]	Tempar no. 16	10°[(tempar-121)/10]
0.933254301	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121	1	121	1
0.977237221	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
0.977237221	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305
0.933254301	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548
0.933254301	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
0.933254301	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548
0.912010839	121.2	0.954992586	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
0.891250938	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.891250938	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1
0.891250938	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
0.891250938	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.977237221	120.9	1.023292992	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196
0.977237221	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196
1	120.8	1.047128548	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	120.5	1.122018454	120.5	1.122018454
1	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	120.5	1.122018454	120.5	1.122018454
0.912010839	121.1	0.977237221	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
0.954992586	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305
0.977237221	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196
0.891250938	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992
0.933254301	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305
18.79		19.90		20.43		20.55		20.84		21.05

Tabla no. 118

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Distribución de calor

2da. Corrida en cámara vacía

Presión: 18 PSI

Termopar en Kaye	Termopar no. 1	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 2	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 3	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 4	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 5	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$
120.931	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
120.931	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	121	1
120.931	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	121.1	0.977237221
121.131	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121.2	0.954992586
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.232	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.231	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
121.331	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
121.331	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
121.431	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938
121.331	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
121.031	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121	1	120.8	1.047128548	121	1
120.931	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121	1	120.8	1.047128548	121	1
120.831	120.9	1.023292992	121	1	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
120.831	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121	1	121.2	0.954992586
121.231	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.031	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
120.931	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
121.331	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
121.131	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
Fo	19.92		19.41		19.27		19.81		18.89	

Fórmula

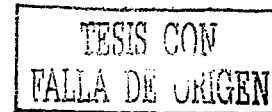
$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{((T-121)/Z)}] \cdot \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

Z = 10

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura



Sumatoria de $10^{((T-121)/Z)}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$Fo = \text{Sumatoria } 10^{((120.9 - 121)/10)*1}$$

$$Fo = 19.92$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.8$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.431$$

$$\text{Diferencia} = 0.631$$

Tabla no.119

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo

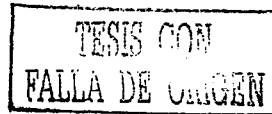
Distribución de calor

2da. Corrida en cámara vacía

Presión: 18 PSI

Termopar no 6	$10^4 \cdot [(termopar-121)/10]$	Termopar no.7	$10^4 \cdot [(termopar-121)/10]$	Termopar no 8	$10^4 \cdot [(termopar-121)/10]$	Termopar no 9	$10^4 \cdot [(termopar-121)/10]$	Termopar no.10	$10^4 \cdot [(termopar-121)/10]$	Termopar no.11
121.3	0.933254301	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121
121.2	0.954992586	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9
121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9
121.3	0.933254301	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121
121.4	0.912010839	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1
121.5	0.891250938	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.2
121.5	0.891250938	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.3
121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.3
121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.6	0.87096359	121.2	0.954992586	121.3
121.6	0.87096359	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3
121.2	0.954992586	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	120.9
121.1	0.977237221	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121.2	0.954992586	120.8	1.047128548	120.9
121.2	0.954992586	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121.2	0.954992586	120.8	1.047128548	120.9
121.3	0.933254301	120.9	1.023292992	121	1	121.3	0.933254301	120.9	1.023292992	121.1
121.3	0.933254301	121	1	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121	1	121.3
121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.4
121.5	0.891250938	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.5
121.6	0.87096359	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.5
121.6	0.87096359	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.5
121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.5
Fo	18.31		19.92		19.65		18.69		19.78	

Tabla no.120



CALCULO DE Fo
Distribución de calor
2da. Corrida en cámara vacía
Presión: 18 PSI

$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Termopar no.12	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Termopar no.13	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Termopar no.14	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Termopar no.15	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$	Termopar no.16	$10^4 \{(\text{tempopar}-121)/10\}$
1	121	1	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548
1	121	1	121	1	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
0.977237221	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
0.933254301	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.912010839	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
0.891250938	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
19.17		19.47		19.58		19.63		19.81		20.06

Tabla no.120



CALCULO DE Fo

Distribución de calor

2da. Corrida en cámara vacía

Presión: 18 PSI

158

$10^4[(\text{tempopar}-121)/10]$	Tempopar no.12	$10^4[(\text{tempopar}-121)/10]$	Tempopar no.13	$10^4[(\text{tempopar}-121)/10]$	Tempopar no.14	$10^4[(\text{tempopar}-121)/10]$	Tempopar no.15	$10^4[(\text{tempopar}-121)/10]$	Tempopar no.16	$10^4[(\text{tempopar}-121)/10]$
1	121	1	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548
1	121	1	121	1	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
0.977237221	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
0.933254301	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.912010839	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
0.891250938	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
19.17		19.47		19.58		19.63		19.81		20.06

Tabla no.121



CALCULO DE Fo
Distribución de calor
1er. Corrida en cámara vacía
Presión: 15 PSI

Termopar en Kaye	Termopar no. 1	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 2	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 3	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 4	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 5	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$
121.031	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
120.931	120.8	1.047128548	121	1	120.8	1.047128548	121	1	120.9	1.023292992
120.931	120.8	1.047128548	121	1	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992
120.931	120.8	1.047128548	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121	1
120.931	120.8	1.047128548	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
121.031	120.9	1.023292992	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
121.131	121	1	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
121.231	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301
121.431	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839
121.431	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839
121.431	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839
121.431	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839
121.33	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839
121.331	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839	121.5	0.891250938	121.5	0.891250938
121.431	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.6	0.87096359	121.5	0.891250938
121.432	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.6	0.87096359	121.5	0.891250938
121.431	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.6	0.87096359	121.5	0.891250938
121.431	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.6	0.87096359	121.5	0.891250938
121.431	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839
121.431	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839
Fo	19.50		18.33		18.99		18.37		18.73	

Fórmula

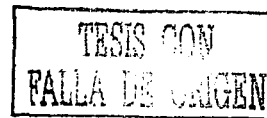
$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{((T-121)/Z)}] \cdot \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

Z = 10

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura



Sumatoria de $10^{(T-121)/Z}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$Fo = \text{Sumatoria } 10^{((120.9 - 121)/10)*1}$$

$$Fo = 19.50$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.6$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.431$$

$$\text{Diferencia} = 0.831$$

Tabla no.122

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
1er. Corrida en cámara vacía
Presión: 15 PSI

Termopar no.6	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.7	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.8	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.9	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.10	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.11
121	1	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	121
121.1	0.977237221	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	121
121.1	0.977237221	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	121.1
121.2	0.954992586	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1
121.3	0.933254301	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121.2
121.3	0.933254301	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3
121.5	0.891250938	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.4
121.6	0.87096359	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.5
121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
121.6	0.87096359	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.5
121.6	0.87096359	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.6
121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.7
121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.7
121.7	0.851138038	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.7
121.7	0.851138038	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.7
121.7	0.851138038	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.7
121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.6
121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
	17.83		19.39		19.12		19.12		19.12	

Tabla no.123

161

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
1er. Corrida en cámara vacía
Presión: 15 PSI

$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.12	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.13	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.14	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.15	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.16	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$
1	120.9	1	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196
1	120.8	1	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196
0.977237221	120.9	0.977237221	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305
0.977237221	120.9	0.977237221	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305
0.954992586	121	0.954992586	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
0.933254301	121.1	0.933254301	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
0.912010839	121.2	0.912010839	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
0.891250938	121.3	0.891250938	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.87096359	121.4	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.87096359	121.4	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.891250938	121.3	0.891250938	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.87096359	121.4	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.87096359	121.4	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.87096359	121.4	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586
0.851138038	121.4	0.851138038	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.851138038	121.5	0.851138038	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.851138038	121.5	0.851138038	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.851138038	121.4	0.851138038	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.87096359	121.4	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586
0.87096359	121.4	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
18.04		18.04		19.31		19.35		19.59		19.78

Tabla no.124



CALCULO DE Fo
Distribución de calor
1a. Corrida en cámara con carga
Presión: 18 PSI

Tempar en Kaye	Tempar no. 1	$10^{((\text{tempar}-121)/10)}$	Tempar no. 2	$10^{((\text{tempar}-121)/10)}$	Tempar no. 3	$10^{((\text{tempar}-121)/10)}$	Tempar no. 4	$10^{((\text{tempar}-121)/10)}$	Tempar no. 5	$10^{((\text{tempar}-121)/10)}$
121.531	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839
120.731	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.5	0.891250938	121.5	0.891250938
120.731	120.6	1.096478196	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305
120.931	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196
120.831	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548
120.731	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
120.731	120.6	1.096478196	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305
120.831	120.6	1.096478196	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305
120.931	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305
120.931	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.031	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.031	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992
121.031	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	121	1
121.131	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121	1
121.131	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
121.131	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
Fo		20.59		20.33		20.35		20.07		19.97

Fórmula

$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{((T-121)/Z)}] \cdot \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

Z = 10

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sumatoria de $10^{((T-121)/Z)}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$F_o = \text{Sumatoria } 10^{((121.3 - 121)/10)^1}$$

$$F_o = 20.59$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.3$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.531$$

$$\text{Diferencia} = 1.231$$

Tabla no. 125

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
1a. Corrida en cámara con carga
Presión: 18 PSI

Termopar no.6	$10^{\frac{10}{10}} \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.7	$10^{\frac{10}{10}} \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.8	$10^{\frac{10}{10}} \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.9	$10^{\frac{10}{10}} \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.10	$10^{\frac{10}{10}} \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.11
121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.5
121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	121.5
120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.5	1.122018454	120.3	1.174897555	120.3	1.174897555	120.7
120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	120.5	1.122018454	120.3	1.174897555	120.7
120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	120.9
120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196	120.5	1.122018454	120.8
120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196	120.5	1.122018454	120.8
120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196	120.5	1.122018454	120.8
120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.6	1.096478196	120.8
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.9
121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9
121	1	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121
121.3	0.933254301	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121
121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121.1
121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121	1	121	1	121.1
121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121	1	121.1	0.977237221	121.1
121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1
121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
	19.64		20.03		20.08		20.67		20.90	

Tabla no.126

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
1a. Corrida en cámara con carga
Presión: 18 PSI

$10^4[(\text{termpar}-121)/10]$ Termopar no.12	$10^4[(\text{termpar}-121)/10]$ Termopar no.13	$10^4[(\text{termpar}-121)/10]$ Termopar no.14	$10^4[(\text{termpar}-121)/10]$ Termopar no.15	$10^4[(\text{termpar}-121)/10]$ Termopar no.16	$10^4[(\text{termpar}-121)/10]$
0.891250938	121.5	0.891250938	121.5	0.891250938	121.5
0.891250938	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.3
1.071519305	120.7	1.071519305	120.5	1.122018454	120.5
1.071519305	120.6	1.096478196	120.5	1.122018454	120.6
1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8
1.047128548	120.8	1.047128548	120.7	1.071519305	120.8
1.047128548	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.8
1.047128548	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.8
1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9
1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121
1	121	1	121	1	121.1
1	121	1	121.1	0.977237221	121.1
0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1
0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1
0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2
0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2
0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2
0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3
0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2
0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2
19.96	20.08	20.15	19.94	20.13	20.44

Tabla no.127

991

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
2a. Corrida en cámara con carga
Presión: 19.5 PSI

Termopar en Kaye	Termopar no. 1	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 2	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 3	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 4	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 5	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$
120.731	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	121	1
120.931	120.6	1.096478196	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305
121.031	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.131	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221
120.931	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
120.731	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1
120.731	120.6	1.096478196	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
120.931	120.6	1.096478196	120.6	1.096478196	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548
121.231	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
120.931	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
120.831	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
120.931	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
121.031	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	121.2	0.954992586
120.931	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
120.931	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	121.2	0.954992586
121.131	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	121.1	0.977237221
120.931	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
120.831	120.8	1.047128548	121	1	120.9	1.023292992	121	1	121.1	0.977237221
120.831	120.7	1.071519305	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
120.831	120.7	1.071519305	120.7	1.071519305	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221
Fo		20.95		20.57		20.47		20.22		19.65

Fórmula

$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{((T-121)/Z)}] \cdot \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

Z = 10

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura



Sumatoria de $10^{((T-121)/Z)}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$F_o = \text{Sumatoria } 10^{((120.8 - 121)/10)*1}$$

$$F_o = 20.95$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.4$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.231$$

$$\text{Diferencia} = 0.831$$

Tabla no. 128

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
2a.Corrída en cámara con carga
Presión: 19.5 PSI

Termopar no.6	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.7	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.8	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.9	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.10	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.11
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	120.8	1.047128548	121	1	121
120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.5	1.122018454	120.7	1.071519305	120.7
121	1	121	1	121.1	0.977237221	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.9
121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	120.7	1.071519305	121	1	121
121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121.2
121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	120.7	1.071519305	120.9	1.023292992	121
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	120.5	1.122018454	120.7	1.071519305	120.8
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.4	1.148153621	120.7	1.071519305	120.7
121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586	120.6	1.096478196	120.8	1.047128548	120.9
121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121.2
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.9
121	1	121	1	121.2	0.954992586	120.6	1.096478196	120.8	1.047128548	120.9
121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121
121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121	1	121	1	121.1
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1
121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121	1	121.1	0.977237221	121.3
121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.2
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.2
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.2
	19.49		19.64		19.04		21.13		20.50	

Tabla no.129

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
2a. Corrida en cámara con carga
Presión: 19.5 PSI

$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 12	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 13	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 14	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 15	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 16	$10^4[(\text{termopar}-121)/10]$
1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
1.071519305	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992
1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221
1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	121	1
1.071519305	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
1.023292992	121	1	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221
0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
1.023292992	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221
1.023292992	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
1	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221
0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1
0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.954992586	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1
0.954992586	121	1	121	1	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.954992586	121	1	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
19.95		19.69		19.78		19.60		19.76		19.64

Tabla no. 130

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Distribución de calor
3a. Corrida en cámara con carga
Presión: 15 PSI

Termopar en Kaye	Termopar no. 1	$10^{*}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 2	$10^{*}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 3	$10^{*}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 4	$10^{*}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no. 5	$10^{*}[(\text{termopar}-121)/10]$
120.931	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1
121.031	120.9	1.023292992	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586
121.131	121	1	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
121.331	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938
120.931	120.8	1.047128548	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586
120.931	120.8	1.047128548	121	1	121	1	121	1	121.2	0.954992586
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301
121.231	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839
121.331	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.6	0.87096359
121.031	120.9	1.023292992	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586
121.031	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121.2	0.954992586
121.031	120.9	1.023292992	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301
121.231	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839
121.231	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938
121.331	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.5	0.891250938
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301
120.931	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121.1	0.977237221
121.031	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
121.331	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.5	0.891250938
	Fo	20.06		19.53		19.20		19.24		18.59

171

Fórmula

$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{*}((T-121)/Z)] * \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

Z = 10

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Sumatoria de $10^{((T-121)/Z)}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$Fo = \text{Sumatoria } 10^{((120.8 - 121)/10)} * 1$$

$$Fo = 20.06$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.8$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.331$$

$$\text{Diferencia} = 0.531$$

Tabla no.131

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Distribución de calor
3a. Corrida en cámara con carga
Presión: 15 PSI

Termopar no.6	$10^4 \frac{(T_{termopar}-121)}{10}$	Termopar no.7	$10^4 \frac{(T_{termopar}-121)}{10}$	Termopar no.8	$10^4 \frac{(T_{termopar}-121)}{10}$	Termopar no.9	$10^4 \frac{(T_{termopar}-121)}{10}$	Termopar no.10	$10^4 \frac{(T_{termopar}-121)}{10}$	Termopar no.11
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	121
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	121	1	121.2
121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.4
121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	121	1	121.3
121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586	120.9	1.023292992	121	1	121.3
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.4
121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.5
121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586	121	1	121	1	121.3
121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.3
121.1	0.977237221	121	1	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121	1	121.4
121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.4
121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.5
121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.6
121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.4
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992	121.3
121	1	121	1	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121	1	121.4
121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.6
	19.24		19.53		18.72		19.56		19.62	

Tabla no.132

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE F₀
Distribución de calor
3a. Corrida en cámara con carga
Presión: 15 PSI

10 ⁴ [(temopar-121)/10]	Termopar no.12	10 ⁴ [(temopar-121)/10]	Termopar no.13	10 ⁴ [(temopar-121)/10]	Termopar no.14	10 ⁴ [(temopar-121)/10]	Termopar no.15	10 ⁴ [(temopar-121)/10]	Termopar no.16	10 ⁴ [(temopar-121)/10]
1	121	1	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
0.954992586	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.912010839	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.87096359	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1
0.933254301	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1
0.912010839	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.891250938	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.87096359	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301
0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
0.933254301	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121	1	120.9	1.023292992
0.912010839	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1
0.912010839	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.891250938	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.87096359	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586
0.87096359	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.912010839	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.933254301	121.1	0.977237221	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
0.912010839	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1
0.87096359	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586
18.23		18.89		19.38		19.22		19.47		19.62

Tabla no.133

174

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
1a. Corrida en cámara llena
Presión: 15 PSI

Termopar en Kaye	Termopar no. 1	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 2	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 3	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 4	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 5	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$
121.231	121	1	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586
120.931	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586
120.931	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
120.931	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1
121.031	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.231	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.431	121	1	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1
121.231	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
121.031	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
121.031	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
121.131	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
121.231	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
121.231	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
121.331	121	1	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221
121.331	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
121.431	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
121.431	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
121.431	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1
121.431	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1
121.431	121	1	121	1	121	1	121	1	121	1
Fo		20.00		19.94		19.96		19.98		19.84

Fórmula

$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{((T-121)/Z)}] \cdot \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

Z = 10

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura



Sumatoria de $10^{((T-121)/Z)}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$F_o = \text{Sumatoria } 10^{((121 - 121)/10)^1}$$

$$F_o = 20.00$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.9$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.431$$

$$\text{Diferencia} = 0.531$$

Tabla no.134

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
1a. Corrida en cámara llena
Presión: 15 PSI

Termopar no.6	$10^4 \frac{(termopar-121)}{10}$	Termopar no.7	$10^4 \frac{(termopar-121)}{10}$	Termopar no.8	$10^4 \frac{(termopar-121)}{10}$	Termopar no.9	$10^4 \frac{(termopar-121)}{10}$	Termopar no.10	$10^4 \frac{(termopar-121)}{10}$	Termopar no.11
121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3
121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121.1
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121.1
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121.1
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3
121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3
121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1
121	1	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2
	19.62		19.93		19.53		19.53		19.46	

Tabla no.135

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
1a. Corrida en cámara llena
Presión: 15 PSI

$10^{10}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.12	$10^{10}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.13	$10^{10}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.14	$10^{10}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.15	$10^{10}[(\text{termopar}-121)/10]$	Termopar no.16	$10^{10}[(\text{termopar}-121)/10]$
0.933254301	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586
0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121	1
0.977237221	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121	1
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.933254301	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
0.933254301	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.954992586	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221
19.10		19.44		19.13		18.67		19.12		19.37

Tabla no.136

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
2a. Corrida en cámara llena
Presión: 15 PSI

Termopar en Kaye	Termopar no. 1	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 2	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 3	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 4	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 5	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$
121.131	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121	1	121	1
120.831	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1
120.831	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
120.931	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
121.031	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301
121.231	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121	1	121	1
120.931	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1
120.731	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
120.831	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
121.131	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301
120.931	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
120.831	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121	1	121.1	0.977237221
120.731	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
120.731	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
120.831	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
120.831	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
120.931	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1
120.931	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1
121.031	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121	1	121	1
121.031	121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121	1	121	1
Fo		19.77		19.41		19.06		19.62		19.59

Fórmula

$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{((T-121)/Z)}] \cdot \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

Z = 10

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura



Sumatoria de $10^{((T-121)/Z)}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$F_o = \text{Sumatoria } 10^{((121 - 121)/10)*1}$$

$$F_o = 19.77$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.9$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.131$$

$$\text{Diferencia} = 0.231$$

Tabla no.137

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
2a. Corrida en cámara llena
Presión: 15 PSI

Termopar no.6	10 ⁴ [(termopar-121)/10]	Termopar no.7	10 ⁴ [(termopar-121)/10]	Termopar no.8	10 ⁴ [(termopar-121)/10]	Termopar no.9	10 ⁴ [(termopar-121)/10]	Termopar no.10	10 ⁴ [(termopar-121)/10]	Termopar no.11
121	1	121	1	121	1	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.7
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.7
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.7
121	1	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.7
121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.7	0.851138038	121.5	0.891250938	121.8
121.1	0.977237221	121	1	121	1	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.8
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.7
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.7
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.8
121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.3	0.933254301	121.7	0.851138038	121.5	0.891250938	121.8
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	121.8
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.8
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	122.2
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	122.3
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	122.3
121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.6	0.87096359	121.4	0.912010839	122.3
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	122.3
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	122.3
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	122.3
121	1	120.9	1.023292992	121	1	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	122.3
	19.77		20.00		19.62		17.40		18.45	

Tabla no.138

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
2a. Corrida en cámara llena
Presión: 15 PSI

$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.12	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.13	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.14	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.15	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.16	$10^4 \left[\frac{\text{termopar}-121}{10} \right]$
0.851138038	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
0.851138038	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
0.851138038	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.851138038	121.5	0.891250938	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938
0.831763771	121.6	0.87096359	121.5	0.891250938	121.5	0.891250938	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359
0.831763771	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839
0.851138038	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
0.851138038	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
0.831763771	121.5	0.891250938	121.5	0.891250938	121.5	0.891250938	121.2	0.954992586	121.5	0.891250938
0.831763771	121.6	0.87096359	121.6	0.87096359	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.6	0.87096359
0.831763771	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839
0.831763771	121.4	0.912010839	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839
0.758577575	121.4	0.912010839	121.6	0.87096359	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839
0.741310241	121.4	0.912010839	121.7	0.851138038	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
0.741310241	121.4	0.912010839	121.7	0.851138038	121.4	0.912010839	121.1	0.977237221	121.4	0.912010839
0.741310241	121.4	0.912010839	121.7	0.851138038	121.4	0.912010839	121.2	0.954992586	121.4	0.912010839
0.741310241	121.3	0.933254301	121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
0.741310241	121.3	0.933254301	121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
0.741310241	121.3	0.933254301	121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
0.741310241	121.3	0.933254301	121.7	0.851138038	121.3	0.933254301	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301
16.05		18.24		17.82		18.39		19.35		18.33

Tabla no.139

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
3a. Corrida en cámara llena
Presión: 17 PSI

Termopar en Kaye	Termopar no. 1	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 2	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 3	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 4	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$	Termopar no. 5	$10^{((\text{termopar}-121)/10)}$
121.231	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.131	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1
121.131	120.7	1.071519305	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548
121.131	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1
121.231	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
121.231	121	1	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221
121.331	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992
121.331	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992
121.431	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992
121.431	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.431	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1
121.431	121	1	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221
121.431	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.531	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.531	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	121	1	121	1
121.531	120.9	1.023292992	121	1	121	1	121	1	121	1
121.531	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
121.431	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
121.431	121	1	121	1	121	1	121	1	121.1	0.977237221
121.431	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	121	1	121	1
Fo		20.52		20.35		20.47		20.33		20.12

Fórmula

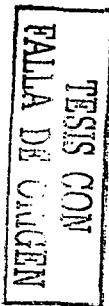
$$Fo = [\text{Sumatoria } 10^{((T-121)/Z)}] \cdot \Delta t$$

Donde:

T = Temperatura registrada en cada termopar cada minuto

Z = 10

Delta t = 1 minuto que es la diferencial de tiempo entre lectura y lectura



Sumatoria de $10^{((T-121)/Z)}$ desde inicio del ciclo a 121 hasta lectura no. 20, porque el ciclo dura 20 minutos

Ejemplo:

$$Fo = \text{Sumatoria } 10^{((120.9 - 121)/10)*1}$$

$$Fo = 20.52$$

$$T_{\text{min reg.}} = 120.7$$

$$T_{\text{max kaye}} = 121.531$$

$$\text{Diferencia} = 0.831$$

Tabla no.140

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
3a.Corrída en cámara llena
Presión: 17 PSI

Termopar no.6	10*[(termopar-121)/10]	Termopar no.7	10*[(termopar-121)/10]	Termopar no.8	10*[(termopar-121)/10]	Termopar no.9	10*[(termopar-121)/10]	Termopar no.10	10*[(termopar-121)/10]	Termopar no.11
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121
120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.8	1.047128548	120.8
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.9
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.8	1.047128548	120.9
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121.1
120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992	121
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1	121
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992	121
121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121	1	121.1
121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121
	20.07		20.07		19.66		20.05		20.21	

Tabla no.141

**TESIS CON
 FALLA DE CARGEN**

CALCULO DE Fo
Penetración de calor
3a. Corrida en cámara llena
Presión: 17 PSI

$10^4 \left[\frac{\text{temopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.12	$10^4 \left[\frac{\text{temopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.13	$10^4 \left[\frac{\text{temopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.14	$10^4 \left[\frac{\text{temopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.15	$10^4 \left[\frac{\text{temopar}-121}{10} \right]$	Termopar no.16	$10^4 \left[\frac{\text{temopar}-121}{10} \right]$
1.023292992	121	1	121	1	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
1	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
1.047128548	120.8	1.047128548	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992	120.9	1.023292992
1	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121	1
0.977237221	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586
1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992	121	1
1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992	121	1
1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121	1	120.9	1.023292992	121	1
1.023292992	120.9	1.023292992	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221	121	1	121	1
1	121	1	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.2	0.954992586
1.023292992	121	1	121	1	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221
1	121	1	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221
1	121	1	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
1	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586
1	121	1	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121	1	121.1	0.977237221
0.977237221	121.1	0.977237221	121.3	0.933254301	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
1	121	1	121.2	0.954992586	121.2	0.954992586	121.1	0.977237221	121.1	0.977237221
20.07		20.00		19.35		19.48		19.87		19.68

Tabla no.142

**TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN**

TABLA DE Fo

1er. Corrida	2a. Corrida	3er. Corrida	
19.50 18.33 18.99 18.37 18.73 17.83 19.39 19.12 19.12 19.12 18.04 18.04 19.31 19.35 19.59 19.78	19.92 19.41 19.27 19.81 18.89 18.31 19.92 19.65 18.69 19.78 19.17 19.47 19.58 19.63 19.81 20.06	20.09 19.54 19.56 20.08 19.32 19.01 20.60 20.48 19.13 19.92 18.79 19.90 20.43 20.55 20.84 21.05	Cámara vacía
20.59 20.33 20.35 20.07 19.97 19.64 20.03 20.08 20.67 20.90 19.96 20.08 20.15 19.94 20.13 20.44	20.95 20.57 20.47 20.22 19.65 19.49 19.64 19.04 21.13 20.50 19.95 19.69 19.78 19.60 19.76 19.64	20.06 19.53 19.20 19.24 18.59 19.24 19.53 18.72 19.56 19.62 18.23 18.89 19.38 19.22 19.47 19.62	Cámara con carga
20.0 19.94 19.96 19.98 19.84 19.62 19.93 19.53 19.53 19.46 19.10 19.44 19.14 18.67 19.12 19.37	19.77 19.41 19.06 19.62 19.59 19.77 20.0 19.62 17.40 18.45 16.05 18.24 17.82 18.39 19.35 18.33	20.52 20.35 20.47 20.33 20.12 20.07 20.07 19.66 20.04 20.21 20.08 20.00 19.35 19.48 19.87 19.68	Cámara llena

Tabla no.143

TABLA DE DIFERENCIAS DE TEMPERATURAS DE LA ZONA MAS FRIA CON RESPECTO A LA ZONA MAS CALIENTE

	Cámara vacía		Diferencia
1er. Corrida	Valor mínimo = 121.055 °C Termopar 16	Valor máximo = 121.505°C Termopar 6	0.450
2ª. Corrida	Valor mínimo = 120.990°C Termopar 16	Valor máximo = 121.385°C Termopar 6	0.395
3ª. Corrida	Valor mínimo = 120.780°C Termopar 16	Valor máximo = 121.275°C Termopar 11	0.495

Tabla no.144

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TABLA DE Fo ± Incertidumbre

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		1a.corrida cámara vacía (Distribución de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=19.50	18.33	18.99	18.37	18.73	17.83	19.39	19.12	19.12	19.12	18.04	18.04	19.31	19.35	19.59	19.78	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
0.289	0.290	0.290	0.301	0.293	0.300	0.310	0.288	0.288	0.296	0.305	0.293	0.319	0.315	0.308	0.322	

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		2a.corrida cámara vacía (Distribución de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=19.92	19.41	19.27	19.81	18.89	18.31	19.92	19.65	18.69	19.78	19.17	19.47	19.58	19.63	19.81	20.06	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
0.265	0.290	0.278	0.266	0.263	0.250	0.259	0.249	0.311	0.262	0.303	0.262	0.261	0.273	0.266	0.253	

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		3a.corrida cámara vacía (Distribución de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=20.09	19.56	19.54	20.08	19.32	19.01	20.60	20.48	19.14	19.92	18.79	19.90	20.43	20.55	20.84	21.05	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
0.278	0.266	0.269	0.272	0.273	0.266	0.265	0.274	0.283	0.272	0.265	0.269	0.273	0.262	0.277	0.267	

TESTES CON FALLA DE CALIBRE

TABLA DE Fo ± Incertidumbre

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		1a.corrida cámara semillena (Distribución de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=20.59	20.33	20.35	20.07	19.97	19.64	20.03	20.08	20.67	20.90	19.96	20.08	20.15	19.94	20.13	20.44	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
0.309	0.309	0.312	0.311	0.359	0.376	0.328	0.344	0.359	0.385	0.313	0.324	0.345	0.334	0.352	0.365	

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		2a.corrida cámara semillena (Distribución de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=20.95	20.57	20.47	20.22	19.65	19.49	19.64	19.04	21.13	20.50	19.95	19.69	19.78	19.60	19.76	19.64	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
0.248	0.253	0.239	0.247	0.270	0.258	0.236	0.248	0.278	0.243	0.269	0.246	0.245	0.234	0.247	0.240	

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		3a.corrida cámara semillena (Distribución de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=20.06	19.53	19.20	19.24	18.59	19.24	19.53	18.72	19.56	19.62	18.23	18.89	19.38	19.22	19.47	19.62	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
0.252	0.246	0.249	0.254	0.250	0.253	0.252	0.247	0.260	0.250	0.250	0.248	0.254	0.248	0.250	0.246	

TESIS CON
 FALTA DE CUBIEN

TABLA DE Fo ± Incertidumbre

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		1a.corrida cámara llena (Penetración de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=20	19.94	19.96	19.98	19.84	19.62	19.93	19.53	19.53	19.46	19.10	19.44	19.13	18.67	19.12	19.37	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
	0.218	0.226	0.223	0.219	0.221	0.221	0.219	0.219	0.219	0.214	0.219	0.218	0.218	0.215	0.223	

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		2a.corrida cámara llena (Penetración de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=19.77	19.41	19.06	19.62	19.59	19.77	20	19.62	17.40	18.45	16.05	18.24	17.82	18.39	19.35	18.33	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
	0.214	0.213	0.219	0.221	0.225	0.209	0.223	0.221	0.205	0.212	0.304	0.220	0.257	0.219	0.213	

CALCULO DE INCERTIDUMBRE DEL Fo		3a.corrida cámara llena (Penetración de calor)														
Termopar 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Fo=20.52	20.35	20.47	20.33	20.12	20.07	20.07	19.66	20.05	20.21	20.07	20	19.35	19.48	19.87	19.68	
Incertidumbre=	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
	0.221	0.223	0.219	0.224	0.223	0.222	0.222	0.217	0.223	0.224	0.222	0.221	0.236	0.230	0.223	

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA VALIDACION Y COMO FUERON SOLUCIONADOS

- Los primeros ciclos que se corrieron bajo las instrucciones del fabricante no funcionaron hasta que se empezó a estudiar la causa y las posibles modificaciones.
- Al principio no se alcanzaban los parámetros de esterilización, fue necesario conocer y dominar el funcionamiento de la autoclave, se realizaron cerca de 6 corridas previas a la validación y se tomó nota de lo que se debía controlar y ajustar. Después se realizó el procedimiento de operación de la autoclave.
- Se encontró que la válvula de seguridad no estaba ajustada para que funcionara a 15 lb/in^2 . Se ajustó de la siguiente manera: durante una corrida, se giró el tornillo al mismo tiempo se observó el manómetro para llegar a la presión deseada y la temperatura de 121°C . Una vez que se alcanzaron los parámetros deseados ya funcionó correctamente.
- El nivel de agua destilada que está indicado en la marca no fue respetado debido a que se consumió la totalidad del agua antes de que concluya el ciclo. Se necesitan 2 litros de agua para que corra el ciclo de 20 minutos a 121° con éxito.
- Otro problema presentado fue que la perilla de calentamiento no daba la temperatura exacta de 121° en la posición máxima. Se elevó la temperatura a 130°C y en la posición "MED" calentaba a 110° , pero una vez que se ajustó la válvula de seguridad se corrigió para alcanzar 121° .
- Fue difícil encontrar el silicón que resistiera a 121° se probaron varios. No se contaba con un tubo que se adaptara a la autoclave y por el cual pasar los termopares e introducirlos en la autoclave. Se solucionó formando un dispositivo a base de silicón que resistió la temperatura de 121° y la presión de 15 PSI.
- Al principio las corridas no eran reproducibles pero a medida que se fueron controlando y solucionando los puntos anteriores las corridas se volvieron repetitivas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISCUSION DE RESULTADOS 3ª. PARTE VALIDACION DEL PROCESO DE ESTERILIZACION

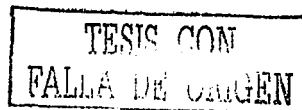
El primer criterio de aceptación que es "la diferencia de las lecturas entre los termopares conectados al registrador y el termopar de referencia que está en el baño Kaye debe ser máximo de 1°C", la máxima diferencia que se obtuvo fue de 1.231 durante la primera corrida en cámara con carga con una temperatura mínima registrada de 120.3 ° y una temperatura máxima del baño Kaye de 121.531°C, esto se da al minuto 3 de que empezó el ciclo a 121° y se presenta en el termopar 9. No se cumple para este punto el criterio de aceptación, sin embargo para los 19 minutos restantes si cumple y también para las otras corridas con cámara cargada.

El segundo criterio de aceptación que tiene que ver con el primero es que al verificar la respuesta de los termopares conectados al registrador Digistrip con el termopar del Baño Kaye, deben tener los 16 termopares una diferencia menor o igual a 1°C durante mínimo 17 minutos en cada una de las corridas. Solamente el termopar no. 9 durante la primer corrida en cámara cargada durante 2 minutos estuvo fuera con una diferencia de 1.231 y 1.031, es decir durante 18 minutos por lo tanto este criterio de aceptación cumple para esta corrida y para las ocho restantes.

El tercer criterio de aceptación, la diferencia entre la temperatura de la zona mas fría con respecto a la zona mas caliente no debe ser mayor a 1°C en cámara vacía. En la tabla no. 144 se observa que la diferencia de la zona mas fría (termopar 16) con respecto a la mas caliente (termopar 6 y 11) es de 0.495, 0.450 y 0.395 por lo tanto se cumple este criterio de aceptación.

El punto 4. La temperatura de la zona mas fría debe alcanzar un Fo mayor o igual a 17, en la tabla 143 se observa que el menor valor de Fo es de 16.05 para el termopar 11 en la segunda corrida en cámara llena, por lo tanto no cumple el Fo para el termopar 11.

El quinto criterio de aceptación es el reto microbiológico. Se corrió un ciclo de esterilización con los mismos parámetros con esporas impregnadas en tiras y con una ampollita con esporas suspendidas para probar dos métodos que fueron colocadas en cada uno de los termopares y se corrió también un control, después de la incubación el resultado fue negativo, no hubo crecimiento de Bacterias de *Bacillus stearothermophilus*.



CONCLUSIONES

Resumiendo, éste trabajo incluye la caracterización del Baño de temperatura de pozo seco, la calibración de los termopares que fueron utilizados, y la validación del proceso de esterilización.

La caracterización del baño de temperatura Kaye consistió en una caracterización horizontal y vertical. En la primera se determinó el mejor pozo para el RTD y en la segunda la altura óptima para el RTD. El RTD es el patrón de temperatura para realizar la calibración de termopares o cualquier instrumento que mida o sense la temperatura.

Después se realizó la calibración de los termopares tipo "T" y se calculó la incertidumbre, encontrando que si eran aptos para ser utilizados durante la validación del proceso.

Cabe hacer énfasis que los términos calibración, calificación y validación son términos distintos pero que están relacionados y se deben utilizar correctamente. (Calibrar es para los instrumentos, calificar para equipos y Validar es para los procesos y métodos).

Estas tres actividades son imprescindibles para montar y mantener un Sistema de "Calidad o estar acorde con las "Buenas Prácticas de Manufactura".

Es preciso decir que se tuvieron que hacer muchas corridas del ciclo antes de empezar a validar para familiarizarse con la autoclave y hacer ajustes para no tener inconvenientes durante el proceso, cualquier equipo que se va a calificar debe conocerse plenamente y operarlo adecuadamente si es que ya funciona, pero si es nuevo hay que ponerlo en marcha adecuadamente.

Durante la validación a condiciones de esterilización marcadas por FEUM 6ª. Ed. A 121°C a 15 lb/in², se realizaron 9 corridas del ciclo, 3 con cámara vacía, 3 con carga y tres con carga normal de uso, que es la penetración de calor para ver el comportamiento de la autoclave en cámara vacía, con carga y esporas termorresistentes. Se analizó el perfil termodinámico, por que la distribución de calor debe ser uniforme, si la autoclave está diseñada adecuadamente; se identificaron las zonas frías por llamarlas de algún modo pero que si esterilizan.

Durante la penetración de calor se determinó si el vapor llega y penetra en el material que va a ser esterilizado, el parámetro que se cuantificó para esto fue el Fo.

Se realizó la prueba de reto microbiológico para ver si el proceso es capaz de destruir las esporas que es la forma de resistencia de las bacterias, utilizando esporas de *Bacillus estearotermophilus* y el reto fue superado.

La modificación que se realizó al proceso de esterilización fue la variación de presión y aún así se realiza el proceso adecuadamente.

Hubo 2 puntos que no cumplieron con el criterio de aceptación, sin embargo el criterio de aceptación los establece el analista y deben estar fundamentados en el conocimiento, experiencia del analista por lo que deben ser personas especialistas y capacitadas expertos en el tema y analizar a conciencia si realmente el equipo se rechaza y se acepta.

En la industria y más aún en los laboratorios de investigación no se puede desechar o rechazar un equipo si antes no se está seguro de que ya no sirve, se debe salvar y sacar provecho de su vida útil hasta el último momento, por lo que cuando un equipo después de que se ha calificado algunas pruebas o la mayoría no cumplen con el criterio de aceptación, se debe identificar el problema causal y el equipo de profesionales o comité formado por la parte técnica, ingeniería y mantenimiento, deben decidir que hacer y como solucionarlo. Solo cuando hay presupuesto y el equipo es obsoleto es posible eliminarlo. Por lo anterior, una vez hecho el análisis la autoclave se considera apta para ser utilizada para el proceso de esterilización.

Finalmente concluyo mencionando las aportaciones de este trabajo:

- a) Como no existe una guía exacta para cada ciclo de esterilización específico, se proporciona una base coherente para otros ciclos. Para cada ciclo se tienen que analizar sus características para poder implementarlo y validarlo.
- b) Se propone una idea para montar un Laboratorio de Metrología y Validación en Temperatura ya que se muestran Protocolos y Procedimientos y lo que contiene un Informe de Calibración.
- c) Se muestra la evidencia contundente del cálculo de F_0 .
- d) De este trabajo se puede extraer suficiente material para continuar con otros trabajos relacionados con el tema.
- e) Sirvió para presentarse ante los auditores nacionales para la renovación del número de acreditamiento para Temperatura.
- f) Se propone una forma nueva para el cálculo de la incertidumbre para cada una de las fases (caracterización, calibración y validación).
- g) Se analizaron diferentes tipos de modelos matemáticos para el análisis del experimento y se dejó el mas conocido y aplicable (ANADEVA).
- h) Se aporta una guía o base bibliográfica para los analistas dedicados a la validación del proceso de esterilización.

Lo valioso del trabajo es el aprender a no rechazar el equipo o instrumento después de varios intentos, porque siempre hay solución de una u otra forma.

Lo novedoso, el cálculo de F_0 primeramente fue deducido matemáticamente y después se comprobó la deducción de los artículos de apoyo.

Se hicieron tres tesis una por tema, para finalmente conjuntarlas para formar una sola que es esta tesis de Maestría.

El manejo de los datos obtenidos de la caracterización y la validación se trató de hacer lo mas lógico posible, ya que no hay reportado gran material del tema.

Los formatos de los procedimientos se hicieron en base al sistema documental ISO 9000.

Las aplicaciones; otros usos diferentes de validar procesos de autoclaves para esterilizar inyectables, es la esterilización de latas que contienen conservas para víveres o alimentos en donde se tiene que encontrar el F_0 adecuado para no destruir las propiedades del alimento. La calibración para el control de la temperatura en la caramelización o polimerización por dar un ejemplo.

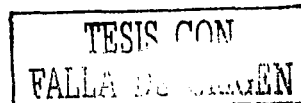
En cirugía para esterilizar instrumental quirúrgico, o ropa que es utilizada en el quirófano.

La calibración se utiliza ampliamente en casi todas las áreas, por ejemplo, en productos naturales, se deben utilizar balanzas calibradas para la estandarización de extractos, los equipos de infrarrojo deben estar calibrados, se usan estándares de alta pureza para calibrarlos. En cuanto a la validación el proceso de extracción del extracto botánico debe ser consistente y reproducible para obtener siempre lo mismo a partir de diferentes plantas y debe ser capaz de detectar cambios aún cuando se trate de plantas de la misma especie.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

1. Berry Ira R., Nash Robert, "Pharmaceutical Process Validation", Marcel Dekker Inc., USA, 1993.
2. Cooper, M.S., "Quality Control in the Pharmaceutical Industry". Vol.2, Academic Press Inc., USA, 1973.
3. Carleton, F.J., "Validation of Aseptic Pharmaceutical Processes". Marcel Dekker Inc., USA, 1986.
4. Alperin G., "Validation Considerations in Pharmaceutical Processes and Plant Desing", Pharmaceutical Engineering, 15-19, Mayo- Junio, 1984.
5. Zhang, H., et. al., "The Impact of an Autoclave Cycle on the Chemical Stability of Parenteral Products", Journal of Parenteral Science and Technology, 47(4) 177-179, 1993.
6. Parenteral Drug Association, "Technical Monograph No.1: Validation of Steam Sterilization Cycles", parenteral Drug Association Inc.,USA, 1978.
7. Friebe, W., "Strategy for Selecting a Sterile Manufacturing Technology", Proceedings of the PDA/PMA Sterilization conference, Washington, DC 1990.
8. Sharp, J., "Aseptic Validation of a Form/Fill/Seal Installation-Principles and Practice", Proceedings of the PDA/PMA Sterilization conference, Washington, DC 1990.
9. Dony, J., et. al., "Sterility Assurance Based on Validation of the Sterilization Process Using Steam Under Pressure", Journal of Parenteral Science and Technology, 43 (5), 226-230, 1989.
10. Bradley, A., et. al. "Airborne Microbial Challenges of Blow/Fill/Seal Equipment: A Case study", Journal of Parenteral Science and Technology, 45, 187 1991.
11. Agalloco, J. And Akers, J., "Technical report No. 17: Current practices in the validation of Aseptic Processing 1992", Parenteral Drug Association, Inc., 1993.
12. Enzinger, R.M. , "Process Development Issues for Sterile Products: Industry Issues", Proceedings of the PDA/PMA Sterilization conference, Washington, DC 1990.
13. Enzinger, R.M. , "Sterility Assurance From Post Filling Heat Treatment", Journal of Parenteral Science and Technology, 44, 294, 1990.
14. IRTD Probe User's Guide Kaye Instruments, Inc. Document No. M2845-4 First Edition, Rev. 4, October 1993.



15. Wayne W. Daniel "Bioestadística" Base para el análisis de las ciencias de la salud, Limusa, México, 1983.
16. http://www.efunda.com/designstandards/sensors/thermocouples/thmcppl_theory.cfmengineeringfundamentals.Thermocouples.
17. Secretaría de Salud, Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, 5ª. Ed.
18. Secretaría de Salud. Comité Nacional de Validación, "Areas Asépticas. Hornos y Autoclaves", México, 1990.
19. Asociación Farmacéutica Mexicana, "Validación de Procesos Farmacéuticos", Benito David Couriel, México, 1982.
20. United States Pharmacopeia XXII.
21. Esterilización: Métodos y técnicas de Validación. <http://www.simiconsultoria.com.ar/esterilizacion.asp>.
22. Guide to the expression of Uncertainty in measurement Printed in Switzerland, First edition, 1995.
23. Dieck Ronald H. Measurement Uncertainty "Methods and applications" Instrument Society of America, USA Second edition 1997 .
24. Douglas C. Montgomery "Diseño y Análisis de Experimentos" Iberoamericana, México, 1995.
25. Douglas C. Montgomery, George C. Runger "Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería" McGraw – Hill, México, 1996.
26. William Anthony Granville "Cálculo diferencial e integral" 7ª. Reimpresión, Limusa, México, 1984.
27. Murray Spiegel, Larry J. Stephens, "Estadística" McGraw-Hill Interamericana, México, 2002
28. Wolfgang A. Schmid, Rubén J. Lazos Martínez "Guía para estimar la incertidumbre de la medición". Publicación técnica CNM-INC-PT-001. CENAM. Mayo 2000. El Marqués , Qro. México.
29. Bolton Sanford, "Pharmaceutical Statistics", Marcel dekker Inc., USA, 1990.

