



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABI

**PROGRAMA DE ESTUDIOS PRESENCIALES Y SEMIPRESENCIALES-
DISTANCIA JIPIJAPA – MANABÍ**

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TESIS:

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

“DISEÑO DE EQUIPO DE DIGESTIÓN PARA ANÁLISIS DE PROTEÍNA”

**DIRECTORES DE TESIS:
ING. JOUBER AZÚA ALVIA
ING.AMADO CUADROS ALCIVAR**

**AUTORES:
JAIRO WALDEMAR CORRAL PALACIOS
JESSICA ZOILA PONCE RODRIGUEZ**

2011 - 2012

MANTA-MANABÍ-ECUADOR

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“DISEÑO DE EQUIPO DE DIGESTIÓN PARA ANÁLISIS DE PROTEÍNA”

TESIS DE GRADO

SOMETIDA A CONSIDERACIÓN DEL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABI, COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS.

APROBADO POR EL TRIBUNAL EXAMINADOR:

ING. JOUBER AZÚA ALVIA
DIRECTOR DE TESIS

ING. AMADO CUADROS
DIRECTOR DE TESIS

ING. LEONOR VIZUETE GAIBOR
DECANA

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXMINADOR

CERTIFICACIÓN

YO, **JOUBER AZÚA Y AMADO CUADROS**, CATEDRATICOS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABI; EN CALIDAD DE DIRECTORES DE TESIS, CERTIFICAMOS QUE EL PRESENTE TRABAJO FUE DESARROLLADO BAJO NUESTRA DIRECCIÓN, ORIENTACIÓN Y SUPERVICIÓN ; SIN EMBARGO, EL PROCESO INVESTIGATIVO, LOS CONCEPTOS Y RESULTADOS SON DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS GRADUADOS: SRA. PONCE RODRIGUEZ JESSICA ZOILA Y CORRAL PALACIOS JAIRO WALDEMAR, CUYA TESIS DE GRADO TIENE COMO TEMA: **"DISEÑO DE EQUIPO DE DIGESTIÓN PARA ANÁLISIS DE PROTEÍNA"**, HABIENDO CUMPLIDO CON LAS DISPOSICIONES ESTABLECIDAS PARA EL EFECTO.

ING. JOUBER AZÚA ALVIA
DIRECTOR DE TESIS

ING. AMADO CUADROS ALCIVAR
DIRECTOR DE TESIS

“DISEÑO DE EQUIPO DE DIGESTIÓN PARA ANÁLISIS DE PROTEÍNA”

**ING. JOUBER AZÚA ALVIA
DIRECTOR DE TESIS**

**ING. AMADO CUADROS ALCIVAR
DIRECTOR DE TESIS**

**CORRAL PALACIOS JAIRO
EGRESADO**

**PONCE RODRIGUEZ JESSICA
EGRESADO**

AGRADECIMIENTO

LOS RESULTADOS DE ESTE PROYECTO, ESTÁN DEDICADOS A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE, DE ALGUNA FORMA, SON PARTE DE NUESTRA CULMINACIÓN. NUESTROS SINCEROS AGRADECIMIENTOS ESTÁN DIRIGIDOS HACIA EL INGENIERO: JAIME GARCIA EMPRESA MANABITA DE COMERCIO, QUIEN CON SU AYUDA DESINTERESADA, NOS BRINDÓ INFORMACIÓN RELEVANTE, PRÓXIMA, PERO MUY CERCANA A LA REALIDAD DE NUESTRAS NECESIDADES. A NUESTRAS FAMILIAS POR SIEMPRE BRINDARNOS SU APOYO, TANTO SENTIMENTAL, COMO ECONÓMICO. PERO, PRINCIPALMENTE NUESTROS AGRADECIMIENTOS ESTÁN DIRIGIDOS HACIA LA EXCELENTÍSIMA AUTORIDAD DE NUESTROS DIRECTORES DE TESIS ING. JOUBER AZÚA ALVIA; ING AMADO CUADROS ALCIVAR, POR SU GUIA, SIN EL CUAL NO HUBIÉSEMOS PODIDO TERMINAR CON ÉXITO ESTE PROYECTO.

JAIRO WALDEMAR CORRAL PALACIOS

AGRADECIMIENTO

LOS RESULTADOS DE ESTE PROYECTO, ESTÁN DEDICADOS A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE, DE ALGUNA FORMA, SON PARTE DE NUESTRA CULMINACIÓN. NUESTROS SINCEROS AGRADECIMIENTOS ESTÁN DIRIGIDOS HACIA EL INGENIERO: JAIME GARCIA EMPRESA MANABITA DE COMERCIO, QUIEN CON SU AYUDA DESINTERESADA, NOS BRINDÓ INFORMACIÓN RELEVANTE, PRÓXIMA, PERO MUY CERCANA A LA REALIDAD DE NUESTRAS NECESIDADES. A NUESTRAS FAMILIAS POR SIEMPRE BRINDARNOS SU APOYO, TANTO SENTIMENTAL, COMO ECONÓMICO. PERO, PRINCIPALMENTE NUESTROS AGRADECIMIENTOS ESTÁN DIRIGIDOS HACIA LA EXCELENTÍSIMA AUTORIDAD DE NUESTROS DIRECTORES DE TESIS ING. JOUBER AZÚA ALVIA; ING. AMADO CUADROS ALCIVAR, POR SU GUIA, SIN EL CUAL NO HUBIÉSEMOS PODIDO TERMINAR CON ÉXITO ESTE PROYECTO.

JESSICA ZOILA PONCE RODRIGUEZ

DEDICATORIA

LA CONCEPCIÓN DE ESTE PROYECTO ESTÁ DEDICADA A MI MADRE CON QUIEN CUENTO EN TODO MOMENTO Y MI PADRE QUE DESDE EL CIELO SE QUE ME ESTA GUIANDO HE ILUMINANDO, PILARES FUNDAMENTALES EN MI VIDA. SIN ELLOS, JAMÁS HUBIESE PODIDO CONSEGUIR LO QUE HASTA AHORA HE ALCANZADO. SU TENACIDAD Y LUCHA INSACIABLE HAN HECHO DE ELLOS EL GRAN EJEMPLO A SEGUIR Y DESTACAR; A MI ESPOSA, PORQUE MUTUAMENTE NOS HEMOS BRINDADO APOYO INCONDICIONAL. TAMBIÉN DEDICO ESTE PROYECTO A MIS HIJOS, STEVEN CORRAL Y ANTHONY CORRAL, TODO ESTE ESFUERZO ES POR ELLOS, A ELLOS ESTE PROYECTO, QUE SIN ELLOS, NO HUBIESE PODIDO SER.

JAIRO WALDEMAR CORRAL PALACIOS

DEDICATORIA

DEDICO ESTE PROYECTO DE TESIS A DIOS, A MIS PADRES& HERMANOS, A MI ESPOSO Y A MI HIJO. A DIOS PORQUE HA ESTADO CONMIGO A CADA PASO QUE DOY, CUIDÁNDOME Y DÁNDOME FORTALEZA PARA CONTINUAR, A MIS PADRES&HERMANOS, QUIENES A LO LARGO DE MI VIDA HAN VELADO POR MI BIENESTAR Y EDUCACIÓN SIENDO MI APOYO EN TODO MOMENTO, A MI ESPOSO PORQUE MUTUAMENTE NOS HEMOS AYUDADO, Y A MI HIJO POR SER EL PILAR FUNDAMENTAL DE ESTE PROYECTO. DEPOSITANDO SU ENTERA CONFIANZA EN CADA RETO QUE SE ME PRESENTABA SIN DUDAR NI UN SOLO MOMENTO EN MI INTELIGENCIA Y CAPACIDAD.

JESSICA ZOILA PONCE RODRIGUEZ

DECLARATORIA

La responsabilidad de los hechos, ideas e información expuesta en esta tesis, corresponden exclusivamente a los autores, y el patrimonio intelectual de la tesis de grado corresponderá a la Universidad laica “Eloy Alfaro de Manabí”.

CORRAL PALACIOS JAIRO
C.I. # 130775869-6

PONCE RODRIGUEZ JESSICA
C.I. # 131135915-0

INDICE GENERAL

CAPITULO I GENERALIDADES

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 JUSTIFICACION	18
1.2 OBJETIVO GENERAL	19
1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19

CAPITULO II

2. MARACO TEORICO DEL PROCESO KJELDHAL	21
2.1 PROTEINA Y SUS NECESIDADES	21
2.1.1 DEIGESTION	22
2.1.2 DESTILACION	22
2.1.3 TITULACION	22
2.1.4 DESCRICCION DETALLADA DE LA DIGESTION	23
2.2 DESCRIPCION DEL DISEÑO	24
2.2.1 CENTRO DE CARGA	24
2.2.2 TERMOSTATOS	25
2.2.3 CALENTADORES TERMOS MANTAS	25
2.2.4 ESTRANGULAORES DE VAPOR	25
2.2.5 MANGUERAS DE PRESION	26
2.2.6 CONDENSADORES GRAHAM	26

CAPITULO III

3. MARCO TEORICO DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO	28
3.1 INTRODUCCION	28
3.2 TRANSFERNCIA DE CALOR	28
3.3 CALOR ESPECIFICO	29
3.3.1 ECUACIONES BASICAS	29
3.3.2 CONCEPTOS RELACIONADOS	30
3.3.3 UNIDADES E CALOR ESPECIFICOS	31
3.3.4 TABLADE CALOR ESPECIFICOS	33
3.3.5 MATERIALESDE CONSTRUCCION	37

3.3.6	CALOR ESPECIFICO Y CAPACIDAD CALORIFICA DE ALGUNOS MATERIALES	39
3.4	TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCENTRICOS	40
3.4.1	FUNDAMENTO TEORICO	40
3.4.1.1	CONDUCCION	41
3.4.1.2	CONVECCION	41
3.4.1.3	RADIACION	42

CAPITULO IV

4.	DISEÑO Y PROCESO DE CONSTRUCCION	44
4.1	PARAMETROS A SER CONSIDERADOS EN EL DISEÑO	45
4.2	DIAGRAMA DE FLUJO	48
4.3	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL CONDENSADOR	50
4.4	PRUEBAS VARIAS	51
4.4.1	PRUEBA DE DIGESTION EN EXTRACTOR DE GASES	51
4.4.2	PRUEBA DE DIGESTION EN SISTEMA DE VENTURI	52
4.4.3	PRUEBA DE DIGESTION POR CONDENSACION EN TUBOS CONCENTRICOS.	53
4.5	MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL EQUIPO.	55
4.5.1	PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE	55
4.5.2	TUBOS CUADRADOS EN 50mm x 2 mm	55
4.5.3	TUBOS CUADRADOS EN ACERO INOXIDABLE DE 25mmx2mm	55
4.5.4	CODOS DE UN ¼ EN ACERO INOXIDABLE	55
4.5.5	NEPLOS KING ¼ EN ACERO INOXIDABLE	56
4.5.6	NEPLOS KING DE BROCE ¼	56
4.5.7	VALVULAS ¼ DE PASO RAPIDO CROMADAS	56
4.5.8	BOCINES ¼ X 1" EN ACERO INOXIDABLE	56

CAPITULO V

5. LOCALIZACION DEL APARATO CONEXIONES Y MANEJO DEL EQUIPO	58
5.1 CONEXIONES DE ENTRADA DE AGUA	58
5.2 CONEXIÓN ELECTRICA DEL EQUIPO	58
5.3 OPERACIÓN DEL EQUIPO	58
5.4 APAGADO DEL EQUIPO	59
5.5 CONDICIONES DE USO	59
5.6 MANTENIMIENTO	59

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO # 1(DIAGRAMA DE FLUJO)	48
---------------------------------	----

INDICE DE TABLA

TABLA # 1 (CALORES ESPECIFICOS)	33
TABLA # 2 (MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN)	37
TABLA # 3 (CALOR ESPECIFICO Y CAPACIDAD CALORIFICA DE ALGUNOS MATERIALES)	39
TABLA # 4 (CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DELCONDENSADOR)	50

INDICE DE FIGURAS

FIGURA #1(CONDENSADOR GRANHAN)	46
FIGURA#2 (DISEÑO DEL EQUIPO)	47
FIGURA#3(EQUIPÓ DE DIGESTÓN- COMPLETO)	49
FIGURA # 4 CONDENSADOR GRANHAN	50
FIGURAS #5(PROCESO DE DIGESTION EN CAMARA EXTRACTORA DE ASES)	51
FIGURAS# 6 (SISTEMA DE VENTURI PARA EXTRACCION DE GASES)	52
FIGURAS #7 (SISTEMA DE CONDENSACIONDE LOS GASESUSANDO	53

TUBOS CONCENTRICOS

FIGURAS #8(USANDO TUBOS CONCÉNTRICOS PARA CONDENSACIÓN DE LOS GASES –PRUEBAS FINALES)	54
---	----



INTRODUCCION

El presente tema consiste en el diseño de un equipo de digestión por el método Kjeldahl para el análisis de Nitrógeno, comúnmente se desea saber el contenido proteico total en los alimentos, aunque dicho contenido estén conformados por una mezcla compleja de proteínas.

Para la el diseño de este proceso de digestión, en el ensayo de proteína en muestras de alimento en el laboratorio, se considero referencias a los principios básicos desarrollados por el investigador Danes JohannKjeldahl, con el objetivo de comprobar de que aplicando las técnicas y procesos de transferencia de calor se pueden tener resultados que logren una digestión en muestras tanto liquidas como solidas sin afectar el medio ambiente y a las personas que trabajan en el laboratorio.



ANTECEDENTES

Johan Gustav Christoffer Thorsager Kjeldhal nació el 16 de agosto de 1849 en Copenhague, Dinamarca. El principal legado de este científico es su método para determinar la cantidad de nitrógeno en una sustancia orgánica. Hoy en día, la mayoría de los aparatos que se utilizan en este tipo de pruebas siguen el mismo principio, aunque utilizan herramientas más sofisticadas para aumentar la velocidad del proceso y hacerlo más eficiente.

Kjeldahl ideó este método mientras trabajaba en los laboratorios Clarksburg, pertenecientes a la cervecería del mismo nombre, situados en Copenhague, de la que fue jefe del departamento de química del 1876 al 1900. Le fue asignada la tarea de determinar la cantidad de proteína en los granos de malta (a menor cantidad de proteína, mayor cantidad de cerveza). Kjeldahl ideó un método mediante el cual esta cantidad puede ser obtenida indirectamente determinando la cantidad de nitrógeno que se encuentra en la sustancia. En aquel entonces, las técnicas para la determinación de nitrógeno eran muy inexactas, es por ello que Kjeldahl se vio en la necesidad de desarrollar un método mucho más eficiente.

Johan Kjeldahl murió el 18 de julio del año 1900 en la ciudad que lo vio nacer a la edad de 53 años.



CAPITULO I



CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el laboratorio cuenta con una cámara de extracción que le permite retirar los gases que son producto de la digestión, provocando corrosión a los equipos y contaminación al ambiente dentro del laboratorio y fuera del mismo.

En vista a esta afectación se solicito como tema de tesis realizar un diseño y construcción de un equipo de digestión para el laboratorio CESECCA de la universidad de Laica “ELOY ALFARO” DE MANABI

1.1 JUSTIFICACION

De acuerdo al planteamiento del problema y las condiciones actuales en las que se encuentra trabajando el proceso del ensayo proteína, la etapa de la digestión no es la correcta ya que se esta por su parte contaminando el ambiente y se esta incurriendo a una gasto de manteniendo provocados por la corrosión de los ácidos que son parte de los reactivos usados en la digestión.

El diseño y la construcción de esta etapa del proceso permitirán evitar la contaminación al ambiente interno y externo cuidando la salud de los analistas que trabajan en el laboratorio y además reducir el gasto por mantenimiento.



1.2 OBJETVO GENERAL

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN EQUIPO DE DIGESTION PARA EL ENSAYO DE PROTEINA EN EL LABORATORIO CESECCA

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Definir del proceso método Kjeldahl
- ✓ Determinar parámetros de diseños
- ✓ Definir el sistema de digestión
- ✓ Construir las partes del sistema y realizar el ensamble de los mismos
- ✓ Realizar las pruebas de funcionamiento del equipo para verificar las condiciones de un buen funcionamiento.



CAPITULO II



CAPITULO II

2. MARCO TEORICO DEL PROCESO KJELDAHL

El método Kjeldahl es el más utilizado en la actualidad para la determinación de la cantidad de nitrógeno en una sustancia orgánica. Este procedimiento comprende tres etapas.

2.1. PROTEINAS Y SU NECESIDAD

Entre todos los compuestos químicos, las proteínas deben considerarse ciertamente como los más importantes, puesto que son las sustancias de la vida.

Las proteínas constituyen gran parte del cuerpo animal; lo mantienen como unidad y lo hacen funcionar. Se las encuentra en toda célula viva. Ellas son el material principal de la piel, los músculos, tendones, nervios y la sangre; de enzimas, anticuerpos y muchas hormonas.

Desde un punto de vista químico, las proteínas son polímeros grandes. Son poliamidas y los monómeros de los cuales derivan son los ácidos amino carboxílicos. Una sola molécula proteínica contiene cientos, e incluso miles, de unidades de aminoácidos, las que pueden ser de unos 20 tipos diferentes. El número de combinaciones diferentes, es decir, el número de moléculas proteínicas distintas que pueden existir, es casi infinito. Es probable que se necesiten decenas de miles de proteínas diferentes para formar y hacer



funcionar un organismo animal; este conjunto de proteínas no es idéntico al que constituye un animal de tipo distinto.

Las proteínas son necesarias para la formación y renovación de los tejidos. Los organismos que están en período de crecimiento necesitan un adecuado suministro de proteínas para su aumento de peso. Los organismos adultos que tienen su peso estabilizado están en equilibrio dinámico, en el que sus proteínas se degradan y se regeneran continuamente, aunque su composición permanece constante. Para ello debe existir en la dieta un suministro regular y continuo de proteínas

2.1.1. DIGESTION

La muestra se combina con ácido sulfúrico y se calienta hasta temperatura de ebullición de este último, obteniéndose sulfato de amonio.

2.1.2. DESTILACION

El sulfato de amonio se combina con hidróxido de sodio; se coloca en un matraz que se conecta por medio de una trampa de vapor a un condensador de agua; y se calienta hasta que amoníaco resultante (NH_3) se evapora. Este se hace circular por el condensador hasta que cambia a su estado líquido para finalmente ser depositado en unos matraces con una solución de ácido.

2.1.3. TITULACION

Es donde se determinan la cantidad de amoníaco en la solución que se obtiene de la destilación



A continuación se describen más detalladamente las dos primeras etapas del proceso, que son las que realizan en el aparato. Nos basaremos en el procedimiento seguido específicamente en el equipo del laboratorio para no generalizar demasiado y tener una relación más estrecha con el problema.

2.1.4. DESCRIPCION DETALLADA DE DIGESTION

La sustancia orgánica de la que se quiere determinar la cantidad de nitrógeno se combina con ácido sulfúrico. La cantidad de ácido que se agrega a la muestra está determinado por el tamaño de esta, su cantidad de carbono e hidrógeno, así como por su cantidad de nitrógeno. En pocas palabras, la cantidad de ácido sulfúrico agregada varía de muestra a muestra. Además, para aumentar la temperatura de ebullición del ácido sulfúrico.

Esta combinación se introduce en un matraz especial denominado matraz Kjeldahl cuya base se ajusta a las parrillas de calentamiento que se encuentran en la parte inferior del aparato, el cuello del matraz se introduce en el colector de cerámica que se encuentra a lo largo de la disposición de las parrillas de calentamiento; cabe decir que las entradas del colector están diseñadas para evitar cualquier fuga. En el colector se absorben los humos (gases de desecho) por medio de un aspirador para posteriormente ser expulsados a la atmósfera. La muestra se calienta hasta la temperatura de ebullición del ácido sulfúrico y se espera a que este haya evaporado totalmente lo que queda en el matraz es sulfato de amonio, y se utilizara en el proceso de destilación. La clave para saber cuando ha terminado el proceso es que la sustancia residual en el matraz sea transparente.



2.2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

En general, los componentes del aparato trabajan bajo principios de las siguientes disciplinas: hidráulica, mecánica de materiales, electricidad, electrónica y ciencia de materiales.

Se numeran las secciones del aparato. Con base en ello se describirá cada una de las secciones (digestión y destilación) tomando en cuenta el método Kjeldahl descrito en la sección anterior para facilitar la comprensión de las partes que se explican.

Este equipo sirve para realizar la digestión del método Kjeldahl. La sección de digestión comprende las termos mantas o calentadores, estranguladores de vapor, condensadores, tapones #7, mangueras que resisten altas temperaturas, tubería de entradas y salida de agua.

La sección de destilación está conformada por termo mantas o calentadores, estranguladores de vapor, termostatos, condensadores, tapones #7, mangueras que resisten altas temperaturas.

A continuación describimos cada una de las partes que componen el equipo de Digestión:

2.2.1 Centro de carga. Sirve para suministrar energía eléctrica y proteger a los 3 calentadores o termo mantas de los procesos de digestión ;(según especificaciones del



fabricante).Sera conectado a un sistema de alarma para evitar que el equipo resulte dañado en caso de una sobrecarga; este sistema se utilizara para proteger el equipo de digestión. Por medio de 2 tuberías deconducción flexible se conecta el cableado tanto a los calentadores como a los termostatos de las secciones de digestión.

2.2.2 Termostatos. Controlan la temperatura de los calentadores o termo mantas por medio de una perilla, limitando la corriente que circula a través de las resistencias de los calentadores o termo mantas. Estas resistencias variables limitan la corriente a un máximo de 5 A. se indican solamente los termostatos de la sección de digestión.

2.2.3 Calentadores Termo mantas eléctricos. Están compuestos de porta matraces fabricados de acero y mallas de altas temperaturas, los cuales contienen resistencias de nicromo que permiten alcanzar potencias hasta de 600 W. Además, están especialmente diseñados para ajustarse a la forma de la base del matraz para permitiruna mejor distribución del calor.Trabajan a 120 V y sus cables de conexión están revestidos de un aislante térmico.

2.2.4Estranguladores de Vapor. Está fabricado de Vidrio que resienten altas temperaturas, resistente a los químicos, el cual sirve para cortar la presión de los gases que expulsa el matraz Kjeldahl durante el proceso de digestión. Los pequeños orificios que se muestran en la figura sirven para absorber los humos. En el cuello del matraz se



coloca el tapón # 7 el cual tiene orificios, que absorben los gases y los hacen circular a través del estrangulador hacia la otra parte (condensador). Estas partes están diseñadas especialmente para evitar fugas.

2.2.5. Mangueras de Presión (Tygon). Estas mangueras, sólo se muestra como acople o unión que conectan un extremo del estrangulador con el condensador, y también con la tubería de agua (entrada y salida). El agua el colector circula a través de esta tubería de acero inoxidable, que se conecta al a una entrada de agua del laboratorio, para finalmente mantener una circulación de la misma

2.2.6. Condensador Graham

Un condensador Graham o condensador espiral tiene una bobina espiral que recorre toda la longitud del condensador. Existen dos configuraciones posibles para un condensador Graham. En la primera, poco usada, la espiral contiene el refrigerante, y la condensación se lleva a cabo en el exterior de la espiral. Esta configuración maximiza la capacidad de flujo, ya que los vapores pueden fluir por encima y alrededor de la espiral.

En la segunda configuración, el tubo exterior contiene el refrigerante, y la condensación tiene lugar dentro de la espiral. Esta configuración maximiza la recogida de condensados, ya que todos los vapores fluyen a través de toda la longitud de la espiral, por lo tanto tienen un contacto prolongado con el líquido refrigerante.



CAPITULO

III



CAPITULO III

3. MARCO TEORICO DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO

3.1 INTRODUCCION

Para el desarrollo del trabajo se requiere analizar algunas variables el cual tienen relación entre un conjunto de variables y elegir un diseño apropiado bajo un enfoque no experimental.

3.2. TRANSFERENCIA DE CALOR

En física, la transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo la *transferencia de energía térmica*, también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico. La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado de la Segunda ley de la termodinámica. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos en proximidad uno del otro, la transferencia de calor no puede ser detenida; solo puede hacerse más lenta.



3.3. CALOR ESPECÍFICO

Es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). En general, el valor del calor específico depende de dicha temperatura inicial. Se la representa con la letra c (minúscula).

De forma análoga, se define la capacidad calorífica como la cantidad de calor que hay que suministrar a toda la masa de una sustancia para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius).

3.3.1. Ecuaciones básicas

El **calor específico medio** (\hat{c}) correspondiente a un cierto intervalo de temperaturas ΔT se define en la forma:

$$\hat{c} = \frac{Q}{m \Delta T}$$

donde Q es la transferencia de energía en forma calorífica entre el sistema y su entorno u otro sistema, m es la masa del sistema (se usa una n cuando se trata del calor específico [molar](#)) y ΔT es el incremento de temperatura que experimenta el sistema. El **calor específico** (c) correspondiente a una temperatura dada T se define como:



$$c = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{m \Delta T} = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT}$$

El calor específico (c) es una función de la temperatura del sistema; esto es, $c(T)$. Esta función es creciente para la mayoría de las sustancias (excepto para los gases monoatómicos y diatómicos). Esto se debe a efectos cuánticos que hacen que los modos de vibración estén cuantificados y sólo estén accesibles a medida que aumenta la temperatura. Conocida la función $c(T)$, la cantidad de calor asociada con un cambio de temperatura del sistema desde la temperatura inicial T_i a la final T_f se calcula mediante la integral siguiente:

$$Q = m \int_{T_i}^{T_f} c dT$$

En un intervalo donde la capacidad calorífica sea aproximadamente constante la fórmula anterior puede escribirse simplemente como:

$$Q \approx mc\Delta T$$

3.3.2. Conceptos relacionados

Hay dos condiciones notablemente distintas bajo las que se mide el calor específico y éstas se denotan con sufijos en la letra c . El calor específico de los gases normalmente se mide bajo condiciones de presión constante (Símbolo: c_p). Las mediciones a presión



constante producen valores mayores que aquellas que se realizan a volumen constante (c_v), debido a que en el primer caso se realiza un trabajo de expansión.

El cociente entre los calores específicos a presión constante y a volumen constante para una misma sustancia o sistema termodinámico se denomina coeficiente adiabático y se designa mediante la letra griega γ (gamma).⁷ Este parámetro aparece en fórmulas físicas, como por ejemplo la de la velocidad del sonido en un gas ideal.

El calor específico de las sustancias distintas de los gases monoatómicos no está dado por constantes fijas y puede variar un poco dependiendo de la temperatura. Por lo tanto, debe especificarse con precisión la temperatura a la cual se hace la medición. Así, por ejemplo, el calor específico del agua exhibe un valor mínimo de 0,99795 cal/(g·K) para la temperatura de 34,5 °C, en tanto que vale 1,00738 cal/(g·K) a 0 °C. Por consiguiente, el calor específico del agua varía menos del 1% respecto de su valor de 1 cal/(g·K) a 15 °C, por lo que a menudo se le considera como constante.

La presión a la que se mide el calor específico es especialmente importante para gases y líquidos.

3.3.3. Unidades de calor específico

En el Sistema Internacional de Unidades, el calor específico se expresa en julios por kilogramo y por kelvin ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$); otra unidad, no perteneciente al SI, es la caloría por



gramo y por kelvin ($\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Así, el calor específico del agua es aproximadamente 1 cal/ ($\text{g} \cdot \text{K}$) en un amplio intervalo de temperaturas, a la presión atmosférica; y exactamente $1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ en el intervalo de $14,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a $15,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (por la definición de la unidad caloría).

En los Estados Unidos, y en otros pocos países donde se sigue utilizando el Sistema Anglosajón de Unidades, en aplicaciones no científicas, el calor específico se suele medir en BTU (unidad de calor) por libra (unidad de masa) y grado Fahrenheit (unidad de temperatura).

La BTU se define como la cantidad de calor que se requiere para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

Consecuencia, en términos generales, hay una correlación cercana entre el *volumen* de un elemento sólido y su capacidad calorífica total. Hay sin embargo, muchas desviaciones de esta correlación general.



3.3.4. Tabla de calores específicos

TABLA # 1

Sustancia	Fase	c_p (másico) $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{C}^{\circ-1}$	c_p (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	c_v (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	Capacidad calorífica volumétrica $\text{J cm}^{-3} \text{K}^{-1}$
Gas monoatómico (Ideal)	Gas		$\frac{5}{2}R = 20,8$	$\frac{3}{2}R = 12,5$	
Helio	Gas	5,1932	20,8	12,5	
Argón	Gas	0,5203	20,8	12,5	
Gas diatómico (Ideal)	Gas		$\frac{7}{2}R = 29,1$	$\frac{5}{2}R = 20,8$	
Hidrógeno	Gas	14,30	28,82	20,4	
Nitrógeno	Gas	1,040	29,12	20,8	
Oxígeno	Gas	0,918	29,4	21,1	



Sustancia	Fase	c_p (másico) $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{C}^{\circ-1}$	c_p (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	c_v (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	Capacidad calorífica volumétrica $\text{J cm}^{-3} \text{K}^{-1}$
Aire (en condiciones típicas de habita ^{nota 3})	gas	1,012	29,19		
Aluminio	sólido	0,897	24,2		2,422
Amoníaco	líquido	4,700	80,08		3,263
Antimonio	sólido	0,207	25,2		1,386
Arsénico	sólido	0,328	24,6		1,878
Berilio	sólido	1,82	16,4		3,367
Cobre	sólido	0,385	24,47		3,45
Diamante	sólido	0,5091	6,115		1,782



Sustancia	Fase	c_p (másico) $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{C}^{\circ-1}$	c_p (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	c_v (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	Capacidad calorífica volumétrica $\text{J cm}^{-3} \text{K}^{-1}$
Etanol	líquido	2,44	112		1,925
Gasolina	líquido	2,22	228		
Oro	sólido	0,1291	25,42		2,492
Grafito	sólido	0,710	8,53		1,534
Hierro	sólido	0,450	25,1		3,537
Plomo	sólido	0,129	26,4		1,44
Litio	sólido	3,58	24,8		1,912
Magnesio	sólido	1,02	24,9		1,773
Mercurio	líquido	0,1395	27,98		1,888



Sustancia	Fase	c_p (másico) $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{C}^{\circ-1}$	c_p (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	c_v (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	Capacidad calorífica volumétrica $\text{J cm}^{-3} \text{K}^{-1}$
Neón	Gas	1,0301	20,7862	12,4717	
cera de parafina	sólido	2,5	900		2,325
Sílice (fundido)	sólido	0,703	42,2		1,547
Uranio	sólido	0,116	27,7		2,216
Agua	gas (100 °C)	2,080	37,47	28,03	
Agua	líquido (25 °C)	4.1813	75,327	74,53	4,184
Agua	sólido (0 °C)	2,114	38,09		1,938
<p>Todas las medidas son a 25 °C a menos que se indique lo contrario, Los mínimos y máximos notables se muestran en negrita.</p>					



3.3.5. Materiales de construcción

Estos datos son de utilidad al calcular los efectos del calor sobre los materiales que formen un edificio:

TABLA # 2

Sustancia	Estado de agregación	c_p $J g^{-1} K^{-1}$
Asfalto	Sólido	0,92
Ladrillo	Sólido	0,84
Hormigón	Sólido	0,88
Vidrio, sílice	Sólido	0,84
Vidrio, crown	Sólido	0,67
Vidrio, flint	Sólido	0,503
Vidrio, pyrex	Sólido	0,876
Granito	sólido	0,790
Aljez	sólido	1,09



Mármol, mica	sólido	0,880
Arena	sólido	0,835
Suelo	sólido	0,80
Madera	sólido	0,48



3.3.6. Calor específico y capacidad calorífica de algunos materiales

TABLA 3

Material	<u>Calor específico</u> kcal/kg °C	Densidad kg/m ³	Capacidad calorífica kcal/m ³ °C
Agua	1	1000	1000
Acero	0,12	7850	950
Tierra seca	0,44	1500	660
Granito	0,19	2645	529
Madera de roble	0,57	750	430
Ladrillo	0,20	2000	400
Madera de pino	0,6	640	384
Piedra arenisca	0,17	2200	374
Piedra caliza	0,22	2847	484
Hormigón	0,16	2300	350
Mortero de yeso	0,2	1440	288
Tejido de lana	0,32	111	35
Poliestireno expandido	0,4	25	10
Poliuretano expandido	0,38	24	9
Fibra de vidrio	0,19	15	



3.4. Transmisión de calor en un tubo concéntrico

3.4.1. Fundamento teórico:

El papel de los intercambiadores térmicos ha adquirido una creciente importancia recientemente al empezar a ser conscientes los técnicos de la necesidad de ahorrar energía. En consecuencia se desea obtener equipos óptimos, no sólo en función de un análisis térmico y rendimiento económico de lo invertido, sino también en función del aprovechamiento energético del sistema

Un cambiador de calor consiste en un límite sólido, buen conductor, que separa dos fluidos que se intercambian energía por transmisión de calor. Una de las primeras tareas en el análisis térmico de un cambiador de calor de carcasa y tubos consiste en evaluar el coeficiente global de transmisión de calor entre las dos corrientes fluidas.

En el caso de intercambiadores de carcasa y tubos, el coeficiente global de transmisión de calor (U) se basa en la superficie exterior A_e de los tubos.

El valor del coeficiente global de transmisión global de temperatura U depende del mecanismo por el cual se transmite el calor, de la dinámica del fluido que se calienta y del que se enfría, de las propiedades de los materiales a través de los cuales pasa el calor y de la geometría que siguen los recorridos de los fluidos.



Como la pared es delgada y de material buen conductor del calor, su resistencia térmica es despreciable (a menos que esté recubierto de costra o suciedad).

El calor es una manifestación de la energía en tránsito. Se transporta de un lugar a otro de forma espontánea debido a un gradiente de temperatura. La diferencia de temperatura es la fuerza impulsora de tránsito de calor. Cuando el calor se transporta, generalmente, lo hace de tres maneras simultáneamente pero según la naturaleza del fluido y el medio; una de ellas tiene preferencia:

3.4.1.1. Conducción: Es un transporte molecular de energía como consecuencia de la energía rotacional y vibraciones de las moléculas. En sólidos es debido a la transferencia de energía vibraciones desde una molécula a otra mientras que en líquidos es debido también a la transferencia de energía cinética.

3.4.1.2. Convección: Es un proceso de transporte que se debe a corrientes macroscópicas en el seno de los fluidos debido a la transmisión de calor. Se produce tanto en gases como en líquidos y puede producirse con o sin cambio de fase. Al producirse una diferencia de temperatura entre las masas por un calentamiento), se produce una energía de frotación. Al aumentar la temperatura, disminuye la densidad de un líquido del fondo y tiende a subir a la superficie. El de mayor densidad baja y se produce una convección o transporte de calor natural. Hay otro tipo de convección que se produce de un agitador o por una diferencia de presión, se denomina Convección Forzada.



3.4.1.3. Radiación: una onda electromagnética contiene una energía que se transporta y produce un transporte de calor. Esta onda puede alcanzar espacios varios en los que no pasará nada pero al llegar a un medio material parte de la radiación se absorbe, otra se refleja y otra se transmite.

En esta práctica vamos a estudiar el transporte de calor por convección forzada. Lo estudiamos por medio de un cambiador de calor de doble tubo, en función de los coeficientes de transmisión de calor y de la resistencia calorífica de la pared del tubo. El cambiador está constituido por dos tubos coaxiales, circulando uno de los fluidos por el tubo interior y el otro por el espacio anular. El calor se transmite a través de la pared del tubo interior. Usaremos un flujo en contracorriente, es decir, el fluido caliente y el frío circulan en direcciones contrarias, el caliente circulará por el tubo interior y el frío por el espacio anular.



CAPITULO

IV



CAPITULO IV

4. DISEÑO Y PROCESO DE CONSTRUCCION

Para realizar el diseño de este equipo se considero el modelo que se tiene en el proceso de destilación el cual le permitirá utilizar la misma estructura logrando usar los mismo materiales y la misma metodología de ensayo, evitando cambiar la cantidad de muestra usada en la digestión en el actual proceso.

Para realizar el prototipo de digestión del análisis de proteína, decidimos construir una caja rectangular de acero inoxidable, donde van estar el sistema de calentamiento que se usa en este proceso de digestión la misma que están colocadas en línea conjuntamente con el sistema de condensación o intercambiadores de calor conectadas a una línea de agua.



4.1. PARÁMETROS A SER CONSIDERADOS EN EL DISEÑO

Uno de los parámetros que se consideran en el diseño de este equipo son los tubos cilíndricos concéntricos el cual van circular los vapores que serán condensados. Por el tubo exterior circulara el líquido de refrigeración en este caso el agua.

El tubo de vidrio exterior por lo general tiene dos conexiones donde se ajustan mangueras de neopreno o caucho, de entrada y salida del líquido refrigerante (generalmente agua del grifo o agua enfriada con una mezcla anticongelante) que pasa a través de él. Para una máxima eficiencia, y para mantener un gradiente térmico suave y dirigido correctamente que minimice el riesgo de choque térmico del tubo de vidrio interior, el líquido refrigerante por lo general entra a través de la conexión inferior, y sale por la conexión superior. El mantenimiento de un gradiente térmico correcto (es decir, la entrada del refrigerante por el punto más frío) es el factor crítico. Varios condensadores múltiples pueden ser conectados en serie.

El líquido refrigerante tiene que estar constantemente circulando para así poder tener una temperatura en la cual se pueda condensar en líquido, el vapor. Normalmente, no es necesario un caudal de refrigerante elevado para mantener un correcto enfriamiento.

La ecuación que permite calcular el calor intercambiado entre el agua el vapor a condensar se da por el principio de las mezclas: $Q_{cedido} = -Q_{ganado}$

Y cada uno de estos términos sigue la definición

$$Q = m \cdot c_E \cdot (t_f - t_i)$$

Donde

Q= calor intercambiado;

m = masa;

Ce= calor específico;

Tf = temperatura final;

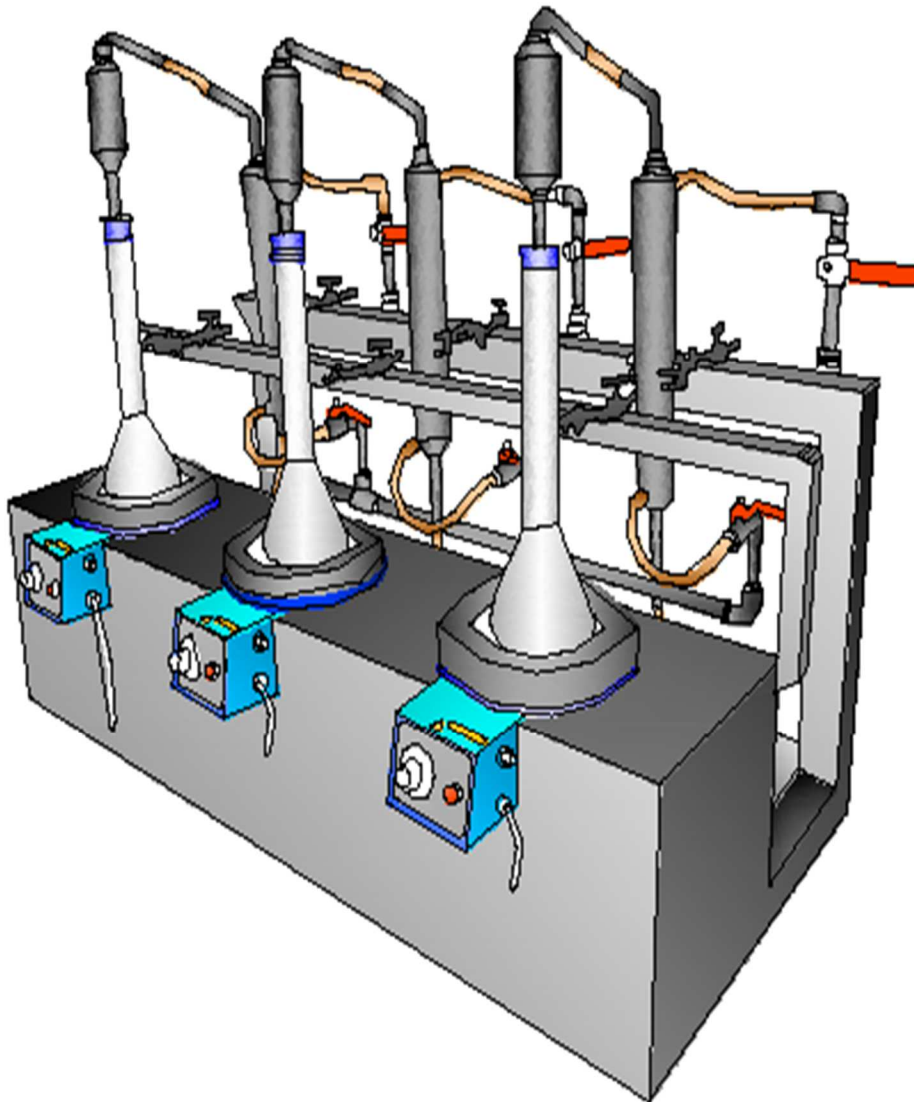
Ti= temperatura inicial.



Figura # 1

Un condensador Granhanse usa para prevenir que el proceso de ebullición este en un proceso de reflujo.

$$m * cp * \Delta T = m * cp * \Delta T$$



DISEÑO DEL EQUIPO DE DIGESTIÓN PARA ANALISIS DE PROTEINA

Figura # 2



4.2 DIAGRAMA DE FLUJO

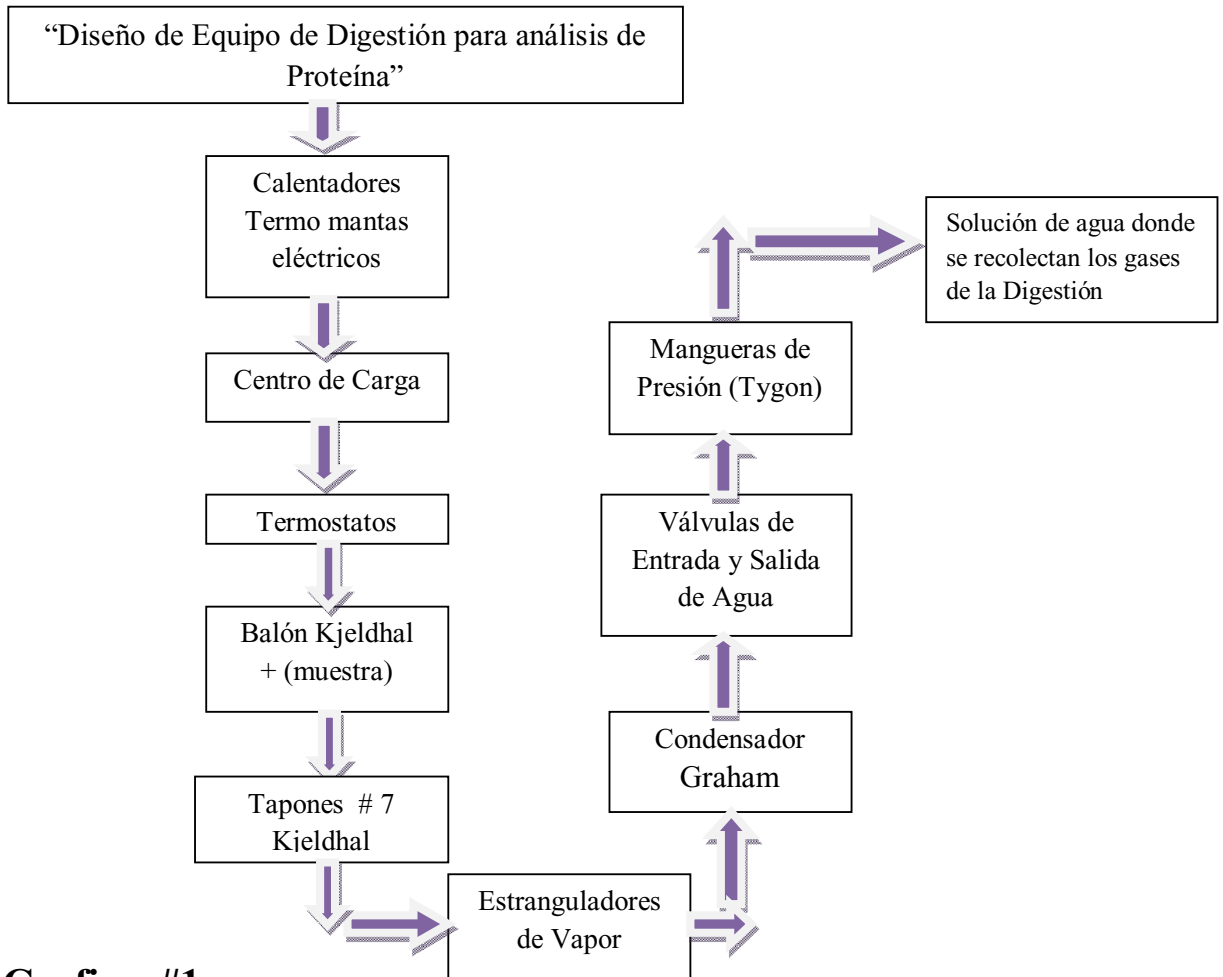


Grafico #1

EQUIPÓ DE DIGESTÓN- COMPLETO



Figura # 3

4.3. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL CONDENSADOR

Tabla # 4

Temperatura de entrada	25°C
Temperatura de salida	40°C
Presión de entrada del agua	20 PSI
Presión de salida del agua	15 PSI
Acido condensado	2g/hora

Los condensadores son de uso frecuente en el reflujo, donde los vapores calientes de un disolvente líquido, que está siendo calentado en el matraz, se enfrían en el condensador y se dejan que gotee. Esto reduce la pérdida de disolvente y permite que la mezcla se caliente durante períodos prolongados.

Para la destilación a micro escala, hay aparatos disponibles comercialmente que incluyen la vasija de calefacción y el condensador fundidos en una sola pieza. Esto reduce el volumen de retención, evitando la necesidad de juntas de vidrio esmerilado y la prevención de la contaminación por fugas de grasa y aire.



FIGURA # 4

CondensadorGraham

4.4. PRUEBAS VARIAS FINALES

4.4.1. Proceso de digestión en cámara extractora de Gases

1ra prueba

Se Ha realizado los respectivos análisis de Proteína durante toda la semana desde el Lunes 31-de Enero Hasta viernes 07 de febrero de 2011.

Figuras # 5



4.4.2 sistema de Venturi para extracción de los gases

Figuras # 6



4.4.3. Sistema de condensación de los gases usando tubos concéntricos

4ta prueba 25 de agosto 2011

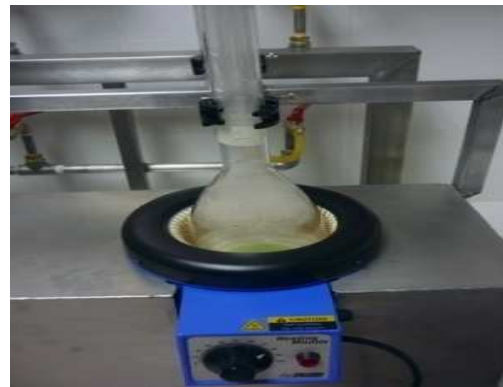
Realizando últimas Pruebas en un prototipo de equipo Kjeldahl para construir el equipo “Digestor”

Figuras # 7



Resultados Finales
Desde 23 septiembre hasta 11 de Noviembre 2011
Usando tubos concéntricos para condensación de los gases

Figuras # 8





4.5 MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL EQUIPO.

4.5.1 PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 2 mm

Forma la estructura metálica del equipo y la base donde descansa las termomantas.

4.5.2 TUBOS CUADRADOS EN 50mm x 2 mm

Estos elementos cumplen la función de sostener la estructura metálica de todo el equipo, formando como base principal el conjunto de piezas que esta compuesta la maquina.

4.5.3 TUBOS CUADRADOS EN ACERO INOXIDABLE DE 25 mm x 2mm

Esta pieza se encarga de formar la estructura que sostiene a los brazos mordaza y a la vez sostiene la tubería de alimentación de agua y retorno para los refrigerantes o condensadores.

4.5.4 CODOS DE UN ¼ EN ACERO INOXIDABLE.

Son elementos que sirve para canalizar, el líquido de refrigeración de (agua) de los conductos secundarios hacia los diferentes condensadores en un ángulo de 90°.



4.5.5 NEPLOS KING ¼ EN ACERO INOXIDABLE

Son elementos que sirven para acoplar las mangueras de los tubos canalizadores, hacia los condensadores de la entrada de la espiral interior.

4.5.6 NEPLOS KING DE BROCE ¼

Sirve para acoplar las mangueras de la salida de los condensadores hacia la línea de retorno del refrigerante (agua).

4.5.7 VALVULAS ¼ DE PASO RAPIDO CROMADAS

Son elementos que sirven para estrangular el paso del líquido refrigerante (agua), desde la tubería de alimentación hacia cada uno de los condensadores.

4.5.8 BOCINES ¼ X 1" EN ACERO INOXIDABLE

Son elementos que sirven para sostener, los brazos mordaza que sostienen los condensadores.



CAPITULO V



CAPITULO V

5. LOCALIZACION DEL APARATO CONEXIONES Y MANEJO DEL EQUIPO

El aparato puede instalarse en un banco de trabajo y con la necesidad de colocar un sistema de extracción de gases con objeto de usar el extractor en casos de emergencia, el entorno del aparato consta de diferentes conexiones necesarias para su funcionamiento como son de energía y agua para el sistema de enfriamiento.

5.1 CONEXION DE ENTRADA DEL AGUA

- Cierre la llave de corte instalada en la toma de agua de la red esta llave no esta incluida con el equipo.
- Conecte el otro extremo del tubo en la salida de agua de la red

5.2 CONEXIÓN ELECTRICA DEL APARATO

- Conecte el aparato con una toma eléctrica de la red provista de una toma de tierra mediante el cable de alimentación.

5.3 OPERACIÓN DEL EQUIPO

- Primeramente se abre las válvulas de aguas de enfriamiento del equipo
- Se coloca los balones Kjeldhal en la bases de la hornilla y se conecta la ampollas de estrangulación de vapor utilizando los corchos de neopreno para evitar perdidas de vapor.
- Encender las hornillas moviendo las perillas a mitad de su capacidad



- Colocar en la parte posterior del equipo unos matraces de 250 ml hasta la mitad de agua para la recolección de los condensados.
- Encender el extractor de gases para evitar problemas de escape de gases
- Antes de apagar el equipo, se retira el agua de los matraces para evitar la succión del agua por el vacío que se genera en el proceso de enfriamiento.

5.4 APAGADO DEL EQUIPO

- Se giran las perillas a off
- Se deja que se enfríen los balones para luego retirarlos

5.5 CONDICIONES DE USO

- Utilizar fuente de poder 110v

5.6 MANTENIMIENTO

- Limpieza de los tapones de neopreno
- Hidratación de los tapones de neopreno
- Cambio de mangueras de conexión con ampollas de destilación.

CONCLUSIONES

En base a lo investigado y las pruebas realizadas lo que se buscaba en las pruebas era extraer los gases, evitando la contaminación al ambiente interno y externo en el laboratorio usando el mejor proceso de digestión en el ensayo de proteína

RECOMENDACIONES

- Para la seguridad del proceso de digestión se recomienda que se coloque dentro de una cámara de extracción de gases en el caso de una ruptura de las mangueras.
- Realizar cambio de las mangueras que están conectadas al sistema de enfriamiento o condensadores.
- Usar llaves de paso de agua en las entradas tipo agujas en el momento de realizar la instalación del equipo.
- Realizar mantenimiento cada 6 meses a todo el equipo.

Referencias

1. ↑ [ab](#)Resnik, Halliday&Krane (2002). *Física Volumen 1*. Cecsá.
2. ↑Laider, Keith, J. (1993). Oxford University Press. ed (en inglés). *TheWorld of PhysicalChemistry*. ISBN 0-19-855919-4. '14
3. Ç13
4. ↑ Prof. Castroja y Prof. Ferreira. «Termodinámica». Consultado el 17/02/2008.
5. ↑ C. Michael Hogan (1969). «Density of States of an Insulating Ferromagnetic Alloy Phys. Rev. 188, 870 - 874, Issue 2 – December 1969» (en inglés). Consultado el 14/01/2008.
6. ↑ «Primer principio de la termodinámica». Consultado el 17/02/2008.
7. ↑SerwayJewet (2003). *Física 1*. Thomson. ISBN 970-686-339-7.
8. ↑ Enciclopedia Encarta. «calor específico». Consultado el 12/02/2008.
9. ↑ «Glasario de Abreviaciones». Consultado el 14/02/2008.
10. ↑ Luis Chica (2004). «Calorimetría». Consultado el 17/02/2008.
11. ↑ «Caloría». Consultado el 17/02/2008.

BIBLIOGRAFIA

1. Raymond A., Serway; Jewet, John W. (2003).«Calor específico». *Física 1*.
México D.F.: Thomson. ISBN 970-686-339-7
2. Resnik, Robert (2002). «Primera Ley de la Termodinámica». *Física 1*. México
D.F.: CECSA. ISBN 970-24-0257-3.