

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE
SUMINISTRO DE ENERGÍA CALORÍFICA A
INCUBADORAS PARA POLLO
UTILIZANDO AGUAS DE POZO DEL
DISTRITO DE SUPE- LIMA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

Julio Jerry Chuquija Gamboa
Nilda Aydeé Núñez Iparraguirre

Callao, febrero, 2018

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Sustentada por la señorita Bachiller **NUÑEZ IPARRAGUIRRE NILDA AYDEE** y el señor Bachiller **CHUQUIJA GAMBOA JULIO JERRY** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° OSCAR RODRIGUEZ TARANCO	PRESIDENTE
ING° RICARDO RODRIGUEZ VILCHEZ	SECRETARIO
ING° CALIXTO IPANAQUE MAZA	VOCAL
ING° ÓSCAR CHAMPA HENRÍQUEZ	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 1 de Tesis con Ciclo de Tesis Folio N° 34 y Acta N° 33 de fecha **VEINTISÉIS DE ENERO DE 2017**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 309-2017-CU de fecha 24 de octubre de 2017 y en su Cuarta Disposición Transitoria, norman los requisitos de los expedientes para la obtención del Grado Académico de Bachiller

Agradecimientos

A nuestras familias que nos brindaron todo su apoyo, cariño y dedicación en el camino de nuestra tesis.

A cada uno de nuestros profesores de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Del Callao, por impartirnos su invaluable experiencia que nos ayudará en nuestra formación profesional y personal.

Dedicatorias

A mi querida familia que cada día confiaron en mí, mostrando su apoyo en cada etapa que avanzaba en el camino a este objetivo.

Julio Jerry Chuquija Gamboa

A mi amada familia, mi esposo Antonio, y mis queridos hijos Mayra, Cinthya, Kathya y Toñito, por todo su apoyo incondicional en el logro de este gran objetivo profesional.

Nilda Aydeé Núñez de Díaz

ÍNDICE

Tabla de contenido	3
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Identificación del Problema	9
1.2. Formulación del Problema	9
1.3. Objetivos de la Investigación	10
1.4. Justificación	10
1.5 Importancia.	11
II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes del estudio	12
2.2. Las incubadoras para pollo y sus características técnicas	14
2.3. Las calderas y sus características técnicas	15
2.4. Los equipos chiller y sus características técnicas	22
2.5. El tratamiento de aguas para calderas y equipos chiller	27
2.6. Las operaciones de filtrado con el tratamiento de aguas	37
2.7. Equipos ablandadores de agua y sus características técnicas	45
2.8. Acondicionamiento Hidráulico para el suministro de calderas y chiller	48
2.9. Las aguas de pozo y su dureza	58
2.10. Cálculos de fluidos para los diseños hidráulicos	58
2.11. Definiciones de términos básicos	62
III: VARIABLES E HIPÓTESIS	
3.1. Variables de la investigación	66
3.2. Operacionalización de variables	67
3.3. Hipótesis general e hipótesis específica	68
IV: METODOLOGÍA	
4.1 Tipo de Investigación	69
4.2 Diseño de la Investigación	69
4.3 Población y muestra	69
4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos	70
4.5 Procedimiento de recolección de datos	70
4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos	92

V: RESULTADOS	95
VI: DISCUSIÓN DE RESULTADO	
6.1 Contrastación de las hipótesis con los resultados	100
VII: CONCLUSIONES	101
VIII: RECOMENDACIONES	102
IX: REFERENCIAS	103
X: ANEXOS	
10.1 Matriz de consistencia	107
10.2 Informe de análisis de agua de pozo	108

TABLAS DE CONTENIDO

TABLAS:

2.1 Diferencias entre calderas pirotubulares y calderas acuotubulares	22
2.2 Requerimientos agua alimentación calderas vapor según bs 2486	29
2.3 Requerimientos de agua a caldera según bs 2486.	29
2.4 Tipo de juntas según el agua de proceso	49
2.5 Clase 2 de tubería	55
2.6 Series máximas a emplear según material, presión de diseño y aplicación	56
2.7 Series comerciales a emplear según material, presión de diseño y aplicación	57
3.1 Operacionalización de variables	67
4.1 Consumo de agua dura para puntos de lavado	72
4.2 Consumo de agua blanda	72
4.3 Resumen de cálculo de agua blanda	77
4.4 Consumo de agua caliente	80
4.5 Perdida por fricción del caldero al tanque de retorno	81
4.6 Perdida por fricción del caldero al tanque de retorno	81
4.7 Consumo de agua helada	84
4.8 Perdida por fricción tramo A-B	88
4.9 Perdida por fricción accesorios tramo A-B	88
4.10 Perdida por fricción tramo B-C	88
4.11 Perdida por fricción accesorios tramo B-C	89
4.12 Tabla de carga vs las condiciones de instalación	92
4.13 Tabla de carga vs las condiciones de instalación	94
5.1 Identificación de especificación técnica de incubadoras	95

5.1 Resultados de equipos de agua dura	95
5.2 Resultados de equipos de agua blanda	96
5.3 Resultados de equipos de agua caliente	96
5.4 Resultados de equipos de agua helada	97

TABLAS DE CONTENIDO

FIGURAS:

2.1 Incubadora	14
2.2 Incubadora	15
2.3 Calderas de gasóleo	16
2.4 Caldera pirotubular	17
2.5 Pasos de caldera	18
2.6 Esquema caldera pirotubular	19
2.7 Calderines de la caldera acuotubular	20
2.8 Circulación en una caldera acuotubular	21
2.9 Ecochillers	23
2.10 Chillers tipo scroll enfriados por aire	23
2.11 Chillers tipo scroll enfriados por agua.	24
2.12 Chillers tipo tornillo enfriados por aire.	25
2.13 Chillers tipo tornillo enfriados por agua.	26
2.14 Chillers tipo centrífugo enfriados por agua.	26
2.15 Chillers tipo absorción enfriados por agua	27
2.16 Corrosión por oxígeno o "pitting".	30
2.17 Corrosión cáustica en fogón de una caldera.	31
2.18 Incrustaciones en tubos de humo.	33
2.19 Acumulación incrustaciones en fondo cuerpo presión caldera.	33
2.20 Efecto de incrustaciones y flujo de calor en la temperatura del metal	34
2.21 Arrastre de condensado por excesiva concentración de sólidos	35
2.22 Tipos de filtración según su clasificación por tamaño.	36

2.23 Elementos de filtración	38
2.24 Filtro de cartuchos tipo membrana	39
2.25 Proceso de microfiltración para retención de sólidos suspendidos	41
2.26 Filtración absoluta y filtración tangencial	43
2.27 Diferentes tipos de filtración en membrana	45
2.28 Equipo ablandador de agua	46
2.29 Descalcificador de uso doméstico instalado en tubería de cobre	47
2.30 Balance de fuerzas en un tramo de tubería	59
4.1 Grafico de un tramo de tubería	70
4.2 Subsistema de agua dura	74
4.3 Subsistema de agua blanda	79
4.4 Subsistema de agua caliente	83
4.5 Diagrama de Moody	87
4.6 Subsistema de agua fría	90
4.7 Grafica de carga vs condición de trabajo de agua caliente	93
4.8 Grafica de carga vs condición de trabajo de agua fría	94
5.1 Diseño de un sistema de suministro de energía calorífica	99

RESUMEN

La presente tesis plantea el diseño de un sistema de suministro de energía calorífica para la distribución a la red de incubadoras, teniendo en cuenta como recurso principal el agua de pozo del distrito de Supe provincia de Lima, con el cual se analizó la dureza del agua para seleccionar un sistema de tratamiento de agua para generadores de energía calorífica y se identificó las especificaciones técnicas de las incubadoras para utilizar los métodos adecuados de cálculo y determinar la capacidad de energía calorífica que necesitan las incubadoras para pollo.

Con los fundamentos y procedimientos de diseño de equipos se diseñaron los equipos que componen el sistema de suministro de energía calorífica a las incubadoras para pollos, obteniendo como equipos principales de generadores de energía a la caldera con 30BHP (182 MW) de potencia, un chiller con 20 ton (0.105MW) de energía fría y una red de tuberías y accesorios donde se distribuye el agua de proceso.

Este diseño optimiza el trabajo en las incubadoras a través de estas líneas sanitarias que le proporcionan los parámetros (MW) necesarios en los diferentes intervalos de tiempo que requiere.

Palabras claves: agua de pozo, energía calorífica, diseño, incubadora

ABSTRACT

This thesis proposes the design of a system of supply of heat energy for the distribution to the network of incubators, taking into account as main resource the well water of the district of Supe province of Lima, with which the hardness of the water was analyzed to select a water treatment system for heat energy generators and the technical specifications of the incubators were identified to use the proper calculation methods and determine the heat energy capacity required by the chicken incubators.

With the fundamentals and equipment design procedures, the equipment that make up the heat energy supply system to the chicken incubators was designed, obtaining as main power generator equipment the boiler with 30BHP (182 MW) of power, a chiller with 20 tons (0.105MW) of cold energy and a network of pipes and fittings where the process water is distributed.

This design optimizes the work in the incubators through these sanitary lines that provide the necessary parameters (MW) in the different time intervals that it requires.

Keywords: well water, heat energy, design, incubator

I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del Problema

Las incubadoras son máquinas que se basan en el control de temperatura, humedad, ventilación y volteo de huevos, por lo cual requieren un sistema de calefacción óptimo mediante corrientes de agua, que proporcionen en ciertos intervalos agua fría y caliente según lo requiera dicha máquina.

Dependiendo el tipo de lote de huevos que lleguen a la planta de incubación ya que algunos requieren diferentes temperaturas en su ambiente y además optimizar el recorrido de estas líneas industriales, con equipos de control en los diferentes campos de las líneas.

El tipo de agua a suministrar tiene que ser tratada, hasta llegar a los intervalos de considerarse agua blanda ya que tendrá baja dureza y esto ayudaría a mantener un tiempo de vida útil a las tuberías que recorre el agua.

Los efluentes que se descargan de este recorrido pasarán por un tratamiento para reducir el PH que llega a ganar, en todo su proceso y dicha agua tratada se pueda utilizar en el área agrícola y de esta manera contribuir al cuidado del medio ambiente.

1.2. Formulación del Problema

a. Problema general

¿Cómo sería el diseño del sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollos utilizando las aguas de pozo del distrito de Supe- Lima?

b. Problemas específicos

- ¿Cuál sería el grado de dureza de las aguas de pozo provenientes de Supe, para desarrollar un sistema de ablandamiento?
- ¿Cómo identificas y caracterizas los equipos requeridos para la producción de energía calorífica que necesitan las incubadoras para pollo?

1.3. Objetivos de la Investigación

a. Objetivo general

Diseñar un sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollo utilizando aguas de pozo del distrito de Supe- Lima.

b. Objetivos específicos

1. Analizar el grado de dureza de las aguas de pozo provenientes del distrito de Supe, para desarrollar un sistema de ablandamiento.
2. Identificar y caracterizar los equipos requeridos para la producción de energía calorífica que necesitan las incubadoras para pollo.

1.4. Justificación

Las razones que justifican el propósito de la investigación son:

Teórica. Se diseña un sistema que suministre energía calorífica a las incubadoras a través de aguas del pozo que son tratadas al ingreso del sistema para cumplir los parámetros requeridos y de esta manera optimizar dicho sistema.

Legal. Cumplir con la norma según el decreto 865/2003 referida a que se utilizara agua blanda que se recorrerá a través de tuberías de acero inoxidable el cual evitara la proliferación de bacterias y el ahorro de agua.

Ambiental. Uso del efluente tratado al término del proceso de incubación y nacimiento para la agricultura

Económica. Optimización del uso de agua durante el proceso incubación y nacimiento. Mediante el diseño de estas líneas minimizan el uso de energía eléctrica en estas incubadoras.

Social. Hoy en día en nuestro país se consume gran cantidad de pollos por lo que se requiere más sistemas eficientes de nacimiento de estas aves ya que su tasa de mortalidad al nacer artificialmente es grande. Los sistemas de incubadoras artificiales ayudan acelerar el nacimiento y la mayor producción de estas aves

Tecnológica. Esta tesis busca innovar el desarrollo del sistema de líneas sanitarias mediante un sistema de control de parámetros para la eficiencia de estas máquinas incubadoras.

1.5 Importancia.

Los resultados de la presente investigación servirán como modelo para diseñar un sistema de suministro de energía calorífica para equipos de incubadora de huevo a partir de aguas de pozo y una optimización en el consumo de agua para estos equipos mediante equipos de control en todo el recorrido del agua.

II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Hace más de 2,000 años, en los países de China y Egipto se utilizaron los métodos más antiguos de incubación artificial. En el caso de China, sus incubadoras, consistían en grandes tinajas de barro que tenían acceso por una puerta lateral, por la cual introducían ascuas de carbón vegetal. Esta tinaja se encontraba aislada de toda superficie exterior mediante una envoltura de cestería, del borde de la tinaja cuelga interiormente un recipiente cónico cuyo fondo se llena de cenizas y dentro de este cono se colocan una cesta con 600 huevos (Tablada, s.f).

En el caso de los egipcios, estos usaron incubadoras de tierra o barro tipo ladrillo, las cuales llegaban a incubar 90, 000 huevos. Estas incubadoras eran grandes habitaciones, y ellos fueron los que más se aproximaron, ya que por cada tres huevos obtenían dos pollos, lo cual daba aproximadamente un 70% de nacimientos (VET-UY, 2004).

En Estados Unidos, la construcción, uso y patente de las incubadoras artificiales vienen siendo desarrolladas desde 1844. Tal es el caso de la incubadora Smith, que consistía en un cuarto grande con grandes ventiladores para forzar el aire caliente en cada una de las partes de la cámara de incubación, esta se patentó en el año 1918. Esta incubadora, sería la precursora de las incubadoras de hoy en día, las cuales son eficientes y a gran escala, que se usan para incubar huevos de pollos, pavos, patos y otros¹ (El Sitio Avícola, 2010).

En el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Universidad del Caribe, se construyó un prototipo de incubadora de huevos de gallina para una capacidad entre 50 a 60 huevos por camada, para lo cual se utilizaron materiales económicos o reciclables. Los pasos previos para el nacimiento de las aves fueron: (a) recolección de los huevos, (b) limpieza de los huevos, (c) revisión física de la cáscara de los huevos, (d) selección de los huevos que se encuentran en mejor condición para su incubación; sumado a estos pasos, se encuentra (e) una revisión constante del control de la temperatura y humedad, la cual se debe mantener en un calor constante de

¹ <http://www.ecured.cu/index.php/Incubaci%C3%B3n?PageSpeed=noscript>

37.5°C y un 60% de humedad, (f) el movimiento del huevo, siendo mínimo que los huevos se giren cada 4 horas por día, y (g) una supervisión constante a través del huevoscopio para determinar que huevos son fértiles y cuales no (Daniel, 2003) (ver Figura 2.1).

En la Universidad Nacional Autónoma de México se diseñó una incubadora artificial de huevo hechas a base de material reciclado para una capacidad de 50 huevos, el cual funcionó como solución para la producción de huevos y pollos, con el fin de satisfacer las necesidades alimentarias de un sector de la población local. Para la fabricación de la incubadora, se utilizó un cubo de madera forrado de un material aislante, como el unicel; la fuente de calor fue una secadora para pelo, que proporcionaba calor y ventilación, con lo cual el proceso de incubación es más factible de realizar a menor escala con el uso de materiales reciclados (Sierra, 2013).

En la Universidad Tecnológica de Tula Tepeji, se diseñó una incubadora solar para la reproducción de animales de corral, con el fin que los productores del campo puedan cultivar los embriones de pollo y no padecer de la carestía de los animales, y tampoco elevar los precios del huevo que muchas veces perjudican la economía de las familias. El funcionamiento de esta incubadora es mediante energía solar, la cual es captada por un módulo fotovoltaico que la convierte en energía alterna, a fin de que los dispositivos operen para generar movimiento en los huevos y a su vez, el embrión crezca óptimamente. Este es un proyecto sostenible, ya que se dejan de utilizar focos incandescentes de 100 watts, los cuales son sustituidos por placas térmicas que brindan calor a los pollos. Finalmente, esto representa un ahorro de energía a un 95 por ciento, pues las incubadoras convencionales que actualmente se venden en el mercado deben estar conectadas a la corriente eléctrica todo el día para su adecuado funcionamiento, por lo que con este modelo únicamente se gastan 10 watts y se puede lograr el mismo objetivo² (Avicultura, 2014).

² <http://www.avicultura.com/2014/04/18/un-joven-mexicano-disena-una-incubadora-solar/>

FIGURA 2.1
Incubadora

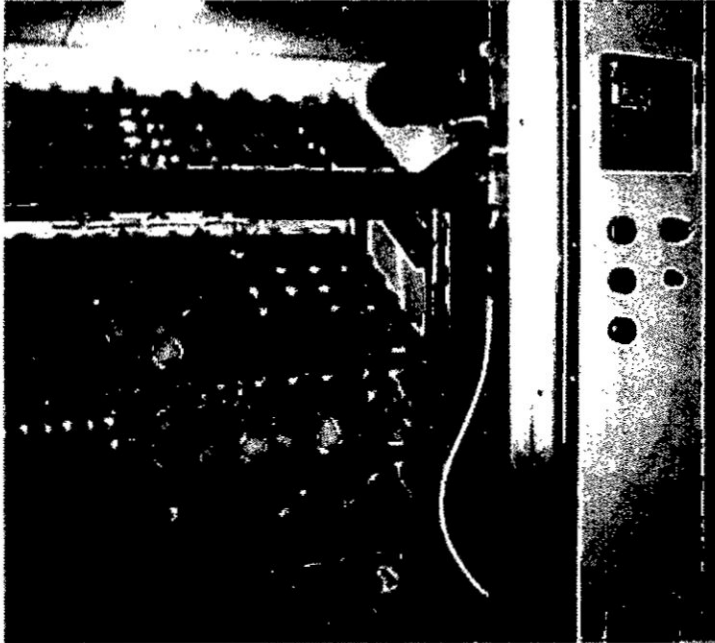


Fuente: G. Sierra, 2013.

2.2. Las incubadoras para pollo y sus características técnicas

Una incubadora de pollos es un aparato o local que sirve para la incubación artificial. La función de la incubadora de pollo es calentar artificialmente los huevos de un ave para lograr la eclosión de los pollos. Pero la reproducción artificial de los huevos de las aves, por medio de aparatos de incubación artificial va más allá de intentar, simplemente calentar los huevos, pretende emular todas las condiciones que un ave pone a disposición de los huevos para conseguir su eclosión, es decir, intenta imitar los parámetros de temperatura, humedad, ventilación y movimiento utilizados por un ave para la reproducción de estas. Para este proceso se pueden utilizar diversos tipos de humidificadores, el propósito de estos es evitar que el huevo pierda humedad interior a causa del calor artificial que se le aplica, si este llegase a perder mucha humedad, el polluelo no nacería. Igualmente, para el control de la temperatura, es necesario ser muy rigurosos con este y también es importante variar la temperatura durante todo el proceso de incubación puesto que hay diferentes fases en el desarrollo de las aves, mucha temperatura desde un principio podría causar la eclosión temprana de un ave llevando a que esta posteriormente muera (ver Figura 2.2).

FIGURA 2.2
Incubadora

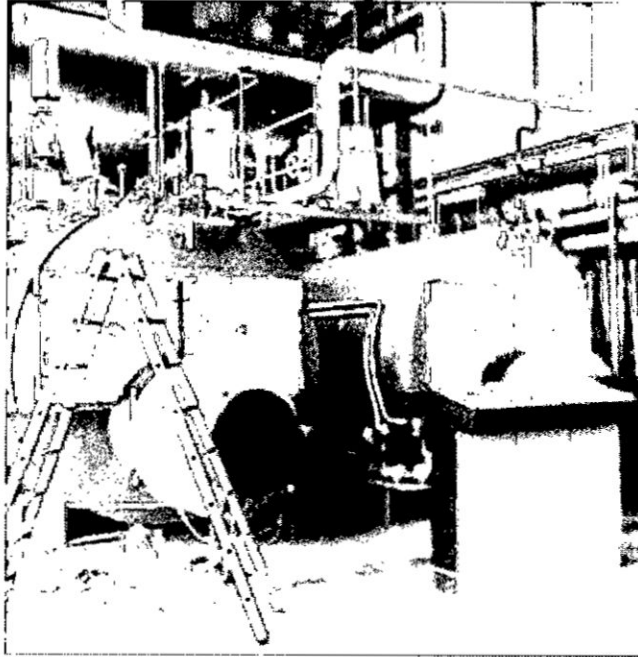


Fuente: G. Sierra, 2013.

2.3. Las calderas y sus características técnicas

La caldera es toda máquina o dispositivo de ingeniería que fue diseñado para generar vapor, el cual es generado a través de la transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, que se encuentra en estado líquido, se calienta y cambia su fase pasando a vapor saturado (ver Figura 2.3). Según la ITC-MIE-AP01, definió la caldera a todo aparato de presión donde el calor que proviene de cualquier fuente de energía es transformado en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor. La caldera es un caso particular en el que se eleva a altas temperaturas un set de intercambiadores de calor, en la cual se produce un cambio de fase. Además, es recipiente de presión, por lo cual es construida en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas (Acomee, 2017).

FIGURA 2.3
Calderas de gasóleo



Fuente: Acomee, 2017.

Al momento que se selecciona una caldera se deben considerar los siguientes parámetros:

- Cantidad de vapor requerida.
- Presión, temperatura, calidad del vapor requerido.
- Futuros requerimientos.
- Localización de la unidad.
- Características de la carga.
- Tipos de combustibles disponibles.
- Diseño de quemadores.
- Calidad del agua de alimentación.
- Variaciones previstas de la carga.

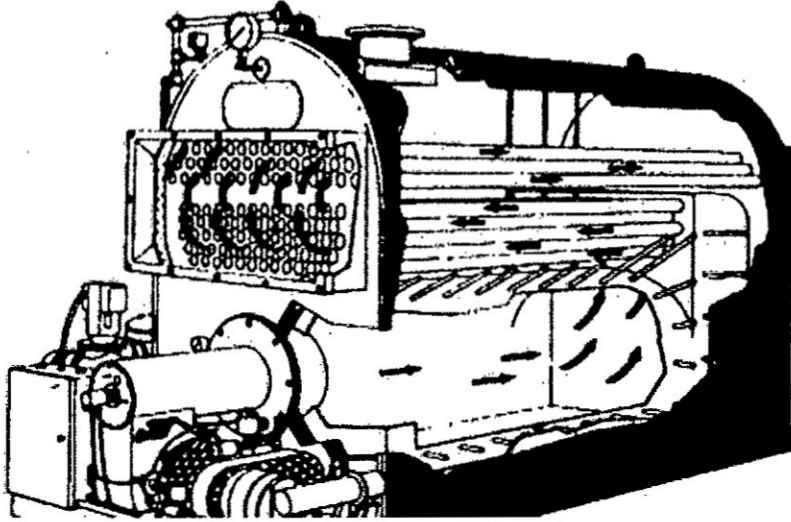
Por otro lado, existen dos tipos de calderas, las pirotubulares y las acuotubulares.

Las calderas pirotubulares son aquellas en las que los gases de la combustión circulan a través de tubos que están rodeados por agua. Muchas de las calderas pequeñas y medianas de la industria son de este tipo. Los gases de la combustión se enfrían a medida que circulan por los tubos, transfiriendo su calor al agua. La

transferencia de calor es función de la conductividad del tubo, de la diferencia de temperatura entre el agua y los gases, de la superficie de transferencia, del tiempo de contacto.

Aquí los pasos de la caldera piro tubular:

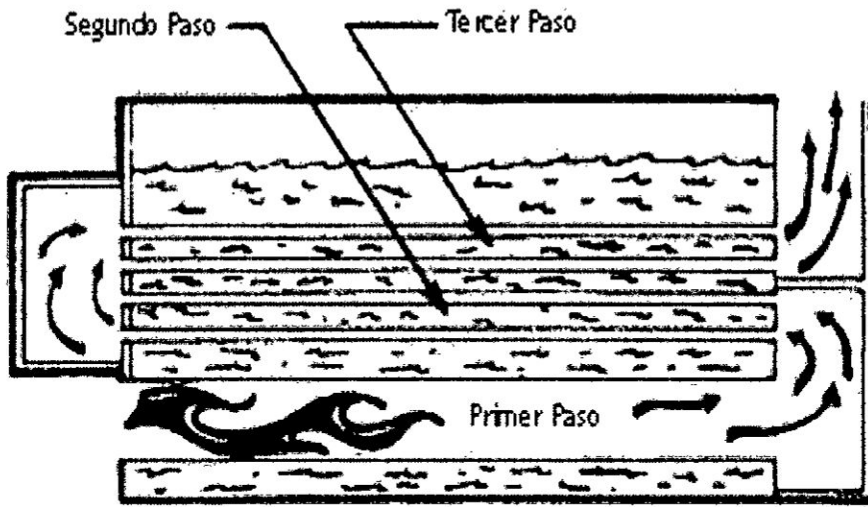
FIGURA 2.4
Caldera pirotubular



Fuente: D. Almanza, s.f., 2016.

En la Figura 2.4 se presenta el esquema en de una caldera pirotubular. En ella se aprecia un pequeño hogar sobre el recipiente con el agua, que a su vez es traspasado longitudinalmente por los tubos de los gases de la combustión. Las calderas pirotubulares pueden diseñarse con diferentes pasos de los tubos de humos por el recipiente con agua. El hogar se considera el primer paso y cada conjunto de tubos en el mismo sentido un paso adicional. Las calderas pirotubulares suelen trabajar hasta unos 20 bares para unas producciones máximas de unos 20 Tm/hr (ver Figura 2.5).

FIGURA 2.5
Pasos de caldera

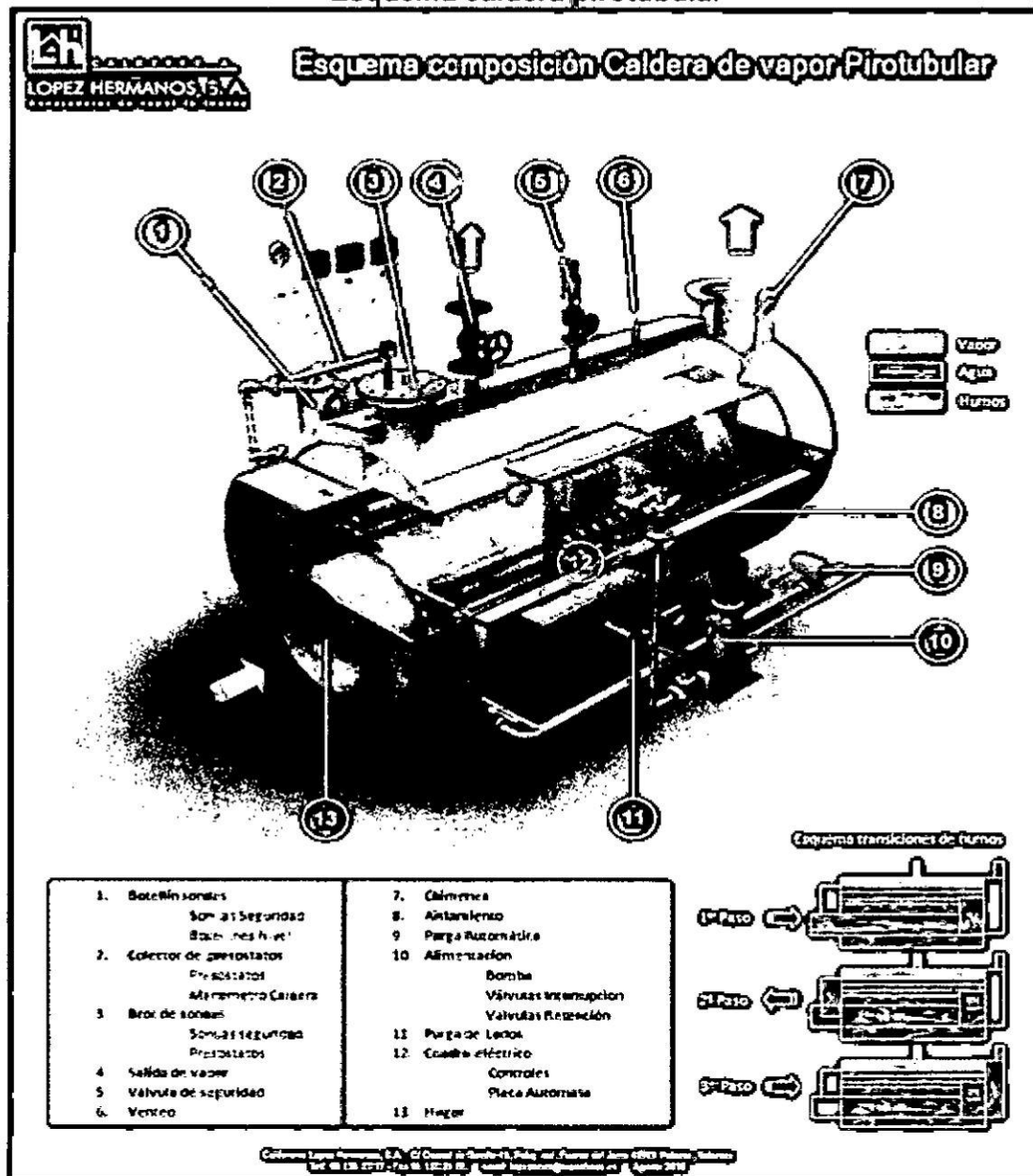


Fuente: D. Almanza, s.f. 2016.

En la Figura 2.6, se presenta el esquema de una caldera piro tubular.

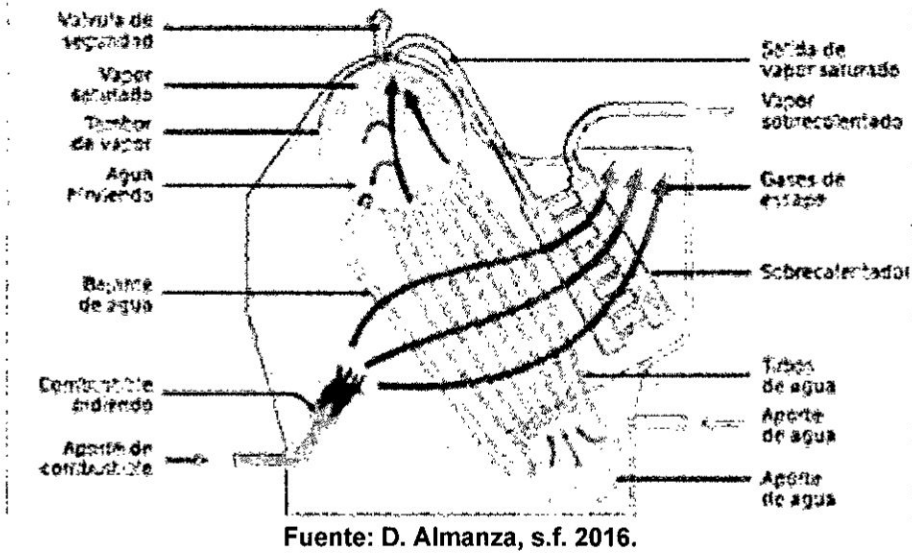
Las calderas acuotubulares son aquellas en las que el agua circula por el interior de los tubos. Estos tubos están, generalmente conectados a dos calderines como se ve en la Figura 2.7. El calderín superior de vapor, en el cual se produce la separación del vapor existente en el agua en circulación, y el inferior de agua, también conocido como calderín de lodos al depositarse éstos en él.

FIGURA 2.6
Esquema caldera pirotubular



Fuente: D. Almanza s.f. 2016.

FIGURA 2.7
Calderines de la caldera acuotubular

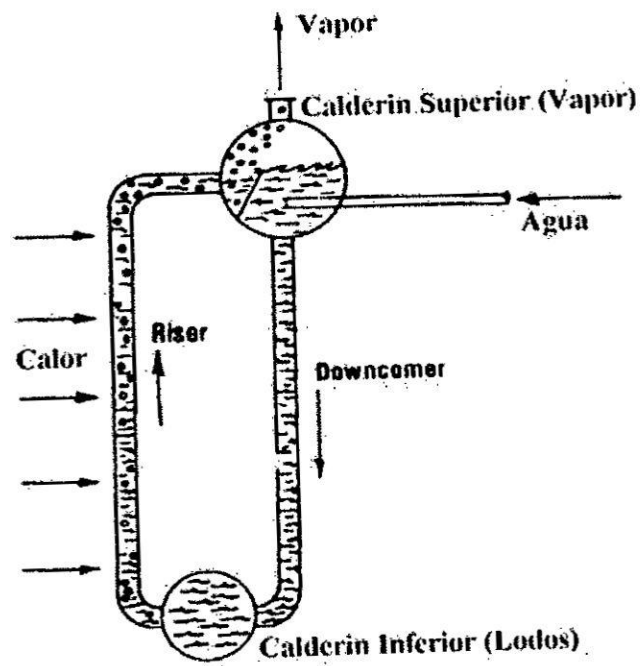


Los tubos que unen ambos calderines se distribuyen de forma que una parte de ellos queda en el lado caliente de la caldera - zona de la caldera que está en contacto con los gases de la combustión - y otra en el lado frío como se observa en la Figura 2.8.

El agua de los tubos del lado caliente es parcialmente evaporada de forma que dicho vapor asciende hacia el calderín superior debido a la menor densidad de éste con respecto al agua.

El agua de la parte fría circula del calderín superior al inferior debido a la mayor densidad del agua en esta zona, de forma que se produce una circulación natural de la masa de agua. Este tipo calderas suelen operar hasta presiones de 100 bares en el caso de las calderas industriales y de 200 en el caso de calderas para centrales térmicas, con unas producciones de 500 Tm/h y 4000 Tm/h respectivamente.

FIGURA 2.8
Circulación en una caldera acuotubular



Fuente: D. Almanza, s.f. 2016.

TABLA 2.1
Diferencias entre calderas pirotubulares y calderas acuotubulares

Descripción	Tipo	
	Calderas pirotubulares	Calderas acuotubulares
Circulación del agua	El agua baña por fuera a los tubos.	En estas el agua circula dentro de los tubos.
Circulación del calor o humos	En esta pasa los humos por dentro de los tubos. Los humos son procedentes de un quemador a gas natural o ACPM.	Los humos bañan por fuera los tubos.
Accionamiento de combustión.	El calor en forma de humo se produce por la combustión de un quemador que funciona como lanza llamas.	La combustión está dada en la cámara destinada que produce el calor en forma de humo y lo lleva a los tubos.
Disposición del vapor	Como el agua baña los tubos llenos de humo, e vapor es recolectado y enviado por una tubería que lo envía hacia el otro sistema.	El agua se encuentra en los tubos y es necesario dos calderines dentro de la caldera que impulsan el vapor por la tubería hasta llegar al otro sistema.

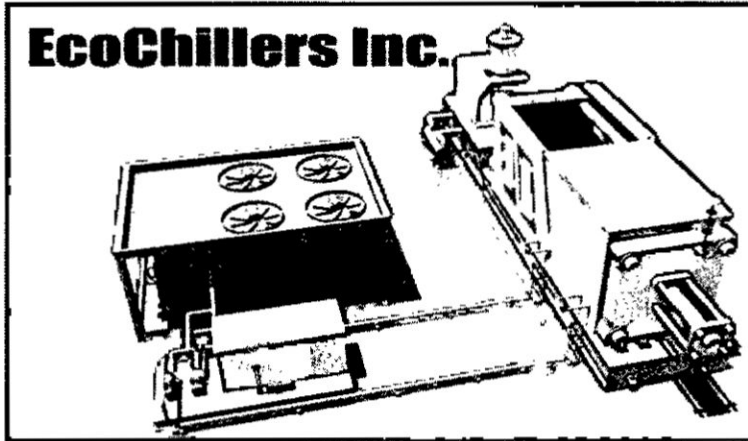
Fuente: D. Almanza, s.f. 2016.

2.4. Los equipos chiller y sus características técnicas

El wáter chiller, conocido como enfriador de agua, es una unidad enfriadora de líquidos. En modo bomba de calor también puede servir para calentar ese líquido. El evaporador tiene un tamaño menor que el de los enfriadores de aire, y la circulación del agua se proporciona desde el exterior mediante bombeo mecánico (ver Figura 2.9).

Los chillers pueden ser enfriadores de aire o agua. Los chillers para enfriar el agua, incorporan el uso de torres de enfriamiento las cuales mejoran la termodinámica de los chillers, en comparación con los chillers para enfriar aire.

FIGURA 2.9
Ecochillers

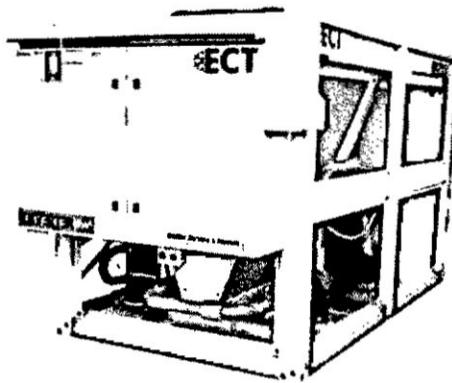


Fuente: EcoChillers, 2017.

Existen diversos tipos de chillers, como son los siguientes:

Chillers tipo Scroll enfriados por Aire. Estos tienen un rango de capacidad de 10 a 150 Ton. operan con HCFC-22, HFC 407C y HFC 410a utilizando compresores tipo scroll que proveen una alta eficiencia, bajo ruido, tolerancia al líquido insuperable, así como gran confiabilidad. Estos equipos enfriadores son controlados también por el Centro de Control Millennium amigable para el usuario con opción a Hydro Kit que incluye bomba de agua (1 o 2) y tanque de expansión contenidos dentro de la unidad (ver Figura 2.10).

FIGURA 2.10
Chillers tipo scroll enfriados por aire

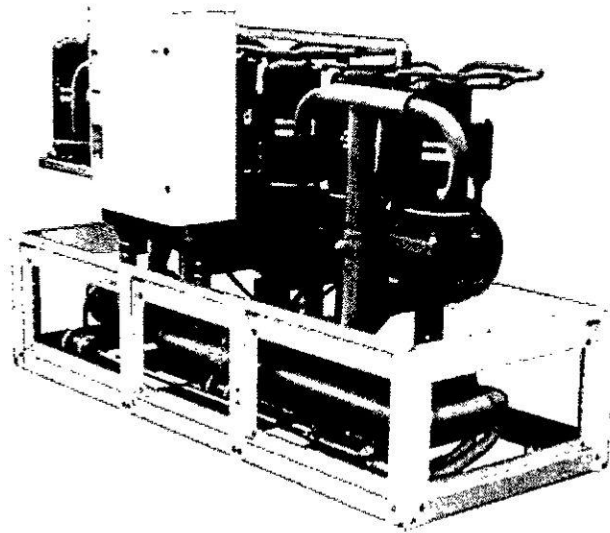


Fuente: EcoChillers, 2017.

Chillers tipo Scroll enfriados por Agua. Son de alta eficiencia, de bajos costos de operación e instalación, proporcionan un bajo nivel de ruido y una excelente comunicación a través de su control microprocesador con display de 40 caracteres

disponible. Cuenta con 5 idiomas para una fácil operación y mantenimiento, son ideales para múltiples aplicaciones ya que están diseñados para operar en un amplio rango de condiciones (ver Figura 2.11).

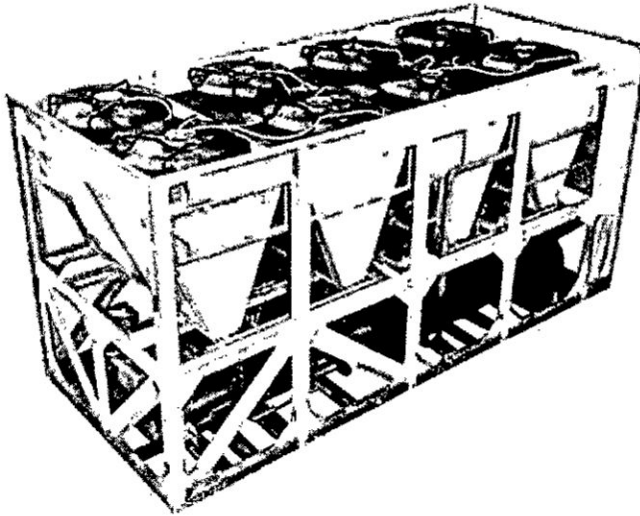
FIGURA 2.11
Chillers tipo scroll enfriados por agua.



Fuente: EcoChillers, 2017.

Chillers tipo Tornillo enfriados por Aire. Estos proporcionan una elevada eficiencia operacional y un nivel silencioso de operación, están disponibles para capacidades de 150 a 550 TR, proporcionando eficiencia 10.3 SEER en carga plena y 15.2 SEER en carga parcial, utilizan gas refrigerante ecológico HFC-134 a y un 50% menos piezas móviles de que los compresores tradicionales. Estos equipos cuentan con la tecnología del variador de velocidad para controlar la capacidad de los compresores, permitiendo el mejor desempeño del mercado en este tipo de equipos, aseguran un factor de potencia de 0.95 a cualquier capacidad y evitan los picos de energía al arranque de los compresores que nunca exceden del 100% de su FLA (ver Figura 2.12).

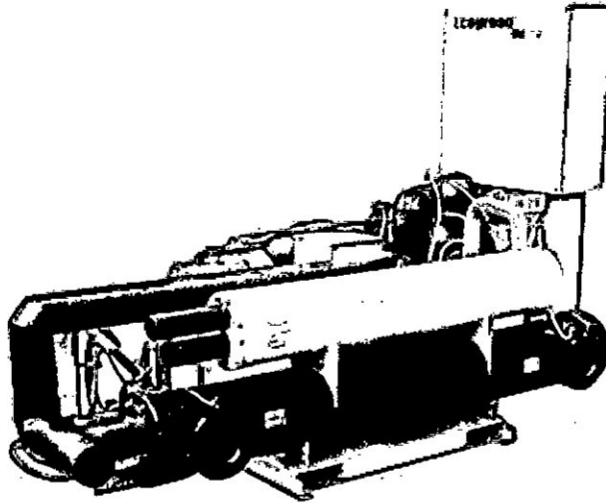
FIGURA 2.12
Chillers tipo tornillo enfriados por aire.



Fuente: EcoChillers, 2017.

Chillers tipo Tornillo enfriados por Agua. Estos proporcionan los niveles de sonido más bajos del mercado que se conocen para los chillers de tornillo. Tienen niveles de sonido de sólo 79 DBA sin ningún accesorio y de 68 DBA con las cubiertas para sonido, utilizan el refrigerante HFC-134a que tiene un potencial de agotamiento de la capa de ozono igual a cero y su diseño permite una sustentabilidad a largo plazo con la mínima pérdida de refrigerante. Las mejoras a los compresores de Frick de la unidad han reducido las pérdidas del sistema, mejorando la eficacia para los ahorros máximos de la energía en el diseño. El chiller está diseñado con un panel de control avanzado que ofrece una navegación simple en varios idiomas múltiples y una interfaz incorporada que se comunica con la mayoría de los sistemas de automatización de edificios (ver Figura 2.13).

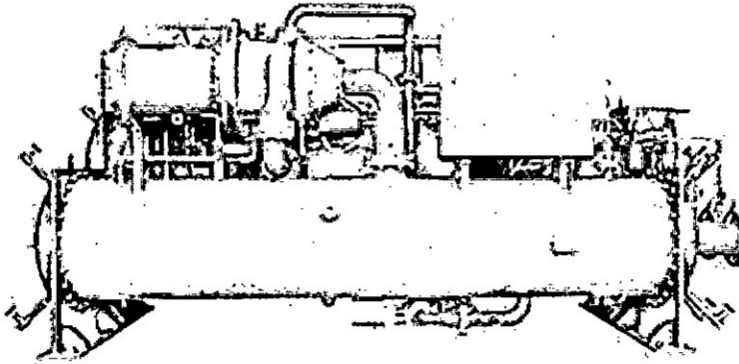
FIGURA 2.13
Chillers tipo tornillo enfriados por agua.



Fuente: EcoChillers, 2017.

Chillers tipo Centrifugo enfriados por Agua. Estos operan con una máxima eficiencia tanto para carga plena como para carga parcial, considerando que el 99% del tiempo los equipos trabajan a cargas parciales optimizando como consecuencia el consumo de energía eléctrica. Estos chillers cuentan con el panel de control más avanzado del mercado, logrando una operación, registro y monitoreo totalmente amigables con los usuarios (ver Figura 2.14).

FIGURA 2.14
Chillers tipo centrífugo enfriados por agua.

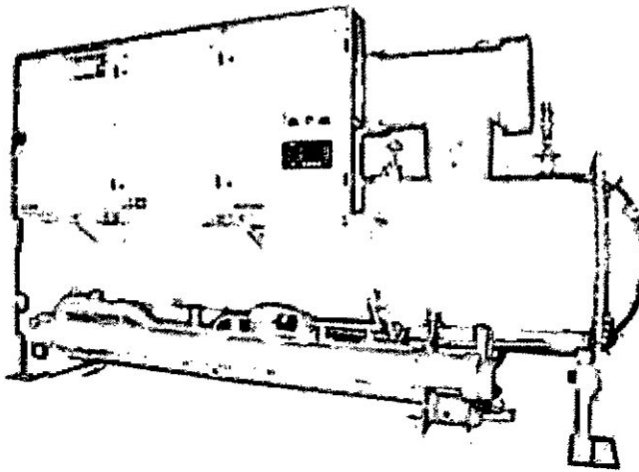


Fuente: EcoChillers, 2017.

Chillers tipo Absorción enfriados por Agua. Estos emplean agua como refrigerante ecológico y suministran una fuente económica de refrigeración cuando existe la posibilidad de emplear vapor de baja presión o agua caliente. Sus capacidades van de las 100 a las 1,400 Ton. Si se cuenta con un sistema residual de vapor de descarga o de agua caliente proveniente de un sistema de refrigeración de

motor o proceso co-generativo, puede ser utilizado por un enfriador de agua de absorción Millenium de una sola etapa para obtener una refrigeración gratuita³ (ver Figura 2.15).

FIGURA 2.15
Chillers tipo absorción enfriados por agua



Fuente: EcoChillers, 2017.

2.5. El tratamiento de aguas para calderas y equipos chiller

Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera, son los siguientes:

- **pH.** El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- **Dureza.** La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera.
- **Oxígeno.** El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.
- **Hierro y cobre.** El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.

³ <https://ecochillers.net/que-es-un-chiller.html>

- **Dióxido de carbono.** El dióxido de carbono al igual que el oxígeno, favorecen la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno. La corrosión en las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO₂ se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico. La corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.
- **Aceite.** El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.
- **Fosfato.** El fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- **Sólidos disueltos.** Los sólidos disueltos la cantidad de sólidos (impurezas) disueltas en el agua.
- **Sólidos en suspensión.** Los sólidos en suspensión representan la cantidad de sólidos (impurezas) presentes en suspensión (no disueltas) en el agua.
- **Secuestrantes de oxígeno.** Los secuestrantes de oxígeno corresponden a productos químicos (sulfitos, hidrazina, hidroquinona, etc.) utilizados para remover el oxígeno residual del agua.
- **Sílice.** La sílice presente en el agua de alimentación puede formar incrustaciones duras (silicatos) o de muy baja conductividad térmica (silicatos de calcio y magnesio).
- **Alcalinidad.** Representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación es importante, ya que, representa una fuente potencial de depósitos.
- **Conductividad.** La conductividad del agua permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua.

2.5.1 Requerimientos de Agua de Alimentación y Caldera

Sobre la base de las recomendaciones de la Norma Británica BS – 2486, la ABMA (American Boiler Manufacturing Association) y el TÜV, se han preparado las siguientes tablas que muestran los requerimientos que deberá satisfacer el agua de alimentación y el agua de una caldera para prevenir incrustaciones y corrosión en calderas de baja presión (hasta 10 bar).

TABLA 2.2**Requerimientos de agua de alimentación a calderas de vapor según BS 2486**

PARÁMETRO	VALOR REQUERIDO
Dureza total	< 2 ppm
Contenido de oxígeno	< 8 ppb
Dióxido de carbono	< 25 mg/l
Contenido total de hierro	< 0,05 mg/l
Contenido total de cobre	< 0,01 mg/l
Alcalinidad total	< 25 ppm
Contenido de aceite	< 1 mg/l
pH a 25 °C	8.5 – 9.5
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles.

Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

TABLA 2.3**Requerimientos de agua a caldera según BS 2486.**

PARÁMETRO	VALOR RECOMENDADO
pH a 25 °C	10.5 - 11,8
Alcalinidad Total CaCO ₃	<700 ppm
Alcalinidad Cáustica	> 350 ppm
Secuestrantes de Oxígeno:	
D Sulfito de Sodio	30 – 70 ppm
D Hidrazina	0.1 – 10 ppm
D Taninos	120 – 180 ppm
Fosfato Na ₃ PO ₄	30 - 60 mg/l
Hierro	<3.0 ppm
Sílice	150 ppm
Sólidos disueltos	<3500 ppm
Sólidos en suspensión	< 200 ppm
Conductividad	< 7000 uS/cm
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles.

Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

2.5.2 Problemas más Frecuentes

A continuación, se describen los problemas, asociados al tratamiento de agua, encontrados con mayor frecuencia en las calderas.

a. Corrosión.

Las principales fuentes de corrosión en calderas son la Corrosión por Oxígeno o "Pitting" y la Corrosión Cáustica. A continuación, se describe en que consiste cada uno de estos tipos de corrosión, cuáles son los factores que la favorecen, que aspecto tiene y de qué manera pueden ser prevenidas.

1. Corrosión por Oxígeno o "Pitting"

La corrosión por oxígeno consiste en la reacción del oxígeno disuelto en el agua con los componentes metálicos de la caldera (en contacto con el agua), provocando su disolución o conversión en óxidos insolubles. Los resultados de este tipo de corrosión son tubérculos de color negro, los que se forman sobre la zona de corrosión, tal como lo muestra la figura 2.16

FIGURA 2.16
Corrosión por oxígeno o "pitting".



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

Dado que la corrosión por oxígeno se produce por la acción del oxígeno disuelto en el agua, esta puede producirse también cuando la caldera se encuentra fuera de servicio e ingresa aire (oxígeno).

La prevención de la corrosión por oxígeno se consigue mediante una adecuada desgasificación del agua de alimentación y la mantención de un exceso de secuestrantes de oxígeno en el agua de la caldera.

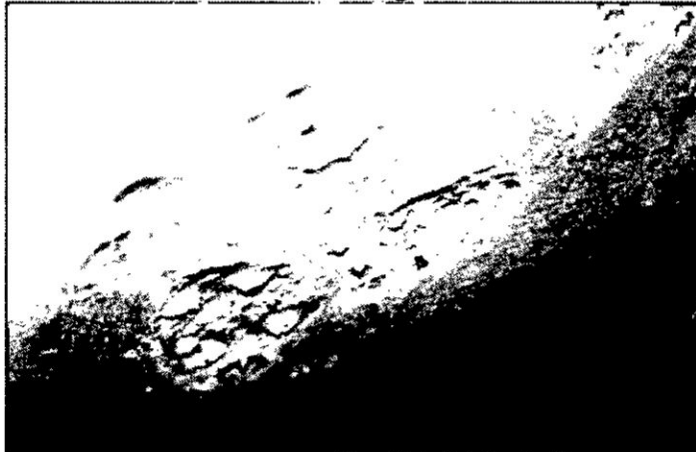
2. Corrosión Cáustica.

La corrosión cáustica se produce por una sobre concentración local en zonas de elevadas cargas térmicas (fogón, cámara trasera, etc.) de sales alcalinas como la soda cáustica.

Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de cavidades profundas, semejantes al "pitting" por oxígeno, rellenas de óxidos de color negro, presentes solamente en las zonas de elevada liberación térmica (fogón, placa trasera y cámara trasera) de una caldera.

La corrosión cáustica puede ser prevenida manteniendo la alcalinidad, OH libre y pH del agua de la caldera dentro de los límites recomendados en el punto 2.5.2.

FIGURA 2.17
Corrosión cáustica en fogón de una caldera.



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

3. Corrosión Líneas Retorno Condensado

Las líneas de retorno de condensado, lógicamente no forman parte de una caldera, sin embargo, su corrosión tiene efectos sobre las calderas y puede ser prevenida con el tratamiento de agua.

La corrosión de las líneas de retorno de condensado tiene efectos sobre una caldera, ya que, los óxidos (hematita) producidos son arrastrados a la caldera con el agua de alimentación. Toda caldera cuyo lado agua tiene un color rojizo presenta problemas de corrosión en las líneas de retorno de condensado. La corrosión en las líneas de retorno de condensado se produce por la acción del ácido carbónico que en éstas se forma.

La prevención de la corrosión en las líneas de retorno de condensado, puede ser conseguida mediante aminas neutralizantes que neutralizan la acción del ácido carbónico y aminas filmicas que protegen las líneas.

Estas aminas son volátiles por lo que, al ser dosificadas a las líneas de alimentación de agua, son arrastradas por el vapor producido en la caldera.

b. Incrustaciones

Las incrustaciones corresponden a depósitos de carbonatos y silicatos de calcio y magnesio, formados debido una excesiva concentración de estos componentes en el agua de alimentación y/o regímenes de purga insuficientes.

En la figura 2.18 es posible observar la corrida superior de los tubos de humo de una caldera con incrustaciones de espesores superiores a los 8 mm.

La acción de dispersantes, lavados químicos o las dilataciones y contracciones de una caldera pueden soltar las incrustaciones, por lo que deben ser eliminadas de una caldera muy incrustada para prevenir su acumulación en el fondo del cuerpo de presión, tal como lo muestra la figura 2.19

En el caso de que estas incrustaciones no sean removidas, se corre el riesgo de embancar la caldera y obstruir las líneas de purga de fondo, con lo que el problema puede tornarse aún más grave.

FIGURA 2.18
Incrustaciones en tubos de humo.



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

La presencia de incrustaciones en una caldera es especialmente grave debido a su baja conductividad térmica actúa como aislante térmico, provocando problemas de refrigeración de las superficies metálicas y puede llegar a causar daños por sobrecalentamiento.

En la figura 2.19 se muestra el efecto del espesor de la capa de incrustaciones de una caldera, en la temperatura del metal. A medida que aumenta el espesor de la capa de incrustaciones, para un mismo flujo de calor, aumenta la temperatura del metal.

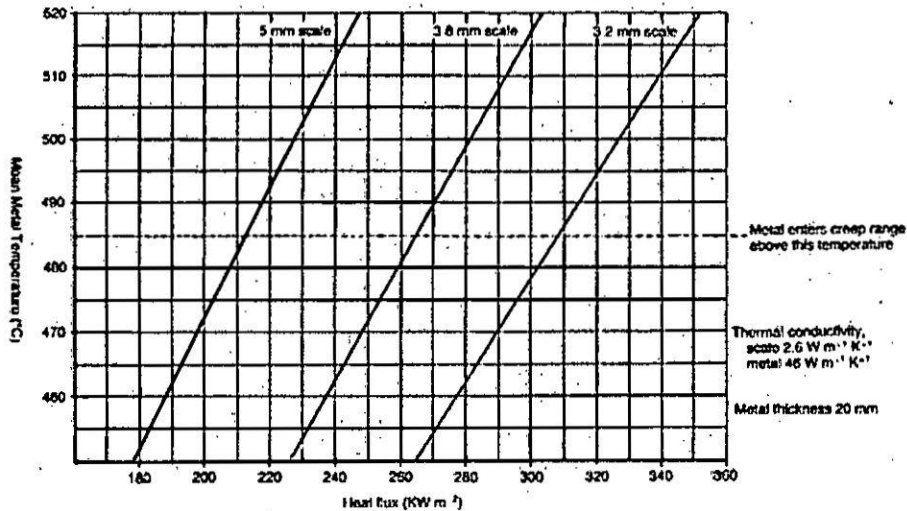
FIGURA 2.19
Acumulación incrustaciones en fondo cuerpo presión caldera.



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

La formación de incrustaciones en una caldera puede ser prevenida, satisfaciendo los requerimientos del agua de alimentación y agua de la caldera incluidos en el punto 2.5.1, tratando el agua de alimentación y manteniendo adecuados regímenes de purga.

FIGURA 2.20
Efecto de incrustaciones y flujo de calor en la temperatura del metal



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

c. Arrastre de Condensado

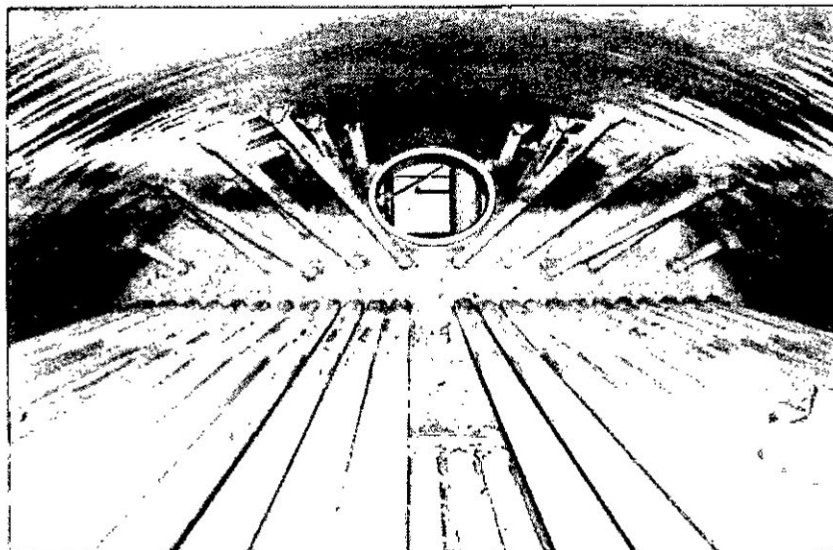
El arrastre de condensado en una caldera tiene relación con el suministro de vapor húmedo (con gotas de agua). El suministro de vapor húmedo puede tener relación con deficiencias mecánicas y químicas.

Las deficiencias mecánicas tienen relación con la operación con elevados niveles de agua, deficiencias de los separadores de gota, sobrecargas térmicas, variaciones bruscas en los consumos, etc.

Por otro lado, las deficiencias químicas tienen relación con el tratamiento de agua de la caldera, específicamente con excesivos contenidos de alcalinidad, sólidos totales (disueltos y en suspensión) y sílice, que favorecen la formación de espuma.

FIGURA 2.21

Arrastre de condensado por excesiva concentración de sólidos



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

Para prevenir el arrastre debido a deficiencias en el tratamiento de agua, se recomienda mantener los siguientes límites de los contenidos de alcalinidad, sólidos totales y sílice:

- Alcalinidad total (CaCO_3) < 700 ppm
- Contenido de sílice (SiO_2) < 150 ppm
- Sólidos disueltos < 3500 ppm

En la figura N° 2.21 se muestran una vista interior de la cámara de vapor de una caldera, en cuyas paredes se nota la irregularidad del nivel de agua provocada por un excesivo contenido de sólidos en el agua.

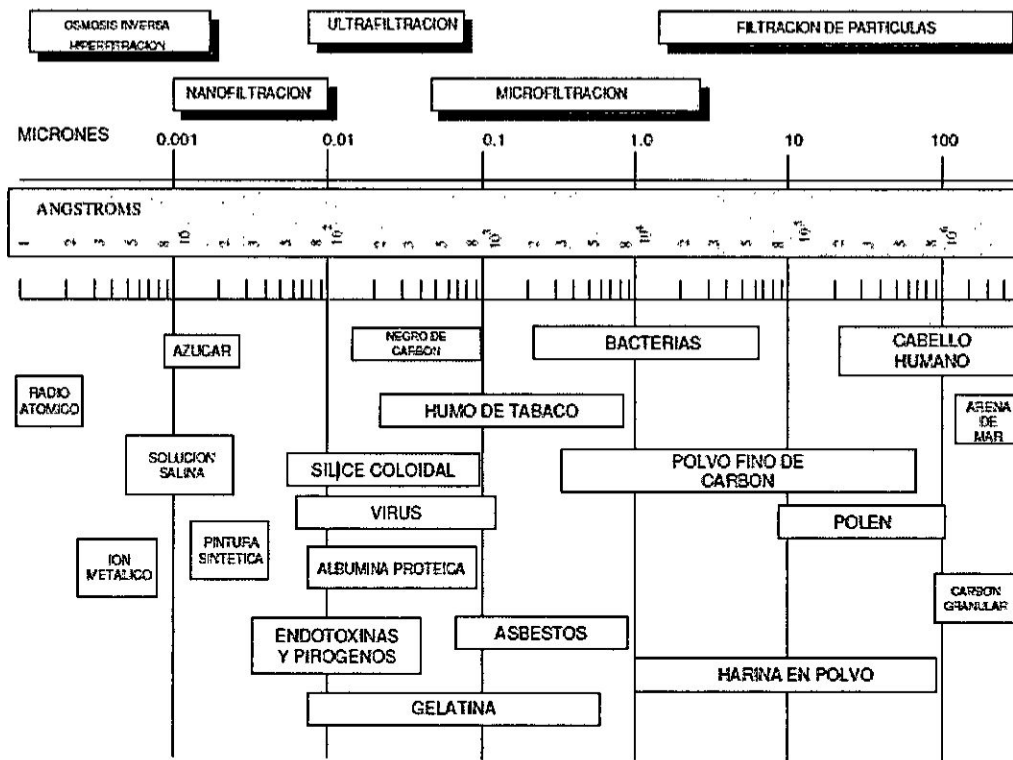
2.6. Las operaciones de filtrado con el tratamiento de aguas

sistemas de filtración en medios no granulares

La filtración en medios no granulares es hoy en día una de las técnicas con mayores posibilidades de aplicación y de desarrollo. Este tipo de filtración consiste en hacer pasar un líquido o fluido a través de una superficie porosa o de una membrana depositada sobre un soporte sólido.

Para una mejor clasificación de los diferentes sistemas de filtración consideremos el espectro de filtración representado en la Figura 2.22.

FIGURA 2.22
Tipos de filtración según su clasificación por tamaño.



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

Filtración de Partículas: de 1 a 1000 μ

Microfiltración: de 0.04 a 2 μ

Ultrafiltración: de 0.05 a 0.1 μ

Nanofiltración: de 10 a 100 Å

Ósmosis inversa: (Hiperfiltración): de 1 a 10 Å

1 m=micrón=10,000 Å=10⁻⁶ mts=0.0001 cm=0.001 milímetros

Filtración de partículas: En la filtración de partículas convencionalmente se han empleado medios tales como: lechos de grava y arena, filtros de diatomáceas y filtros de materiales como tela y lona.

En estos sistemas de filtración, simplemente por el efecto de la gravedad o por la aplicación de un gradiente de presión, el fluido a tratar es forzado a pasar a través del medio poroso. En su paso por dicho medio, el sólido es retenido en la superficie del material filtrante y el fluido pasa a través del medio hasta un punto de colección de donde es conducido a un siguiente paso de tratamiento o se consume directamente.

Filtros de sedimentos: Los filtros no granulares operan de una forma similar a como ocurre en los filtros de grava y arena, y el agua o fluido a filtrar pasa por el medio y las partículas suspendidas se separan del líquido filtrado al ser retenidas en la superficie del medio filtrante.

En la filtración en medios no granulares, se emplean películas o aglomerados sintéticos soportados sobre una estructura sólida. Las partículas que no tengan un tamaño lo suficientemente grande para ser atrapados por la estructura del material filtrante, pasan con el fluido y salen con el producto.

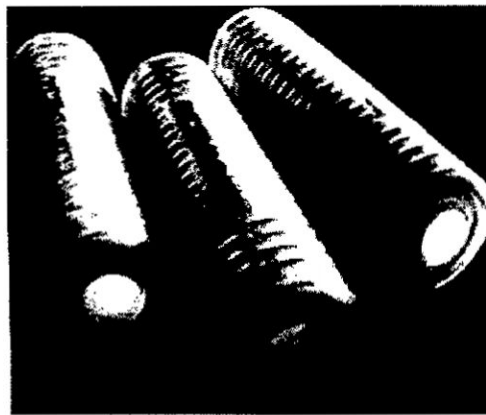
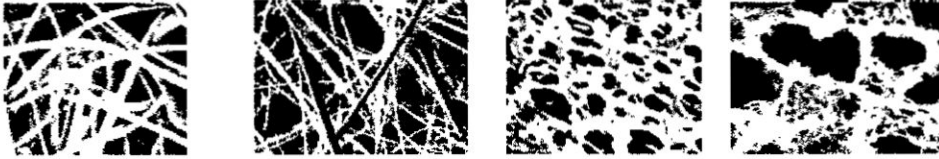
A este tipo de filtros les llamaremos filtros de sedimentos, ya que esencialmente su función es remover partículas suspendidas presentes en el agua o líquido que se filtra.

Comercialmente se dispone de estos filtros cuya estructura del material filtrante tiene poros o aberturas de un cierto tamaño. Se pueden conseguir filtros de sedimentos en un rango de 1 a 100 micrones de diámetro en el poro y el material del elemento filtrante pueden ser fibras de policarbonato o una película de celulosa. También los hay de material de tela y lona o de un aglomerado de celulosa.

En la operación de un filtro de este tipo, eventualmente la superficie del material se satura con sólidos y el flujo de agua producida disminuye y si se incrementa la presión en el filtro la calidad de agua producida se deteriora. En este punto, el filtro puede lavarse manualmente, y es posible recuperar la capacidad del elemento filtrante en un 70-90% de la condición original, pero después de una serie de ciclos de saturación y lavado, finalmente el elemento filtrante tiene que cambiarse por uno nuevo. (Figura 2.22).

Si la calidad de producto es determinante, necesariamente se tendrá que cambiar el filtro en cuanto se tengan condiciones cercanas al punto de saturación, o en forma periódica de acuerdo a la experiencia que se adquiriera.

FIGURA 2.23
Elementos de filtración.

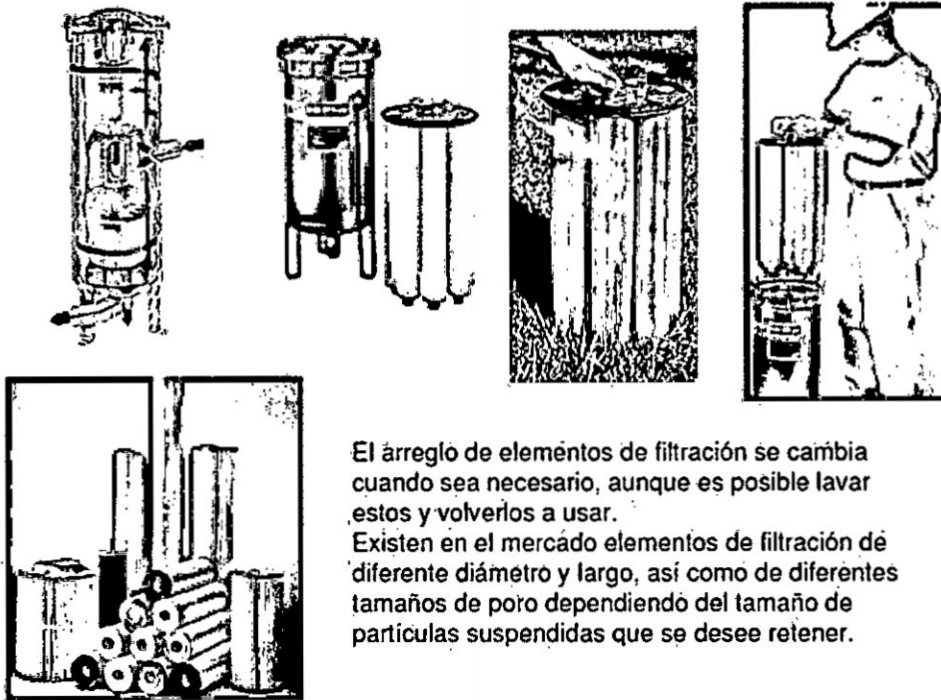


Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

Una gran ventaja de este sistema de filtración es que se requiere de un espacio mínimo por unidad de área de filtración. En un filtro abierto o de gravedad la relación Gasto/Área G/A es de 1 a 4 $\text{mts}^3/\text{mt}^2 \cdot \text{dia}$ (0.7 a 2.8 $\text{lts}/\text{min} \cdot \text{mt}^2$). En un filtro cerrado o a presión, esta misma relación es de 100 a 200 $\text{mts}^3/\text{mt}^2 \cdot \text{dia}$ (70 a 140 $\text{lts}/\text{min} \cdot \text{mt}^2$). En un filtro de membranas se pueden manejar flujos de 300 a 700 $\text{mts}^3/\text{mt}^2 \cdot \text{dia}$ (210 a 490 $\text{lts}/\text{min} \cdot \text{mt}^2$).

Si comparamos un filtro de arena de 2 pies (0.60 mts) de diámetro, se tendrá un área de filtración de 0.283 mts^2 . Un filtro de diámetro similar podría acomodar 20 cartuchos de 30" de largo y 2.5" de diámetro, lo cual daría un área de filtración por cartucho de 0.152 mts^2 y un área total de 3.04 mts^2 , la cual es casi 11 veces mayor al área de filtración disponible en un filtro de arena, adicionalmente, un metro cuadrado de área de filtración de un cartucho de sedimentos de este tipo puede manejar un flujo de agua mucho mayor al equivalente en un filtro de grava y arena.

FIGURA 2.24
Filtro de cartuchos tipo membrana



El arreglo de elementos de filtración se cambia cuando sea necesario, aunque es posible lavar estos y volverlos a usar. Existen en el mercado elementos de filtración de diferente diámetro y largo, así como de diferentes tamaños de poro dependiendo del tamaño de partículas suspendidas que se desee retener.

Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

Comparando los filtros de membrana para filtración de partículas con filtros de gravedad o a presión se tienen las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- La filtración en este tipo de medios proporciona un mejor control sobre la calidad del filtrado ya que el tamaño de partículas retenidas es más uniforme y eficiente en las paredes del material filtrante.
- A igual capacidad o área de filtración, el costo de inversión es mucho menor en un filtro de membranas que en un filtro de grava y arena o en un filtro de gravedad.
- En un filtro de membranas es posible cambiar éstas de un tamaño de poro a otro diferente en una forma rápida y sencilla. Esto es sumamente conveniente cuando se desea mejorar la calidad del filtrado, prolongar la vida útil de los cartuchos, etc.
- Las dimensiones de un filtro a presión o un filtro abierto, son mucho mayores a las que tiene un filtro de cartuchos de igual capacidad, por lo que, si el espacio es limitado, ésta es una buena opción.

- La instalación y la operación del filtro es mucho más sencilla que un filtro granular, además de que es más económica.

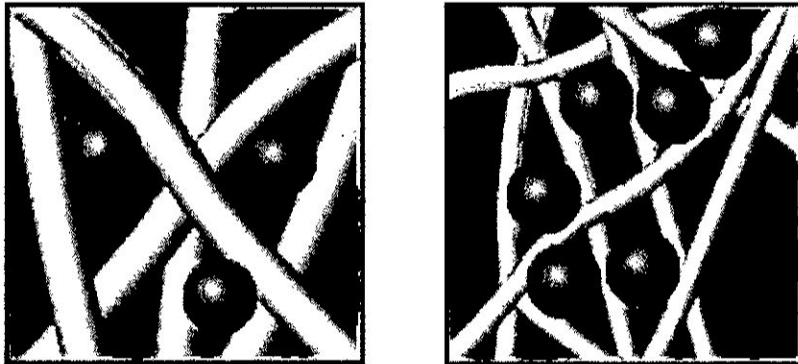
Desventajas:

- En un filtro de membranas se puede tener un retrolavado, pero no es posible regresar la membrana a su condición original, ya que las partículas sólidas se adhieren firmemente a las paredes de la membrana. En un filtro de arena un retrolavado si es mucho más eficiente.
- El costo de inversión es bajo comparado con un filtro de arena, pero la reposición de las membranas, la cual debe hacerse con mayor o menor regularidad, implica un gasto de operación.

Para aspectos prácticos un filtro de sedimentos para remoción de partículas, consiste de un arreglo de cartuchos dispuestos en una estructura común, la cual está dentro del cuerpo de lo que es propiamente el filtro. El agua o líquido a filtrar es forzado a pasar a través de las membranas por medio de una bomba quedando retenidos los sólidos en la superficie del cartucho y el líquido filtrado se conecta en una tubería de salida.

Este tipo de filtración es sumamente conveniente para tratamiento y acondicionamiento de aguas de un bajo contenido de sólidos en suspensión, si no así, es más conveniente el empleo de sistemas de filtración convencionales como lo es el filtro de grava y arena. Sus posibles aplicaciones son, por ejemplo: filtración de agua de albercas, clarificación de aguas potables, remoción de sólidos residuales en aguas de proceso industrial, etc.

FIGURA 2.25
Proceso de microfiltración para retención de sólidos suspendidos



En microfiltración y filtración de partículas, los sólidos suspendidos quedan atrapados y son retenidos en la estructura del elemento de filtración. Lo compacto de la estructura que retiene los sólidos determina el tamaño de partículas que serán retenidas en el filtro. Cuanto mayor sea el grado de compactación de las fibras que retienen los sólidos, mayor es la saturación del filtro y deberá limpiarse o cambiarse con mayor frecuencia.

Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

2.6.1 Microfiltración y ultrafiltración:

La microfiltración (MF) y ultrafiltración (UF) son métodos de filtración en membrana, en los cuales se utilizan películas con diámetro de poros más pequeños que los empleados en filtros de sedimentos para filtración de partículas. Estas películas son de diferentes materiales tales como: nylon, microfibras de polietileno, microfibras de vidrio, polipropileno, etc.

El mecanismo de remoción de partículas sólidas en el agua es similar al que ocurre en la separación sólido/líquido en un filtro de partículas: la membrana retiene al sólido y el líquido pasa a través de la película de donde es colectado y enviado a un punto de colección.

El rango de separación de sólidos en suspensión para la MF es de 0.04 a 2 m y en la UF el rango de retención de partículas es de 0.005 a 0.1m.

Los sistemas de filtración de este tipo de separación sólido/líquido son similares a los que existen para filtración de partículas. El conjunto de membranas o de cartuchos está dispuesto en una base común, y ésta base se encuentra dentro de

un recipiente. El líquido a filtrar es forzado a pasar a través de las membranas por medio de la presión que se ejerce en una bomba. También es posible tener una sola membrana dentro de un portafiltro y esto se emplea cuando el volumen de agua o líquido a filtrar no es muy grande.

2.6.2 Nanofiltración e hiperfiltración:

Nanofiltración: La nanofiltración (NF) es una técnica de remoción parcial de sólidos disueltos contenidos en el agua. En la MF y UF es posible remover sólidos en suspensión (partículas) de tamaño coloidal, bacterias y virus. En la NF es posible separar elementos y moléculas de tamaño aún menor (sólidos disueltos).

La nanofiltración se lleva a efecto en membranas que tienen poros de diámetro del orden de los 10 a los 100 Å (0.01-0.001 m). En membranas de este diámetro es posible separar del agua material orgánico y sustancias que le imparten color y que son precursoras de la formación de trihalometanos (THM) cuando el agua se desinfecta por cloración

Con el uso de membranas de NF también es posible separar calcio Ca^{+2} y magnesio Mg^{+2} los cuales causan dureza en el agua. Esto es una gran ventaja ya que no se requiere del uso de reactivos químicos, lo cual si es necesario en los sistemas tradicionales de ablandamiento de aguas.

Los iones sodio Na^{+} y cloruro Cl^{-} , son de menor tamaño que los iones calcio y magnesio, por lo que si estos atraviesan la membrana y aparecen en el agua o líquido filtrado.

Ósmosis inversa: Consideremos un sistema tal como el representado en la figura 5. Si tenemos dos soluciones, una de ellas con un contenido alto de sales disueltas (A) y otro con un contenido menor de dichas sales (B), separadas ambas soluciones por medio de una membrana semipermeable (una membrana que permita el paso del líquido, pero no el sólido disuelto), se presentará un fenómeno que se conoce como ósmosis.

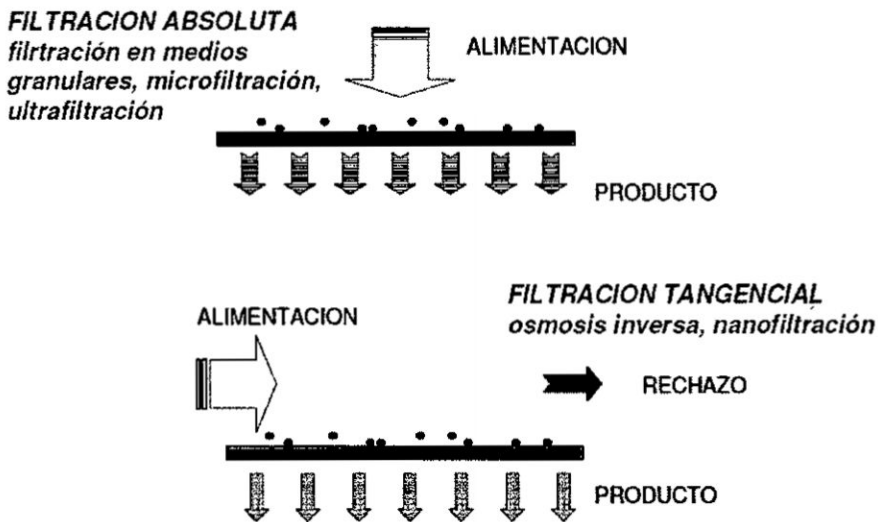
La solución de menor contenido de sales disueltas tenderá a difundirse a través de la membrana de separación pasando al comportamiento de solución de alto

contenido de sales, para de esta manera tratar de equilibrar la concentración en sales en ambos lados de la cámara del sistema.

Este flujo de la región de menor concentración en sales a la región de mayor contenido de sólidos disueltos se presenta por efecto de una fuerza impulsora que se conoce como presión osmótica. Cuanto mayor sea la diferencia en contenido de sales solubles de las dos secciones, mayor es la presión osmótica ejercida y el equilibrio se establece cuando hay una diferencia de niveles en los compartimentos y esta diferencia de niveles es equivalente a la presión osmótica original.

FIGURA 2.26

Filtración absoluta y filtración tangencial



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

Si del lado B se ejerce una presión (P_{ap} =Presión aplicada) mayor a la presión osmótica natural, ocurrirá un flujo de agua a través de la membrana pasando de la región de menor concentración a una región de mayor concentración en sales. Esto aplicado a aspectos prácticos, significa que es posible producir agua de alta pureza colocando una membrana para separar agua de alto y bajo contenido de sales, y al mismo tiempo ejerciendo una presión lo suficientemente alta para vencer la presión osmótica natural y la resistencia al flujo que ofrece la membrana.

En ósmosis inversa se hace fluir agua a presión a través de una película o membrana produciendo agua de alta pureza en una sección de la membrana y en una segunda sección de la membrana se queda agua con un mayor contenido de

sales. Cuanto mayor es la cantidad de sales en la solución concentrada, mayor es la presión osmótica que se tiene que vencer, por lo que es más conveniente estar purgando continuamente esta agua que acarrea las sales y así se tiene lo que se conoce como rechazo.

2.6.3 Tipos de membranas:

Inicialmente se emplearon membranas de acetato de celulosa, pero éstas son degradadas por bacterias por lo que el agua a tratar deberá estar libre de microorganismos y deberán protegerse del medio exterior con biocidas adecuados para proteger las membranas del ataque microbiano.

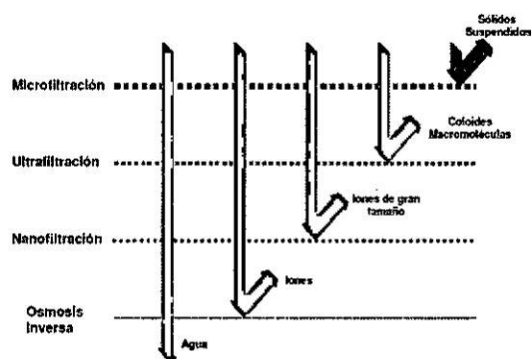
Además de este inconveniente se tiene una baja producción de agua por unidad de área de las membranas y se requiere de muy altas presiones para la operación del sistema.

La necesidad de tener mayores flujos de agua tratada producida a menores presiones de operación ha conducido a un desarrollo constante de unas nuevas membranas. Uno de los primeros logros en este sentido fue la producción de una membrana mixta a partir de poliamida y polisulfona. A este tipo de membranas se les llama membranas de tipo TFC (Thin Film Composite), que traducido al español podría ser membranas mixtas de capa fina.

Las membranas TFC dan mucho mayores volúmenes de producción a menores presiones aplicadas y con una mejor calidad del agua producida, pero su desventaja es que es susceptible al ataque químico, especialmente por los agentes oxidantes como el cloro, por lo que el agua que se alimenta a un equipo de ósmosis inversa con membranas de este tipo, deberá declorarse completamente o de lo contrario la membrana de daña irreversiblemente.⁴

⁴ <http://norese.com/publicaciones/Tratamiento%20Agua%20Calderas.pdf>

FIGURA 2.27
Diferentes tipos de filtración en membrana



Fuente: Arnulfo Oelker Behn 2017

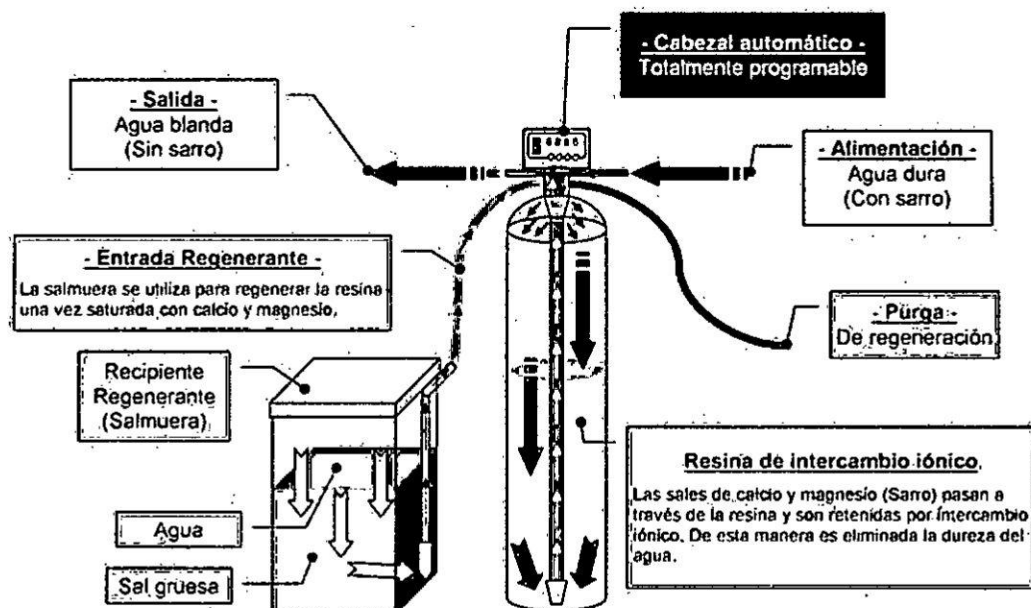
2.7. Equipos ablandadores de agua y sus características técnicas

El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que hacen a un agua ser dura, en la mayoría de los casos iones de calcio y magnesio. En algunos casos iones de hierro también causan dureza del agua. Iones de hierro pueden también ser eliminados durante el proceso de ablandamiento. El mejor camino para ablandar un agua es usar una unidad de ablandamiento de aguas y conectarla directamente con el suministro de agua.

Un ablandador de agua es un equipo que se utiliza para ablandar el agua, eliminando los minerales que hacen a dicha agua ser dura.

El ablandador de agua se empaqueta con cuencas de resina. El agua dura con calcio y magnesio corre a través de esta resina, y en un proceso denominado "intercambio iónico", los iones duros del agua intercambian sus posiciones con los iones blandos que se encuentran en las cuencas de resina. El resultado es un agua blanda (ver Figura 2.28).

FIGURA 2.28
Equipo ablandador de agua



Fuente: EcoChillers, 2017.

Tipos de descalcificadores

Mecánicos. Los equipos de osmosis inversa funcionan haciendo pasar el agua a través de una membrana semipermeable al aplicar altas presiones. El agua pura atraviesa la membrana dejando atrás todas las partículas minerales e impurezas. La presión está determinada por la clase de membrana que se esté utilizando.

Estos equipos son diseñados para purificar el agua de beber. La constante limpieza de las membranas y la baja capacidad de producción de agua los hace poco prácticos para el consumo total de una vivienda. Aunque existen versiones industriales para manejo de grandes caudales.

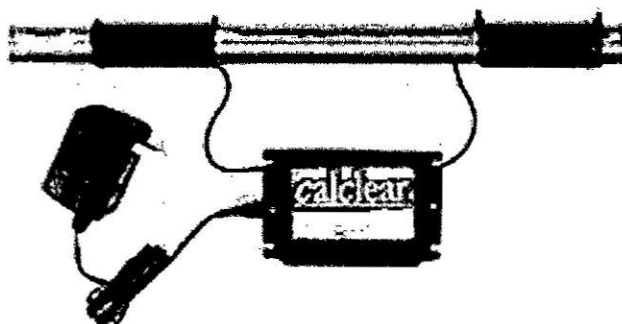
Químicos. El agua se hace circular por un racor con zeolita (un compuesto químico de sales de sodio o potasio). Los iones de calcio y magnesio reemplazan los iones de sodio o potasio. El sodio o potasio liberado no se adhiere a las paredes de las tuberías ni reacciona con el jabón, solucionando ambos problemas.

Después de un tiempo el sodio es reemplazado completamente por calcio o magnesio y deja de suavizar el agua. En este momento es necesario reemplazar el cartucho o las pastillas de zeolita por unas nuevas. Existen equipos que permiten hacer una regeneración química de la zeolita.

Eléctricos. Desde hace unos años existen en el mercado unos aparatos electrónicos que aseguran tratar el agua para evitar las formaciones de calcio en las tuberías. Según los distribuidores, el efecto se genera creando un fuerte campo magnético que atraviesa la tubería por donde circula el agua que se quiere tratar. Los impulsos de este campo magnético afectan los cristales de calcio modificando su estructura molecular para que se mantengan en suspensión y no se fijen a las paredes de las tuberías (ver Figura 2.7.2).

No está comprobada científicamente la eficacia de estos aparatos, aunque se siguen comercializando. Los certificados y homologaciones de estos equipos se refieren únicamente a la seguridad y la estandarización de las conexiones, no al funcionamiento.

FIGURA N° 2.29
Descalcificador de uso doméstico instalado en tubería de cobre



Fuente: EcoChillers, 2017.

Catalíticos. Existen en el mercado productos que dicen suavizar el agua mediante un método que denominan catalítico. El mecanismo de acción descrito por los fabricantes es el de un efecto basado en la aleación especial de metales utilizada en los dispositivos, así como en la turbulencia y los cambios de presión causado por el diseño especial del equipo. Aprovechando el aumento del pH generado por la aleación para inducir la precipitación del carbonato de calcio en el seno del agua en forma de cristales estables de aragonito de muy pequeño tamaño {menor a 0.5 μm) el equipo actúa como un catalizador. De esta forma, los "coloides" formados no tienen posibilidad de depositarse y formar incrustaciones ni de aglutinarse entre ellos por lo que son arrastrados por el flujo de agua pasando inofensivamente por equipos y cañerías, teniendo el efecto secundario de desincrustar los depósitos de sarro ya formados.

Sin embargo, el mecanismo de acción descrito es causa de controversia, pues el proceso de acción no es claro desde el punto de vista químico y es por tanto señalado como un producto fraudulento.

2.8. Acondicionamiento Hidráulico para el suministro de calderas y chiller

2.8.1 Acondicionamiento hidráulico de Agua Caliente Sanitaria

En este apartado se analizan los componentes básicos de las instalaciones para producción de ACS centralizada, destacando las características principales que se debe tener en cuenta para su selección.

a. Intercambiadores

Con el fin de conservar las características sanitarias deben existir elementos que separen el agua de las calderas del agua de consumo; estos son los intercambiadores.

Los intercambiadores son de dos tipos: tubulares y de placas.

1. Intercambiadores tubulares

Constan de un haz tubular por el interior del cual discurre el agua caliente primaria (calentada mediante calderas), colocado en el interior de una carcasa cilíndrica, por la que circula el agua a calentar (secundario ACS); el volumen de este cilindro es muy pequeño.

Habitualmente el haz tubular, o serpentín, se coloca en el interior de un depósito de acumulación, formando los denominados interacumuladores.

Considerando que el material no debe afectar a las características de potabilidad del agua, estos intercambiadores por lo general son de acero inoxidable.

2. Intercambiadores de placas

Un intercambiador de placas está compuesto por:

- Conjunto de placas y juntas.
- Placa fija.
- Placa móvil.
- Guía de alineamiento.

La placa representa la superficie de intercambio térmico y es la esencia de este tipo de intercambiadores; la misma se obtiene por estampación en frío de una chapa metálica de espesor homogéneo.

El diseño de corrugación de las placas determina sus características de transmisión de calor; cuando el intercambiador se cierra se crean los canales a través de los cuales circulan los fluidos primario y secundario.

Los materiales más habituales de las placas son:

- Acero Inoxidable AISI 304.
- Acero Inoxidable AISI 316 L.
- Acero Inoxidable 254 SMO.
- Titanio.

Los fluidos son conducidos a través del intercambiador mediante las juntas. Cada placa posee una junta principal que rodea la periferia y dos juntas anulares que rodean los orificios de entrada y conducen alternativamente a los fluidos primario y secundario hacia las dos caras de la placa.

Para las juntas se emplean los siguientes materiales:

- NBR (Nitrilo).
- EPDM.
- EPDM Prx.
- FPM (Viton).
- HNBR.

El material de las juntas debe seleccionarse en función de las condiciones de operación del intercambiador.

La duración de un intercambiador de placas la determina la vida útil de las juntas, la cual viene dada por las condiciones de trabajo, teniendo suma importancia la temperatura de trabajo; la vida útil habitual es de 4 a 5 años, transcurridos los cuales se debe proceder a la sustitución de las juntas.

TABLA N° 2.4
Tipo de juntas según el agua de proceso

Fluidos		Material intercambiador	
Primario	Secundario	Juntas	Placas
Agua glicolada (20% al 50%)	Agua	Nitrilo	304 o 316
Agua (hasta 90 °C y 12 bar)	Agua	Nitrilo	304 o 316
Agua (hasta 120 °C y 16 bar)	Agua	EPDM	304 o 316
Agua (hasta 150 °C y 6 bar)	Agua	EPDM	304 o 316

Fuente: IDAE 2010

Intercambiadores de placas electrosoldadas

Cada vez es más amplia la oferta de intercambiadores de placas soldadas; respecto a los de placas desmontables tienen el inconveniente de que no se pueden desmontar, sin embargo, presentan mejores características de funcionamiento, y son más baratos, por lo que teniendo en cuenta que las juntas deben sustituirse periódicamente a largo plazo resultan más económicos.

El material más frecuente de las placas es el acero inoxidable AISI 316. Se unen por termosoldadura con cobre y sus condiciones habituales de trabajo son:

- Temperaturas de trabajo: -180 °C a 200 °C.
- Presión máxima de trabajo: 25 bar.

b. Depósitos

Los depósitos de acumulación de ACS pueden ser interacumuladores o acumuladores, según contengan o no en su interior al intercambiador.

La característica más importante para su selección es el material con el que están fabricados, existiendo tres tipos fundamentales:

- Acero Inoxidable.
- Acero con tratamientos especiales, los más habituales con resinas epoxi.
- Acero con esmalte vitrificado, generalmente para pequeños volúmenes.

Otros aspectos básicos para su selección son la presión y la temperatura de trabajo. Atendiendo a los requisitos de presión a garantizar en los puntos de consumo establecidos la presión mínima de trabajo debe ser de 6 bar, siendo recomendable 8 bar.

En cuanto a la temperatura de trabajo, atendiendo a los requisitos de prevención de la legionelosis, la misma no deberá ser inferior a 70 °C.

Los depósitos deben disponer de las siguientes conexiones:

- Entrada de agua de consumo con un deflector que la dirija hacia la parte inferior del depósito, de manera que se reduzca la zona de mezcla favoreciendo la estratificación del agua en su interior.
- Salida del ACS hacia consumo, situada en la parte superior del depósito.
- Vaciado en la parte inferior para la purga de lodos y para la toma de muestras para los análisis de legionela.
- Registro para limpieza; para capacidades inferiores a 750 l se admiten tamaños de registro que permitan la limpieza interior manual; para capacidades superiores el

tamaño mínimo del registro será DN 400, también denominado “Boca de Hombre” ya que permiten el acceso de una persona a su interior.

- Tomas para la conexión de los sistemas de producción, bien con intercambiadores exteriores de placas, o bien con serpentines interiores; estos últimos habitualmente tienen su acceso por la Boca de Hombre, a través de la cual pueden ser extraídos.
- Se requieren otras conexiones para sondas de regulación, termómetros, válvula de seguridad, recirculación de ACS, etc.
- Asimismo, por tratarse de equipos metálicos con riesgo de corrosión, suelen incorporar la posibilidad de protecciones catódicas.

1. Interacumuladores

Los hay de dos tipos:

Los de doble envolvente, con una envolvente exterior al depósito por la que circula el agua de calderas, rodeando al acumulador; el conjunto se termina con un aislamiento exterior. Se utilizan exclusivamente en instalaciones pequeñas.

Y los de serpentín interior, depósitos sencillos con el intercambiador tubular en su interior; existe una amplísima gama de capacidades, alcanzando grandes volúmenes.

2. Acumuladores

Únicamente almacenan el ACS, por lo que requieren un intercambiador exterior y una bomba que circule el agua a calentar entre el depósito y el intercambiador.

c. Válvulas de regulación

Para la regulación de las temperaturas de ACS se emplean dos tipos de válvulas:

- Motorizadas.
- Termostáticas.

En ambos casos el cuerpo de la válvula debe estar diseñado para trabajar con agua de consumo, siendo los materiales más habituales acero inoxidable, bronce o aleaciones especiales.

1. Válvulas motorizadas

Son válvulas de tres vías (acumulación, agua fría, distribución de ACS) que actúan mediante servomotores proporcionales comandados por reguladores que reciben las señales de las sondas de temperatura.

Considerando las variaciones tan importantes que se producen en las demandas de ACS, deben ser de respuesta muy rápida.

2. Válvulas termostáticas

Funcionan directamente mediante un elemento sensible a la temperatura que las posiciona de manera continua.

Existen dos tipos, las diseñadas para colocar a la salida de los depósitos de acumulación, que son válvulas de 4 vías: las tres correspondientes a las motorizadas (acumulación, agua fría y ACS) y una cuarta vía en la que se conecta la recirculación; el caudal de recirculación mantiene a la válvula continuamente en actuación y facilita la adecuación a las condiciones de demandas variables.

Los propios fabricantes especifican cual es el caudal mínimo de recirculación para mantener la válvula activa, que como mínimo suele ser el 10% del caudal nominal.

Otro tipo de válvulas termostáticas están diseñadas para su ubicación próxima a los puntos de consumo siendo exclusivamente de tres vías, no admitiendo la recirculación.

Por último, se han diseñado válvulas termostáticas de dos vías para instalar exclusivamente en montantes de recirculación, que reducen el caudal al necesario para mantener las temperaturas de consigna en los mismos.

d. Bombas de circulación

En las instalaciones de ACS se emplean bombas en el circuito primario para transferir el calor desde el circuito de calderas hasta el de agua de consumo; bombas de secundario cuando la producción se realiza por acumulación con intercambiadores externos, y bombas de recirculación para la circulación del agua por todo el edificio.

El circuito primario es un circuito cerrado en el cual el agua tiene muy poca agresividad, ya que tras las primeras purgas se le elimina el oxígeno disuelto y habitualmente es un circuito que solo recibe agua nueva en las reparaciones o reposiciones de fugas.

Sin embargo, los circuitos secundarios y de recirculación son circuitos abiertos, en los que se está recibiendo de manera continua agua de consumo, la cual es mucho más agresiva con los materiales constitutivos de las instalaciones, además los materiales en contacto con esa agua no deben modificar su potabilidad.

Estos aspectos se tendrán en cuenta a la hora de seleccionar los equipos, todos los fabricantes de bombas en sus catálogos especifican las apropiadas para estos servicios, siendo las más adecuadas las de bronce o acero inoxidable.

Para los caudales necesarios en estas instalaciones, las bombas más habituales son las de rotor húmedo; si bien considerando que a altas temperaturas se aceleran las precipitaciones calcáreas, cada vez se están aplicando bombas más pequeñas de rotor seco.

e. Contadores

En las instalaciones centrales de ACS se requieren contadores en la entrada general de agua fría, para control del consumo general y contadores individuales de ACS en los edificios en los que haya diferentes usuarios, como los de viviendas.

Los contadores deberán estar homologados.

f. Tuberías

Al seleccionar las tuberías apropiadas para una determinada aplicación hay que tener en cuenta que realmente se trata de sistemas compuestos por:

- Tuberías.
- Uniones.
- Accesorios.

Además de los tres componentes fundamentales indicados es preciso tener en cuenta otros elementos, que también forman parte de los sistemas, como son:

- Soportes.
- Aislamiento.
- Dilatadores.
- Etc.

Tuberías: son el componente fundamental, para su selección se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Compatibilidad con el fluido

En primer lugar, se cuidará que el material con el que están fabricadas sea compatible con el fluido a transportar, por lo que no afectarán a su composición ni producirán reacciones con el mismo.

2. Presión de trabajo

Las tuberías deben ser capaces de soportar la presión de trabajo en su instalación.

3. Temperatura de trabajo

Asimismo, deben mantenerse estables con las temperaturas de trabajo de las instalaciones.

Accesorios y uniones: cumplirán las mismas características que las propias tuberías; en ocasiones las condiciones de trabajo están limitadas por las uniones o accesorios y no por las tuberías.

1. Compatibilidad con el fluido

Los componentes del sistema de tuberías no deben modificar las características de potabilidad del agua, no debe olvidarse que, aunque el ACS no se beba si está en contacto con las personas, por lo que en el apartado del documento básico HS4 se indica expresamente que el ACS debe considerarse agua de consumo humano.

En la recepción del material en obra siempre se deberá comprobar el correcto marcado de las tuberías según la norma correspondiente; además, según se especifica en la Decisión de la Comisión de 13 de mayo de 2002, publicada en el DOCE de 14 de mayo de 2002, los certificados de conformidad de los productos en contacto con el agua de consumo humano se realizarán mediante un procedimiento en el cual, además del sistema de control de producción en la fábrica aplicado por el fabricante, intervenga en la evaluación y la vigilancia del control de producción o del producto en sí un organismo de certificación autorizado.

Es decir, que los productos en contacto con el agua de consumo humano deberán estar marcados y certificados.

Los materiales a emplear podrán ser:

- **Metálicos:**

- Acero galvanizado, UNE-EN 10.255 serie M (solo en agua fría).
- Acero inoxidable, UNE-EN 10.312, series 1 y 2.
- Cobre, UNE-EN 1.057.

En el HS4 se menciona para el acero galvanizado la norma UNE 19.047 que ha sido derogada, y para el inoxidable la UNE 19.049 que coincide con la serie 1 de la UNE-EN 10.312.

- **Termoplásticos:**

- Policloruro de vinilo no plastificado (PVC), UNE-EN 1.452.
- Policloruro de vinilo clorado (PVC-C), UNEEN ISO 15.877.
- Polietileno (PE), UNE-EN 12.201.

- Polietileno reticulado (PE-X), UNE-EN ISO 15.875.
- Poli butileno (PB), UNE-EN ISO 15.876.
- Polipropileno (PP) UNE-EN ISO 15.874.
- Multicapa polímero/aluminio/polietileno (PE-RT), UNE 53.960 EX.
- Multicapa polímero/aluminio/polietileno (PE-X), UNE 53.961 EX.

Quedan prohibidos expresamente los tubos de aluminio y aquellos cuya composición contenga plomo.

2. Temperatura de trabajo

El material empleado en las tuberías debe soportar las temperaturas de trabajo de la instalación; para prevención de la legionelosis deben ser capaces de soportar periódicamente 70 °C, siendo las temperaturas habituales superiores a 50 °C.

Respecto al acero galvanizado, aunque se admite en el documento HS4 en el apartado 3.2.2 del HE4, se prohíbe expresamente para temperaturas superiores a 60 °C, que periódicamente se van a presentar en las instalaciones; el resto de los materiales metálicos indicados no tienen problemas por temperatura de trabajo.

En cuanto a los termoplásticos, la resistencia a la temperatura de trabajo se define por la clase que se tiene en las diversas normas de cada tipo de tubería (Tabla 2.5); para ACS a 70 °C los mismos deben ser clase 2.

TABLA 2.5
Clase 2 de tubería

Clase	T _o (°C)	Años	T _{max} (°C)	Años	T _{max} (°C)	Horas	Campo aplicación tipo
2	70	49	80	1	95	100	ACS 70°C

Fuente: IDAE 2010

La clase 2 es una tubería que puede trabajar permanentemente a 70 °C, que periódicamente puede alcanzar los 80 °C y esporádicamente pueden alcanzarse incluso 95 °C y la tubería seguiría resistiendo con una esperanza de vida de al menos 50 años.

3. Presión

Además de las temperaturas hay que tener en cuenta la presión de trabajo; en el campo de aplicación del ACS los metales, con la excepción del galvanizado, no presentan problemas de temperatura ni de presión.

Los termoplásticos, sin embargo, cuanto mayor es la temperatura de trabajo menor presión soportan, por lo que al seleccionar el material hay que tener en cuenta los dos criterios.

La presión de trabajo de los materiales termoplásticos se define por la serie; en la Tabla 2.6 se muestran las diferentes series en función de la clase y de la presión de trabajo, para los tipos de tuberías más empleados en ACS, obtenidos de las diferentes normas UNE-EN ISO.

Se indica que se debe garantizar en todos los puntos de consumo una presión mínima de 1 bar y una máxima de 5 bar; por lo que se puede tomar 5 bar como presión para la selección de la serie, si bien teniendo en cuenta que las válvulas de seguridad de los depósitos suelen estar taradas a 8 bar esta es una presión de diseño más adecuada.

Si por ejemplo se ha optado por realizar la instalación en PE-X la serie máxima sería 4,4 y la serie comercial deberá serla inmediatamente inferior.

TABLA 2.6

Series máximas a emplear según material, presión de diseño y aplicación

Series Máximas a emplear según material, presión de diseño y aplicación					
Material	P. Diseño bar	Clase 1	Clase 2	Clase 4	Clase 5
PE-X	4	7,6	7,6	7,6	7,6
	6	6,4	5,9	6,6	5,4
	8	4,8	4,4	5,0	4,0
	10	3,8	3,5	4,0	3,2

Fuente: IDAE 2010

Para ello, en la Tabla N° 2.7 se dan directamente las series comerciales correspondientes.

Cada material termoplástico requiere sus propias series y no puede utilizarse la misma tabla de selección para todos ellos.

TABLA 2.7**Series comerciales a emplear según material, presión de diseño y aplicación**

Series Comerciales a emplear según material, presión de diseño y aplicación					
Material	P. Diseño bar	Clase 1	Clase 2	Clase 4	Clase 5
PE-X	4	6,3	6,3	6,3	6,3
	6	5,0	5,0	6,3	5,0
	8	4,0	4,0	5,0	4,0
	10	3,2	3,2	4,0	3,2

Fuente: IDAE 2010

g. Aislamiento térmico

Uno de los aspectos más importantes de las instalaciones centrales de ACS es el aislamiento térmico; no debe olvidarse que se trata de instalaciones que funcionan durante todo el año, y aunque las temperaturas de distribución puedan ser inferiores a las de las instalaciones de calefacción, en el conjunto de la temporada pueden presentar mayores pérdidas de calor.

Asimismo, para la prevención de la legionelosis se utilizan en la actualidad temperaturas más altas, lo que implica mayores necesidades de aislamiento; además, cuanto mayor sea el mismo menos problema se tendrán para mantener las temperaturas necesarias en los puntos más alejados.

Otro aspecto del aislamiento térmico que no debe olvidarse es el de las tuberías de agua fría cuando las mismas discurren próximas a las de ACS.

El aislamiento mínimo de los depósitos es el correspondiente a tuberías de más de 140 mm.

2.9. Las aguas de pozo y su dureza

El agua de pozo debe de cumplir una serie de características para poder ser consumida por ello es necesario un previo análisis y el tratamiento necesario.

Es posible que el agua de pozo no se mantenga todo el tiempo limpia y pura. Sustancias químicas y microorganismos en la tierra pueden filtrarse en el pozo. Fertilizantes, pesticidas y herbicidas (sustancias químicas que se usan para matar insectos y malas hierbas), químicos industriales y aguas negras de origen humano o animal, también pueden filtrarse en el abastecimiento de agua y hacer que el agua de pozo sea peligrosa para beber. Algunas de estas sustancias pueden causar graves problemas de salud.

2.10. Cálculos de fluidos para los diseños hidráulicos

El flujo del líquido en una tubería viene acompañado de una pérdida de energía, que suele expresarse en términos de energía por unidad de peso de fluido circulante (dimensiones de longitud), denominada habitualmente pérdida de carga.

En el caso de tuberías horizontales, la pérdida de carga se manifiesta como una disminución de presión en el sentido de flujo.

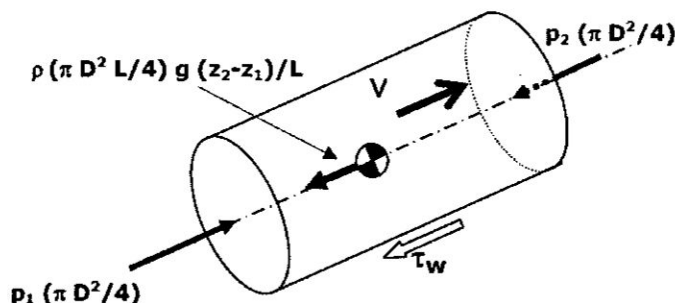
La pérdida de carga está relacionada con otras variables flujo dinámicas según sea el tipo de flujo, laminar o turbulento. Además de las pérdidas de carga lineales (a lo largo de los conductos), también se producen pérdidas de cargas singulares en puntos concretos como codos, ramificaciones, válvulas, etc.

a. Pérdidas lineales

Las pérdidas lineales son debidas a las tensiones cortantes de origen viscoso que aparecen entre el fluido y las paredes de la tubería. Considerando flujo estacionario en un tramo de tubería de sección constante figura N° 2.30, las pérdidas de carga se pueden obtener por un balance de fuerzas en la dirección del flujo:

FIGURA N° 2.30
Balance de fuerzas en un tramo de tubería
 fuerzas de presión + fuerzas de gravedad + fuerzas viscosas = 0

$$p_1 \frac{\pi D^2}{4} - p_2 \frac{\pi D^2}{4} - \rho g L \frac{\pi D^2}{4} \frac{z_1 - z_2}{L} - \tau_w \pi D L = 0 \Rightarrow \frac{4 L \tau_w}{\rho g D} = h_{fr} = \left[(z_1 - z_2) + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} \right]$$



Las características de los esfuerzos cortantes son muy distintas en función de que el flujo sea laminar o turbulento. En el caso de flujo laminar, las diferentes capas del fluido discurren ordenadamente, siempre en dirección paralela al eje de la tubería y sin mezclarse, siendo el factor dominante en el intercambio de cantidad de movimiento (esfuerzos cortantes) la viscosidad. En flujo turbulento, en cambio, existe una continua fluctuación tridimensional en la velocidad de partículas (también en otras magnitudes intensivas, como la presión o la temperatura), que se superpone a los componentes de la velocidad. Este es el fenómeno de la turbulencia, que origina un fuerte intercambio de cantidad de movimiento entre las distintas capas del fluido, lo que da unas características especiales a este tipo de flujo.

El tipo de flujo, laminar o turbulento, depende del valor de la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas, es decir del número de Reynolds Re , cuya expresión se muestra a continuación de forma general y particularizado para tuberías de sección transversal circular:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\mu / \rho} = \frac{(4Q / (\pi D^2)) D}{v} = \frac{4Q}{\pi D v}$$

Siendo: ρ la densidad del fluido
 V la velocidad media

- D el diámetro de la tubería
- μ la viscosidad dinámica o absoluta del fluido
- ν la viscosidad cinemática del fluido
- Q el caudal circulante de la tubería.

Cuando $Re < 2000$ el flujo es laminar. Si $Re > 4000$ el flujo se considera turbulento. Entre $2000 < Re < 4000$ existe una zona de transición.

En régimen laminar, los esfuerzos cortantes se pueden calcular de forma analítica en función de la distribución de velocidad en cada sección (que se puede obtener a partir de las ecuaciones de Navier-Stokes), y las pérdidas de carga lineales $h_{pl \text{ laminar}}$ se puede obtener con la llamada ecuación de Hagen-Poiseuille, en donde se tiene una dependencia lineal entre la pérdida de carga y el caudal:

$$h_{pl \text{ laminar}} = \frac{32\mu LV}{\rho g D^2} = \frac{128\mu L}{\rho g \pi D^4} Q$$

En régimen turbulento, no es posible resolver analíticamente las ecuaciones de Navier Stokes. No obstante, experimentalmente se puede comprobar que la dependencia entre los esfuerzos cortantes y la velocidad es aproximadamente cuadrática, lo que le lleva a la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_{pl} = f \frac{L V^2}{D 2g} = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2$$

Siendo f un parámetro adimensional, denominado coeficiente de fricción o coeficiente de Darcy, que en general es función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa de la tubería: $f=f(Re, \epsilon_r)$.

En régimen laminar también es válida la ecuación de Darcy-Weisbach, en donde el coeficiente de fricción depende exclusivamente del número de Reynolds, y se puede obtener su valor:

$$f_{laminar} = \frac{64}{Re}$$

En régimen turbulento el coeficiente de fricción depende, además de Re , de la rugosidad relativa: $\varepsilon_r = \varepsilon/D$; donde ε es la rugosidad de la tubería, que representa la altura promedio de irregularidades de la superficie de la tubería.

Colebrook y White (1939) combinaron diversas expresiones y propusieron una única expresión para el coeficiente de fricción que pueda aplicarse en cualquier régimen turbulento:

Barr:
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \frac{\varepsilon_r}{3.7} + \frac{5.1286}{Re^{0.89}}$$

Haaland:
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log \left(\left(\frac{\varepsilon_r}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right)$$

Moody:
$$f = 0.001375 \left[1 + \left(200\varepsilon_r + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right]$$

Para números de Reynolds muy altos (régimen turbulento completamente desarrollado) la importancia de la subcapa límite laminar disminuye frente a la rugosidad, y el coeficiente de fricción pasa a depender solo de la rugosidad relativa.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon_r}{3.7} \right)$$

Para conductos no circulares, es posible utilizar las expresiones deducidas para conductos circulares sustituyendo el diámetro D por el denominado diámetro hidráulico, D_h , que se define de la siguiente manera:

$$D_h = \frac{\text{Sección transversal}}{\text{Perímetro mojado}}$$

b. Pérdidas singulares

Las pérdidas singulares son las producidas por cualquier obstáculo colocado en la tubería que suponga una mayor o menor obstrucción al paso del flujo: entradas y salidas de las tuberías, codos, válvulas, cambios de sección, etc. Normalmente son pequeñas comparadas

con las pérdidas lineales, salvo que se trate de válvulas casi completamente cerradas. Para su estimación se suele emplear la siguiente expresión:

$$h_{ps} = \xi \frac{V^2}{2g} - \frac{8\xi}{g\pi^2 D^4} Q^2$$

Donde h_{ps} es la pérdida de carga en la singularidad, que se considera proporcional a la energía cinética promedio del flujo; la constante de proporcionalidad, ξ , es el denominado coeficiente de pérdidas singulares.

Otra forma de cálculo es considerar el efecto de las pérdidas singulares como una longitud adicional de la tubería. Por comparación de la ecuación (3) y (8), la longitud equivalente se relaciona con el coeficiente de pérdidas singulares mediante:

$$L_e = \xi \frac{D}{f}$$

Existen nomogramas, que permiten estimar las longitudes equivalentes para los casos de elementos singulares más comunes, en función del diámetro de la tubería. En realidad, además del diámetro, la longitud equivalente depende del coeficiente de fricción, pero no se suele contemplar en esos nomogramas, por lo que el cálculo es solo aproximado.

$$h_p = \frac{\rho_{mercurio} - \rho_{agua}}{\rho_{agua}} \frac{\Delta h}{1000}$$

Donde:

h_p es la pérdida de carga en metros de columna de agua
 $\rho_{mercurio}$ es la densidad del mercurio = 13555 Kg/m³
 ρ_{agua} es la densidad del agua = 1000Kg/m³
 Δh es la diferencia de cotas leída en la columna de mercurio del manómetro, en mm

2.11. Definiciones de términos básicos

Ablandadores de agua. Es un aparato que, por medios mecánicos, químicos y/o electrónicos trata el agua para reducir el contenido de sales minerales y sus incrustaciones en tuberías y depósitos de agua.

Agua de Pozo. El agua de pozo debe de cumplir una serie de características para poder ser consumida por ello es necesario un previo análisis y el tratamiento necesario. Es posible que el agua de pozo no se mantenga todo el tiempo limpia y pura. Sustancias químicas y microorganismos en la tierra pueden filtrarse en el pozo.

Fertilizantes, pesticidas y herbicidas (sustancias químicas que se usan para matar insectos y malas hierbas), químicos industriales y aguas negras de origen humano o animal, también pueden filtrarse en el abastecimiento de agua y hacer que el agua de pozo sea peligrosa para beber. Algunas de estas sustancias pueden causar graves problemas de salud.

Aguas duras. Se conoce como agua dura aquella que contiene un alto nivel de minerales, concretamente de sales de magnesio y calcio. Este tipo de aguas suelen ser las subterráneas en suelos calcáreos.

Caldera. En la industria, es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado.

Chiller. Es un caso especial de máquina frigorífica cuyo cometido es enfriar un medio líquido, generalmente agua. En modo bomba de calor también puede servir para calentar ese líquido.

Diseñar. Proviene de la palabra diseño se refiere a un boceto, bosquejo o esquema que se realiza, ya sea mentalmente o en un soporte material, antes de concretar la producción de algo. Asimismo, El verbo "diseñar" se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto o medio de comunicación (objeto, proceso, servicio, conocimiento o entorno) para uso humano.

Dureza del agua. Es la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como "dura" tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua "blanda" las contiene en muy poca cantidad. La unidad de medida de la dureza que se utiliza más habitualmente son los grados hidrométricos franceses (° H F), y el cálculo de este parámetro responde a la siguiente fórmula: $(\text{mg/l Ca} \times 2.5 + \text{mg/l Mg} \times 4.2) / 10$ (FACSA, 2017).

Incubadoras. Es un aparato que sirve para la incubación artificial, pretende emular todas las condiciones que un ave pone a disposición de los huevos para conseguir su eclosión. Intenta imitar los parámetros de temperatura, humedad,

ventilación e incluso hasta el movimiento utilizados por un ave para la reproducción de las aves.

Pollo. También conocido como polluelo o pichón, son nombres usados para designar a las crías de las aves, llamadas así desde que eclosiona el huevo hasta que aprenden a valerse por sí mismas sin necesidad de los cuidados de los adultos, y gracias al desarrollo fisiológico correspondiente, que es lo que en realidad les proporciona independencia.

Presión. La presión es básicamente usada para determinar procesos en los que la temperatura juega un papel fundamental en la realización de algún experimento con una reacción química. La presión de cierto vapor o gas puede provocar la ruptura de algún reactor, así como también en algún instrumento de medición puede arrojar datos relevantes de cualquier estudio.

Incubadora de pollo. La función de la incubadora de pollo es calentar artificialmente los huevos de un ave para lograr el nacimiento del pollito. Pero la reproducción artificial de los huevos de las aves, por medio de aparatos de incubación artificial va más allá de intentar, simplemente, calentar los huevos, pretende emular todas las condiciones que un ave pone a disposición de los huevos para conseguir su eclosión, es decir, intenta imitar los parámetros de temperatura, humedad, ventilación y movimiento utilizados por un ave para la reproducción de las aves.

Distrito. Es una división administrativa común a muchos países de todo el mundo, sobre todo francófonos, aunque el valor como entidad puede variar según cada país.

Distrito de Supe. Es uno de los cinco distritos de la Provincia de Barranca en el Departamento de Lima, bajo la administración del Gobierno Regional de Lima-Provincias, Perú.

Incubadoras artificiales. Brindan un medio ambiente adecuado y controlado para que se desarrollen las crías de aves y reptiles.

Intercambiador de calor. Es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos fluidos, encontrándose éstos en contacto o separados por una barrera sólida. Se

trata de componentes esenciales en los sistemas de climatización o refrigeración, acondicionamiento de aire, producción energética y procesamiento químico (TSolucionaria, 2016).

Temperatura. La temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío y caliente.

Humedad. Es la cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera, puede ser relativa o absoluta.

Sistema. Un sistema es un objeto complejo cuyos componentes se relacionan con al menos algún otro componente; puede ser material o conceptual. Todos los sistemas tienen composición, estructura y entorno, pero solo los sistemas materiales tienen mecanismo, y sólo algunos sistemas materiales tienen figura (forma).

Suministro. Al hablar de suministro se hace referencia al acto y consecuencia de suministrar (es decir, proveer a alguien de algo que requiere). El término menciona tanto a la provisión de víveres o utensilios como a los objetos y efectos que se han suministrado.

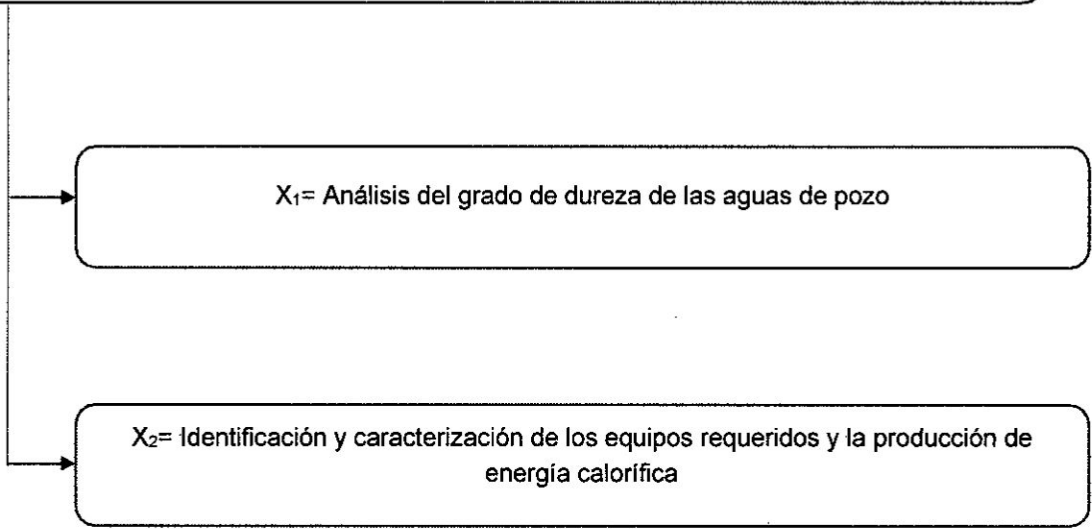
Energía Calórica. Es el tipo de energía que se libera en forma de calor. Al estar en tránsito constante, el calor puede pasar de un cuerpo a otro (cuando ambos tienen distinto nivel calórico) o ser transmitido al medio ambiente. Cuando un cuerpo recibe calor, sus moléculas adquieren energía calórica y alcanzan un mayor movimiento. La energía calórica, también conocida como energía calorífica o energía térmica, puede obtenerse del sol (a través de una reacción exotérmica), algún combustible (por medio de la combustión), una reacción nuclear (de fisión o fusión), la electricidad (por efecto Joule o termoeléctrico) o del rozamiento (como resultado de distintos procesos químicos o mecánicos).

III: VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación

$$Y = f(X_1, X_2)$$

Y= Diseño del sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollos



3.2. Operacionalización de variables

TABLA 3.1
Operacionalización de variables

VARIABLES DEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
Y = Diseño del sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollos	- Flujo de energía calorífica	- BTU/h - Cantidad de calor	Análisis de modelo matemático
VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
X ₁ = análisis del grado de dureza de las aguas de pozo.	- Grados de dureza - Flujo volumétrico	- ppm - m ³ /h	Análisis de modelo matemático
X ₂ = Identificación y caracterización de los equipos requeridos en la producción de energía calorífica.	-Flujo calórico - Temperatura - Presión	- W - °C - PSI	Análisis de modelo matemático

3.3. Hipótesis general e hipótesis específica

a. Hipótesis general

Con el diseño adecuado de un sistema generador de energía utilizando aguas de pozo del distrito de Supe, se podrá obtener energía calorífica a incubadoras para pollo.

b. Hipótesis específica

- Con la tecnología seleccionada para tratamientos de aguas, usada en generadores de energía calorífica, se podrá desarrollar un sistema de ablandamiento de las aguas de pozo del distrito de Supe.
- Con la identificación y caracterización de los equipos se podrá diseñar el sistema de suministro de energía calorífica a las incubadoras para pollo.

IV: METODOLOGÍA

4.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo campo, en razón que, para obtener los datos, se sometieron al estudio de diferentes plantas de incubación que se tienen en la costa del Perú. Además, se seleccionó una serie de proveedores de incubadoras artificiales que utilizan diferentes procesos manejo de parámetros para la incubación de estos huevos de ave.

4.2 Diseño de la Investigación

Los pasos para fundamentar, explicar y realizar el trabajo de investigación son los siguientes:

1. Recolección de información sobre los diferentes procesos de incubación que se realizan en las diferentes plantas de incubación en todo el Perú.
2. Información de equipos que proporcionen los parámetros adecuados de trabajo.
3. Calculo de distribución de tuberías para los equipos y tanques de almacenamiento en el área proporcionada por la planta, diseñando un sistema de posición de cada equipo respecto a lo requerido a cada cosa
4. Revisión de cada equipo en función a un proceso de control que optimice el proceso mediante un sistema de recirculación del agua y de esta manera optimizar el consumo del agua.

4.3 Población y muestra

El criterio población y muestra no se aplica en la presente investigación. Lo que si del total de incubadoras que se consideran en el diseño se considera solamente una incubadora para hacer los ensayos experimentales como parte de los ajustes de diseño

4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

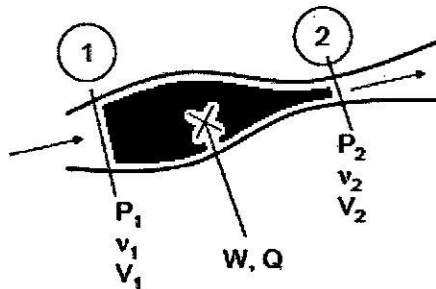
- Etapa experimental de análisis de agua dura
- Revisión bibliográfica de equipos de incubación
- Cálculos de flujos del sistema
- Pruebas de ajustes del sistema

4.5 Procedimientos de recolección de datos

- Etapa experimental de análisis de agua dura
 - Se tomaron muestras de agua de pozo del distrito de Supe
 - Se realizó el análisis de la dureza del agua dura mediante la prueba experimental de solución EDTA
 - Esta prueba se realizó a 5 muestras de agua dura, donde los resultados fueron similares.
 - Estos resultados de dureza del agua se tomaron para caracterizar el ablandador del agua.
- Revisión bibliográfica de equipos de incubación
 - Se revisó datos de incubación de pollos
 - Se analizaron diferentes tipos de incubadoras artificiales en el mercado
 - Se tomó como referencia la incubadora Chiken Master de etapa única.
- Cálculos de Flujo del sistema

FIGURA 4.1

Gráfico de un tramo de tubería para el balance de energía



Balance de energía total

$$[\rho_1 v_1 - \rho_2 v_2 + g(z_1 - z_2) + W] + Q = (u_2 - u_1) + \left(\frac{V_2^2}{2\alpha_2} - \frac{V_1^2}{2\alpha_1} \right) \left(\frac{J}{Kg} \right)$$

- $\rho_1 v_1 - \rho_2 v_2$: trabajo que las fuerzas de presión externas ejercen sobre la unidad de masa de fluido al pasar de la sección S_1 a la S_2
- $g(z_1 - z_2)$: trabajo que la fuerza de gravedad ejerce sobre la unidad de masa de fluido al pasar de la sección S_1 al S_2
- W : trabajo específico que la maquina ejerce sobre la unidad de masa de fluido entre las secciones S_1 y S_2 ; es positivo o negativo si el trabajo hace aumentar o disminuir la energía del sistema.
- Q : calor específico intercambiado con los alrededores por la unidad de masa del fluido al pasar de la sección S_1 al S_2 , será positivo o negativo según sea ganado o perdido por el mismo.
- $(u_2 - u_1)$: variación de energía interna de la unidad de masa de fluido al pasar desde la sección S_1 a la S_2 .
- $\left(\frac{V_2^2}{2\alpha_2} - \frac{V_1^2}{2\alpha_1} \right)$: variación de energía cinética de la unidad de masa de fluido al pasar de la sección S_1 a la S_2 . El valor de α depende del régimen de circulación y considera que no todo el fluido tiene la misma velocidad que la velocidad media a través de toda la sección. Para régimen laminar ($Re = \rho V D / \mu < 2100$) el valor de α es de 0.5, y para régimen muy turbulento ($Re > 10^4$) el valor de α es de 0.96, pero se suele tomar el valor de 1.

Esta ecuación en un sistema hidráulico se simplifica de la siguiente manera y se da con los siguientes parámetros.

$$\left(\frac{V_2^2}{2\alpha_2} - \frac{V_1^2}{2\alpha_1} \right) + g(z_1 - z_2) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F = W$$

Dividiendo toda la ecuación entre la gravedad para llevar la expresión en m y de esta forma calcula en columnas de agua

$$\frac{1}{g} \left(\frac{V_2^2}{2\alpha_2} - \frac{V_1^2}{2\alpha_1} \right) + (z_1 - z_2) + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_f = H$$

h_f : es la pérdida de carga de accesorios o tuberías en m

H: es la carga o altura de la bomba

Con esta ecuación calculamos la carga de la bomba y para realizar las características de las mismas

Subsistema de suministro de agua dura

Para el suministro de agua dura se contará con un pozo de almacenamiento el cual mediante un sistema de bombeo se canalizará el agua hacia el tanque de filtrado para luego llegar a un manifold de Ø6" de donde se podrá derivar uno hacia el sistema de tratamiento de agua (Ablandadores) y otro para servicios secundarios especialmente para limpieza.

TABLA 4.1
Consumo de agua dura para puntos de lavado

EQUIPO	CANTIDAD	CAUDAL UNITARIO (m³/h)	CAUDAL TOTAL (m³/h)	FACTOR DE DEMANDA	CAUDAL CONSUMO (m³/h)
Lavado	21	0.912	19.15	0.5	9.58

TABLA 4.2
Consumo de agua blanda

EQUIPO	CANTIDAD	TIPO DE AGUA	CAUDAL UNITARIO (m³/h)	CAUDAL TOTAL (m³/h)	FACTOR DE DEMANDA	CAUDAL CONSUMO (m³/h)
Incubadora	24	Agua caliente	0.54	12.96	1.0	12.96
Incubadora	24	Agua fría	0.54	12.96	1.0	12.96
Nacedora	4	Agua Blanda	0.008	0.032	1.0	0.032
Nacedora	4	Agua fría	0.54	2.16	1.0	2.16
Consumo Total de Equipos						28.112

Debido a que el sistema es cerrado es decir el agua blanda recircula por todo el sistema se está considerando un agua de reposición del 5% del caudal total consumido por lo Equipos.

Además, se está considerando un consumo adicional de agua blanda a pedido del propietario de uso constante sin retorno con un caudal de **4.52 m³/h**.

Por lo tanto, el caudal de agua blanda para poder calcular el equipo ablandador de agua con su tanque salmuera será:

$$Q_{\text{Ablandador}} = 0.05 \times 28.112 + 4.52 = 5.93 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Calculo del sistema de bombeo de agua dura

Para el cálculo del sistema de bombeo de agua dura se considera la suma del caudal de agua para lavado y el consumo de agua blanda por lo tanto el caudal será:

$$Q_{\text{Bombeo Agua Dura}} = 9.58 + 5.93 = 15.51 \text{ m}^3 / \text{h}$$

La pérdida de presión para el sistema de agua dura será:

$$\Delta H_{\text{Friccion}} = 21.75 \text{ ft (75 m tubería de } \varnothing 2\text{")}$$

$$\Delta H_{\text{Accesorios}} = 3.43 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{\text{Estatica}} = 15 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{\text{Filtro de Arena}} = 45 \text{ psi} = 103.81 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{\text{Ablandador}} = 45 \text{ psi} = 103.81 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{\text{tan que}} = 10 \text{ psi} = 23.4 \text{ ft}$$

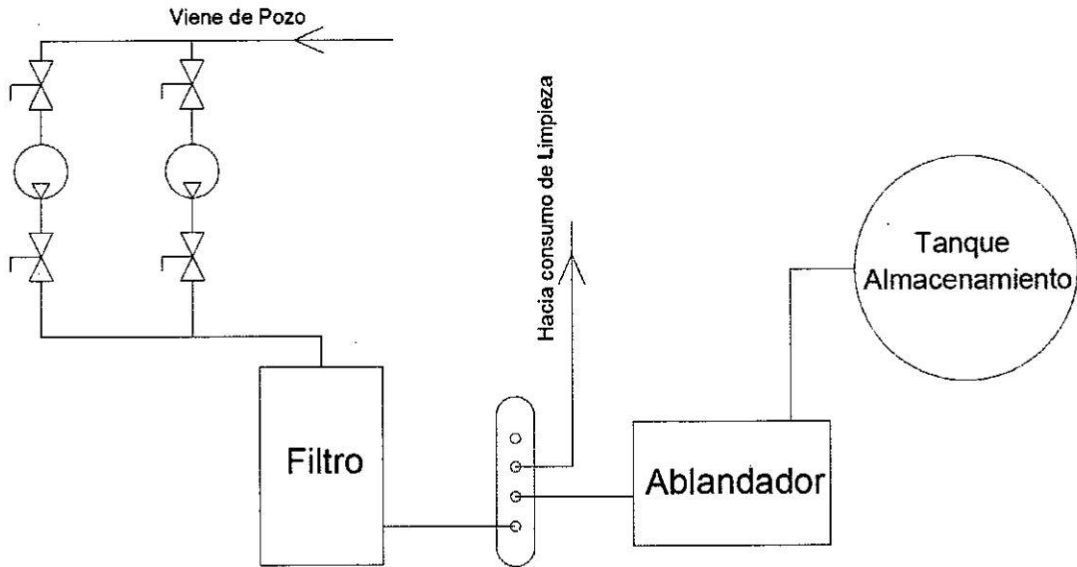
$$\Delta H_{\text{A-B}} = 21.75 + 3.43 + 15 + 103.81 + 103.81 + 23.4 = 271.2 \text{ ft}$$

Por lo tanto, el grupo de bombas para el agua dura será de:

$$Q = 70.0 \text{ GPM} \quad \text{ó} \quad Q = 15.9 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\Delta H_{\text{AD}} = 280 \text{ ft} \quad \text{ó} \quad \Delta H_{\text{AD}} = 85.3 \text{ m}$$

FIGURA 4.2
Sistema de agua dura



Sistema de agua blanda

Luego de pasar el agua dura por un sistema de tratamiento de agua esta será almacenado en un tanque de acero Inoxidable para el suministro de los demás sistemas, primero del tanque de almacenamiento de agua blanda contara con un sistema de bombeo que conducirá el agua hacia el manifold de Ø6" las cual derivara un punto para el sistema de agua caliente, otro punto para sistema de agua helada y adicionalmente se considerara un punto adicional para otro servicio de acuerdo a lo establecido por el cliente.

Para el cálculo del ablandador se tiene los siguientes datos para dimensionar el tanque de ablandamiento y la salmuera:

Dureza Total del agua	: 200 ppm
Total de Solidos Disueltos	: 500 ppm
PH	: 8
Ciclo de Trabajo (CT)	: 12 h
Flujo de agua (Q)	: 5.94 m ³ /h (1569.23 GPH)

- **Calculo del Volumen de la Resina**

Como dato de partida tenemos datos de la resina:

Capacidad de Intercambio (CI)	: 24000 gr/ft ³
También dato teórico se tiene:	17.1 ppm CaCO ₃ / gr/gln

Capacidad de Intercambio requerida:

$$CIR = \frac{Dureza}{17.1 \text{ ppm CaCO}_3 / \text{gr / Gln}} \rightarrow CIR = \frac{200 \text{ ppm}}{17.1 \text{ ppm}}$$

$$CIR = 11.70 \frac{Gr}{Gln}$$

Por lo tanto, el volumen de la resina se calculará con la siguiente formula:

$$Vol \text{ Resina} = \frac{Q \times CIR \times CT}{CI}$$

$$Vol \text{ Resina} = \frac{1569.23 \text{ GPH} \times 11.70 \text{ gr / Gal} \times 12 \text{ hr}}{24000 \text{ gr / ft}^3}$$

$$Vol \text{ Resina} = 9.18 \text{ ft}^3$$

Por lo tanto, para calcular la capacidad del tanque donde se alojará la resina se considera un 60% más del volumen de la resina.

$$V_{TANQUE \text{ RESINA}} = 1.6 \times 9.18 \text{ ft}^3 = 14.7 \text{ ft}^3$$

$$V_{TANQUE \text{ RESINA}} = 109.76 \text{ Gal}$$

Por lo tanto, como se utilizará dos tanques para el ablandamiento de agua, la capacidad de cada tanque será de:

$$V_{TANQUE \text{ RESINA}} = 54.9 \text{ Gal} \approx 60.0 \text{ Gal}$$

En conclusión, se utilizará 02 tanques para el ablandamiento de agua con una capacidad de 60 Gal cada uno.

Nuestro ablandador producirá 71.28 m³ de agua blanda por un periodo de 12 horas de operación, luego del cual la resina pasa a un periodo de regeneración con una solución de salmuera.

Para la regeneración del consumo de sal que usaremos será del tipo industrial (NaCl). Para la regeneración y la capacidad de intercambio de las resinas. La cantidad recomendada según especificación: 10 Lb NaCl / ft³

Consumo de Sal (NaCl) al 20% = 9.18 ft³ x 10 Lb NaCl / ft³

Consumo de Sal (NaCl) al 20% = 91.8 Lb NaCl (41.7 Kg NaCl)

La cantidad de agua de la solución del NaCl al 20% será:

Cantidad de Agua en la solución = 367.2 Lb (166.9 Kg)

Densidad de la solución de NaCl al 20% = 1.2 Kg/L (20°C)

Por lo tanto, el volumen del tanque salmuera se calculará de la siguiente forma:

$$V_{\text{TANQUE SALMUERA}} = \frac{(41.7 + 166.9)}{1.2} = 173.8 \text{ Lt}$$

$$V_{\text{TANQUE SALMUERA}} = 45.9 \text{ Gal}$$

Se requiera un Tanque Salmuera de Aproximadamente **50 Gal**.

Regeneración, Se realizará una regeneración lenta que oscilará entre 0.1-0.5 gal/min.ft³

De resina. Por lo cual será:

Regeneración = 0.5 gal/min.ft³ x 9.18 ft³

Regeneración = 4.59 gal/min

Flujo de Regeneración = 17.37 L/min

Tiempo de Regeneración = 173.8 L / 17.37 L/min = 10 min

Enjuague, Se realizará un enjuague lento y uno rápido. El enjuague lento generalmente oscila entre 2 a 5 veces el volumen de la resina. El enjuague rápido se realiza a una tasa de 1.5 gln/min.ft³ de resina.

Volumen de enjuague: se requiere aproximadamente 25-30 gal/ft³ de resina.

Enjuague lento = 2x9.18 = 18.36 ft³ de agua

Enjuague rápido = 1.5x9.18 = 13.77 gal/min

Volumen de Enjuague = 30x9.18 = 275.4 gal

Tiempo de Enjuague = 275.4/13.77 = 20.0 min

Se requiere aproximadamente de 20.0 min de enjuague para poner en servicio el ablandador Normalmente el ciclo de trabajo.

TABLA 4.3

Resumen de cálculo de agua blanda

Descripción	Cantidad	Capacidad
Tanque de Resina	02	60 Gal
Tanque Salmuera	01	50 Gal

Dimensionamiento tanque almacenamiento de agua blanda

La capacidad del tanque de almacenamiento Agua blanda se considera para un tiempo de entre 60 min (1 hora) a una temperatura de 20°C

El consumo de agua blanda permanente se calculó con un flujo de 5.94 m³/hr, por lo tanto, la capacidad del tanque de almacenamiento de agua blanda será:

$$Vol_{Tanque Alm.} = \dot{V}xt$$

$$Vol_{Tanque Alm.} = 5.94 \frac{m^3}{hr} \times 1 hr$$

$$Vol_{Tanque Alm.} = 5.94 m^3$$

Por lo cual consideramos un tanque de almacenamiento de agua caliente de 6.0 m³

Calculo del sistema de bombeo para agua blanda

Para el cálculo del sistema de bombeo consideramos los tres puntos de consumo los cuales tenemos: El Enfriador, El Calentador y consumo adicional solicitado por el propietario.

La pérdida de presión desde el tanque de almacenamiento de agua blanda hasta el tanque de almacenamiento de agua caliente será de:

$$\Delta H_{Friccion} = 2.95 ft$$

$$\Delta H_{Accesorios} = 2.7 ft$$

$$\Delta H_{Estatica} = 13 ft$$

$$\Delta H_{Tanque} = 10 psi = 23.4 ft$$

$$\Delta H_{A-B} = 2.95 + 2.7 + 13 + 23.4 = 42.1 ft$$

La pérdida de presión desde el tanque de almacenamiento de agua blanda hasta El tanque de retorno del enfriador de agua (Chiller):

$$\Delta H_{Friccion} = 4.91 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{Accesorios} = 2.7 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{Estatica} = 13 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{Tanque} = 10 \text{ psi} = 23.4 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{A-C} = 4.91 + 2.7 + 13 + 23.4 = 44.0 \text{ ft}$$

La pérdida de presión desde el tanque de almacenamiento de agua blanda hasta punto de consumo solicitado por el cliente, como no se tiene información del punto de consumo se asumirá una presión de llegada de 3 bar y una longitud de 100 m de tubería de $\text{Ø}1 \frac{1}{2}$ ":

$$\Delta H_{Perdidas\ Totales} = 29.2 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{Consumo} = 86.1 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{A-C} = 29.2 + 86.1 = 115.3 \text{ ft}$$

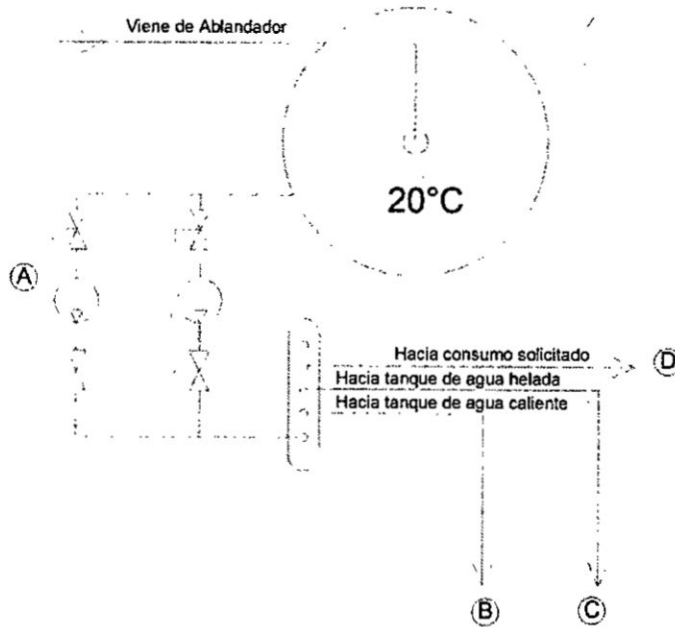
Por lo tanto, el grupo de bombas será de:

$$Q = 31.0 \text{ GPM} \quad \text{ó} \quad Q = 7.0 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$\Delta H_{AB} = 115.3 \text{ ft} \quad \text{ó} \quad \Delta H_{AB} = 41.2 \text{ m}$$

Se considera una válvula reguladora de presión en cada punto de consumo para reducir la presión solicitada según el cálculo.

FIGURA 4.3
Sistema de agua blanda



Sistema Agua Caliente

Para el sistema de agua caliente se contará con caldero de 30 BHP que elevará la temperatura del agua hasta aproximadamente 92.5°C para luego pasar al tanque de almacenamiento. Del mismo se suministrará mediante un sistema de bombeo, agua caliente solamente hacia las incubadoras según indican las fichas técnicas a una temperatura aproximada de 80°C y retornara al mismo tanque de almacenamiento con una temperatura aproximadamente de 70°C , para luego suministrar el agua al caldero del mismo tanque mediante un sistema de bombeo.

Calculo de la capacidad del calentador de agua

El consumo de agua se muestra en el siguiente cuadro

TABLA 4.4

Consumo de agua caliente

EQUIPO	CANTIDAD	TIPO DE AGUA	CAUDAL UNITARIO (m ³ /h)	CAUDAL TOTAL (m ³ /h)	FACTOR DE DEMANDA	CAUDAL CONSUMO (m ³ /h)
Incubadora	24	Agua caliente	0.54	12.96	1.0	12.96
Consumo Total de Equipos						12.96

Para calcular la capacidad del calentador de agua tenemos los siguientes parámetros:

Temperatura salida Caldero (Ts) = 92.5°C

Temperatura de Retorno Equipos (Te) = 70°C al 95% Retorno

Temperatura Agua blanda de Reposición (Ta) = 20°C al 5% Reposición

Temperatura del Tanque Almacenamiento (Tq) = 80°C

Por lo que la capacidad se calculara de la siguiente fórmula:

$$E_{\text{calentamiento}} = \dot{m} \cdot Ce \cdot \Delta T = \rho \cdot Q \cdot Ce \cdot (Ts - Ti)$$

Donde:

ρ : Densidad del Agua (967.73 Kg/m³)

Q: Caudal de Agua (m³/s)

Ce: Calor Especifico del Agua (4.186 kJ/Kg.K)

Ts, Tr: Temperatura del agua (°C)

$$E_{\text{calentamiento}} = 967.73 \times \frac{12.96}{3600} \times 4.186 \times (92.5 - 80) = 182.3 \text{ kW} = 622.0 \text{ MBtu / hr}$$

$$E_{\text{calentamiento}} = 622.0 \text{ kW} \frac{1 \text{ BHP}}{33.6 \text{ MBtu / hr}} = 18.5 \text{ BHP}$$

$$P_{\text{Caldero}} = \frac{E_{\text{calentamiento}}}{\eta_{\text{caldero}}} = \frac{18.5}{0.82} = 22.6 \text{ BHP}$$

Por lo tanto, la capacidad del caldero que se necesita para calentar el agua requerida será de 30 BHP según capacidades que se distribuyen comercialmente.

Cálculo del sistema de bombeo para la calefacción

Para el Cálculo del sistema de Agua caliente se está considerando un tanque de almacenamiento que servirá a su vez como retorno al calentador el cual se combinará con el agua blanda de reposición, por ello se tendrá un paquete de bombas para suministro a los equipos de consumo que para nuestro caso son las incubadoras y un paquete de bombas para retorno al caldero.

Dimensionamiento de las Bombas para 12 Incubadoras:

TABLA 4.5

Perdida por fricción caldero al tanque de retorno

PERDIDA POR FRICCIÓN CALDERO AL TQ RETORNO			
Tubería Øpulg	Distancia Total (m)	Distancia Total (ft)	Pérdidas por fricción (ft)
Ø2"	45.1	147.96	9.38
Ø1/2"	21.0	68.9	4.11
Total de Perdidas en ft			13.49 ft

TABLA 4.6

Perdida por fricción del caldero al tanque de retorno

PERDIDA POR FRICCIÓN CALDERO AL TQ RETORNO			
	Cantidad	Longitud Equivalente (ft)	Pérdidas por fricción (ft)
Codos Ø2"	4	24	1.76
Codos Ø1/2"	3	4.53	0.13
Tee Ø2"	2	12.01	0.88
Válvula Check Ø2"	1	11.48	0.47
Total de Perdidas ft			3.73 ft

Calculo de la Bomba para el Tramo desde el Tanque hasta el regreso al mismo:

$$\Delta H_{C1} = \Delta H_{Incubadoras} + \Delta H_{friccion} + \Delta H_{estatica} + H_{tanque}$$

Según catálogos la perdida de presión requerida para las incubadoras será:

$$\Delta H_{Incubadora} = 45 \text{ psi} = 105.2 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{estatica} = 16.4 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{tanque} = 10 \text{ psi} = 23 \text{ ft}$$

Entonces:

$$\Delta H_{C1} = 105.2 + (3.73 + 13.49) + 16.4 + 23$$

$$\Delta H_{C1} = 163.9 \text{ ft}$$

Bombas del tramo de suministro y retorno al Tanque:

$$Q = 28.6 \text{ GPM} \quad \text{ó} \quad Q = 6.5 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$\Delta H_{C1} = 165 \text{ ft} \quad \text{ó} \quad \Delta H_{C1} = 50.3 \text{ m}$$

Calculo de la Bomba para el Tramo tanque de almacenamiento hacia el caldero:

$$\Delta H_{C2} = \Delta H_{caldero} + \Delta H_{friccion} + \Delta H_{estatica}$$

Según proveedor del caldero la presión del trabajo del caldero es de 30 psi:

$$\Delta H_{Caldero} = 30 \text{ psi} = 70 \text{ ft}$$

Entonces:

$$\Delta H_{C2} = 70 + 13.32 + 9.84$$

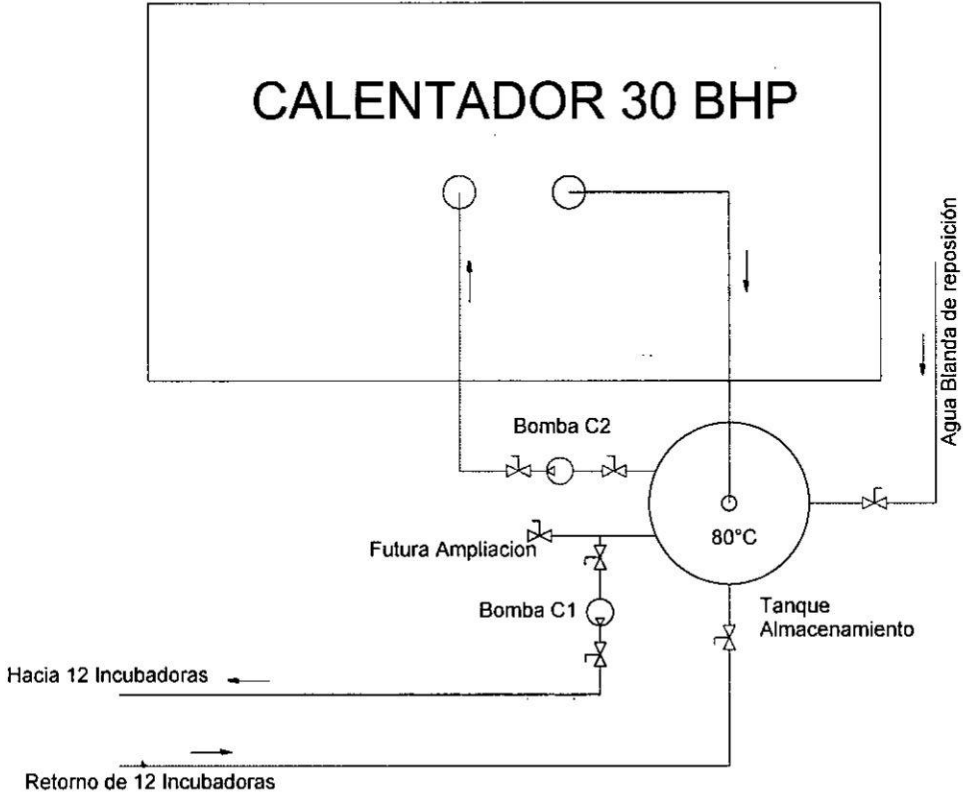
$$\Delta H_{C2} = 93.16 \text{ ft}$$

Bombas del tramo del tanque de retorno al caldero C2:

$$Q = 57.2 \text{ GPM} \text{ (Alimentación al caldero)} \quad \text{ó} \quad Q = 13.0 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$\Delta H_{C2} = 95 \text{ ft} \quad \text{ó} \quad \Delta H_{C2} = 29.0 \text{ m}$$

FIGURA 4.4
Sistema de agua caliente



Calculo capacidad del tanque para sistema de calefacción

Tanque de Almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento para alimentación al caldero se considera para tiempo de 10-min a una temperatura de 80°C

$$Vol_{Tanque\ Alm.} = \dot{V}xt$$

$$Vol_{Tanque\ Alm.} = 57.2 \frac{gal}{min} \frac{m^3}{264.18\ gal} \times 10\ min$$

$$Vol_{Tanque\ Alm.} = 2.17\ m^3$$

Por lo cual consideramos un tanque de almacenamiento de agua caliente de **2.5 m³**

Sistema de agua helada

Para el consumo de agua helada se cuenta con equipos incubadoras y nacedoras las cuales contara inmediatamente con 12 incubadoras, y a futuro se instalarán 12 incubadoras más, respecto a las nacedoras se instalarán 02 equipos inmediatamente y posteriormente contara con 02 nacedoras más. El factor de simultaneidad de la incubadora será como máximo 14/24 equipos lo cual daría 0.583 y para las nacedoras será de 4/4.

Por ello se dimensionará el sistema para la instalación a futuro, para no tener problemas con el suministro de agua helada a los equipos, a continuación, presentamos un cuadro de los equipos de consumo y el caudal de diseño:

TABLA 4.7
Consumo de agua helada

Equipos	Cantida d	Caudal (GPM)	Cauda Total (GPM)	Factor de Deman da	Caudal Cons. (GPM)
Incubadora	24	2.38	57.12	1.00	57.12
Nacedora	4	2.38	9.52	1.00	9.52
CAUDAL DE DISEÑO					66.64

calculo del enfriador de agua

Para el cálculo del enfriador de agua se ha tomado la temperatura de suministro y retorno de agua para una diferencia de temperatura de 10 °F, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$P = \dot{m} \cdot C_e \cdot \Delta T$$

P: Potencia de Refrigeración (Btu/hr)

m: Flujo Másico del agua (Lb/hr)

ΔT : Diferencial de temperatura ($\Delta T = 10.8 \text{ }^\circ\text{F} \leftrightarrow 6.0^\circ\text{C}$)

Ce: Calor específico del agua (Ce = 1.0 Btu/Lb °F)

Calculo del caudal para 1.0 Ton <> 12000 Btu/hr

$$12000 \frac{Btu}{hr} = \dot{m} \cdot 1.0 \frac{Btu}{Lb \text{ } ^\circ F} \times 10.8 \text{ } ^\circ F$$

$$\dot{m} = 1111.11 \frac{Lb}{hr}$$

Por lo tanto, el caudal de agua para 1.0 Ton de refrigeración será:

$$Q = 2.224 \text{ GPM}$$

Por ello la capacidad del enfriador de agua (Chiller) será de:

$$\text{Capacidad} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{Q} = \frac{66.64}{2.224}$$

$$\text{Capacidad} = 29.96 \text{ Tons.}$$

Por ello la Capacidad del enfriador según capacidades estándares del mercado será de:

$$\text{Capacidad} = 30 \text{ Tons.}$$

La capacidad del Chiller para consumo inmediato de las 12 incubadoras y 2 nacedoras será de **20 Ton** y para futuro se añadirá otro Chiller de capacidad de **10 Ton** para completar la capacidad total calculada.

Dimensionamiento de la tubería

Obtenemos el diámetro interior basándonos en la ecuación de continuidad de un líquido, y fijando una velocidad de hipótesis comprendida entre 0.5 y 2 m/s, según las condiciones de cada tramo, de este modo aplicamos la siguiente fórmula:

$$Q = V \times A \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi V}}$$

Donde:

Q: Caudal de agua (m³/s)

D: Diámetro calculado (m)

V: Velocidad del agua en la tubería (m/s)

Una vez calculado el diámetro de la tubería selección un diámetro estándar de acuerdo a lo utilizado en el mercado según las especificaciones mencionadas líneas abajo.

calculo de la velocidad

Una vez seleccionado el diámetro de la tubería del sistema según los catálogos comerciales, recalculamos la velocidad basándonos de nuevo en la ecuación de la continuidad de un líquido, despejando la velocidad se obtiene la siguiente fórmula:

$$Q = V \times A \Rightarrow V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Donde:

Q: Caudal de agua (m³/s)

D: Diámetro calculado (m)

V: Velocidad del agua en la tubería (m/s)

Calculo de la perdida de carga POR FRICCION

Para calcular las perdidas por fricción de la tubería depende de la longitud de ella, velocidad del agua, diámetro, longitud equivalente de accesorios. Estos valores de pérdida de fricción en tuberías y longitud equivalente son listados en la tabla adjunta, la longitud de tubería, cantidad y tipo de accesorios son tomadas del plano de distribución del sistema.

Para el cálculo de la perdida por fricción utilizamos la siguiente fórmula:

$$h = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h: Perdida de carga por fricción (m)

f: Coeficiente de fricción adimensional

L: Longitud de tubería (m)

D: Diámetro interior de la tubería (m)

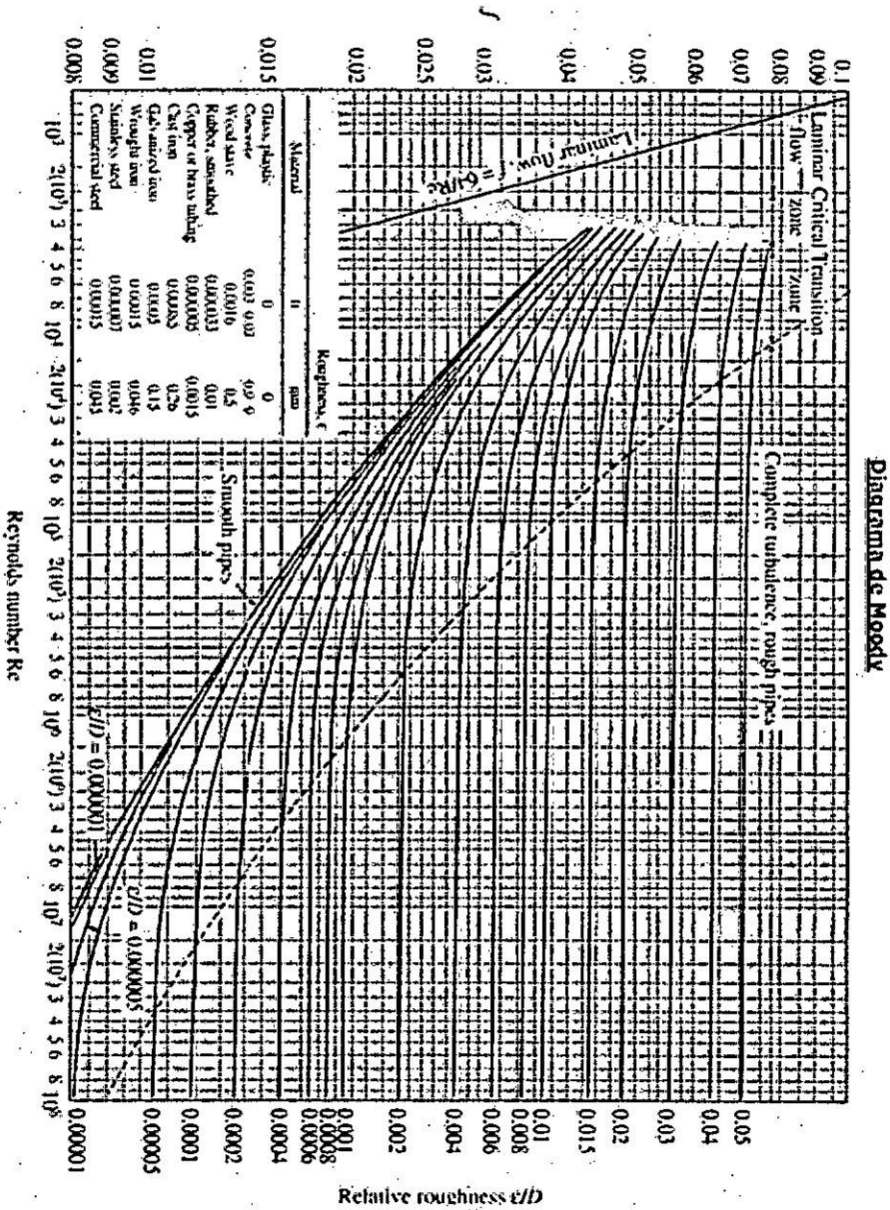
V: Velocidad del agua (m/s)

g: aceleración de la gravedad (m/s²)

El coeficiente fricción depende del Número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería:

($\epsilon r = \epsilon/D$), donde $\epsilon = 0.03$ mm para tuberías comerciales. Luego de ello se utiliza el diagrama de Moody adjunto para calcular el coeficiente de fricción.

FIGURA 4.5
Diagrama de Moody



Fuente: universidad de Oviedo 2008

A continuación, mostramos una tabla de resumen de cálculo para la pérdida por fricción del sistema

TABLA 4.8
Perdida por fricción tramo A-B

PERDIDA POR FRICCION TRAMO A-B			
Tubería Øpulg	Distancia Total (m)	Distancia Total (ft)	Pérdidas por fricción (ft)
Ø2"	15.0	49.21	1.88

TABLA 4.9
Perdida por fricción accesorios tramo A-B

PERDIDA POR FRICCION ACCESORIOS TRAMO A-B			
	Cantidad	Longitud Equivalente (ft)	Pérdidas por fricción (ft)
Codos Ø2"	8	78.74	3.20
Válvula de bola Ø2"	3	7.874	0.32
Válvula Check Ø2"	1	11.48	0.46
Total de Perdidas ft			3.98 ft

TABLA 4.10
Perdida por fricción tramo B-C

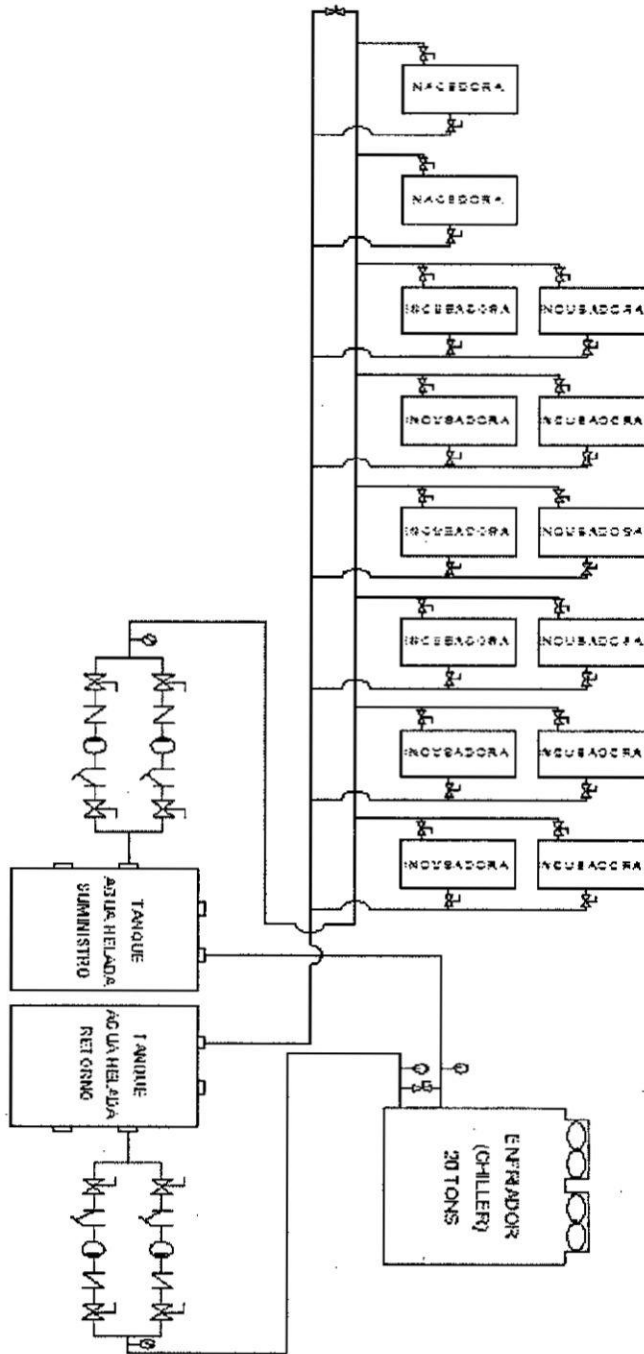
PERDIDA POR FRICCION TRAMO B-C			
Tubería Øpulg	Distancia Total (m)	Distancia Total (ft)	Pérdidas por fricción (ft)
Ø2"	102	334.64	8.06
Ø1 ½"	21.34	70.01	1.3
Ø1/2"	15.30	50.18	3.04
Total de Perdidas ft			12.40 ft

TABLA 4.11
Perdida por fricción accesorios tramo B-C

PERDIDA POR FRICCIÓN ACCESORIOS TRAMO B-C			
	Cantidad	Longitud Equivalente (ft)	Pérdidas por fricción (ft)
Codos Ø2"	5	5.51	1.13
Codos Ø1/2"	7	1.51	0.08
Tee Ø2"	2	12.01	0.61
Tee Ø1 ½"	2	4.30	0.07
Válvula de bola Ø2"	4	5.91	0.20
Válvula Check Ø2"	1	19.03	0.32
Total de Perdidas ft			2.41 ft

Esquema para el cálculo de la pérdida de presión por tramo:

FIGURA 4.6
Sistema de agua fría



Calculo de las bombas para el sistema de agua helada

Para la selección de la bomba se requiere dos parámetros:

La cantidad de galones por minuto de agua y el cabezal manométrico a vencer.

Para determinar el cabezal manométrico se determinaron las pérdidas por fricción tuberías y accesorios en la ruta más crítica del sistema, además de ello se debe de considerar la pérdida de presión en los equipos de consumo, el enfriador y la diferencia de altura geométrica.

Según catálogos la pérdida de presión en los equipos es:

Calculo de la Bomba para el Tramo A-B

$$\Delta H_{B3,B4} = \Delta H_{chiller} + \Delta H_{friccion} + \Delta H_{estatica}$$

Según catálogos la perdida de presión requerida para un chiller de 20 Tons es:

$$\Delta H_{chiller} = 9.84 \text{ ft}$$

$$\Delta H_{estatica} = 19.68 \text{ ft}$$

Entonces:

$$\Delta H_{B3,B4} = 9.84 + 5.86 + 19.68$$

$$\Delta H_{B3,B4} = 35.38 \text{ ft}$$

Calculo de la Bomba para el Tramo B-C

$$\Delta H_{B1,B2} = \Delta H_{Equipo} + \Delta H_{friccion} + \Delta H_{estatica}$$

Según catálogo la pérdida de presión requerida para los equipos de consumo es:

$$\Delta H_{Equipo} = 103.44 \text{ ft}$$

Entonces:

$$\Delta H_{B1,B2} = 103.44 + 16.40 + 14.83$$

$$\Delta H_{B1,B2} = 134.67 \text{ ft}$$

Por lo tanto, las bombas requeridas serán:

Bombas Suministro a los Equipos B1 y B2:

$$Q = 33.4 \text{ GPM}$$

$$\Delta H_{B1,B2} = 135 \text{ ft}$$

Bombas Suministro al Tanque de Almacenamiento B3 y B4:

$$Q = 44.5 \text{ GPM}$$

$$\Delta H_{B3,B4} = 35 \text{ ft}$$

4.6 Procesamiento estadísticos y análisis de datos

En esta etapa se procedió a desarrollar la prueba del recorrido mediante una prueba de ajuste en los equipos que se van a trabajar en el sistema.

Realizando los ajustes en el subsistema de agua caliente se obtuvieron los siguientes datos:

Condición 1: Se disminuyó algunos accesorios en el recorrido

Condición 2: Según los cálculos realizados

Condición 3: Se agregó algunos accesorios en el recorrido

Accesorios (uniones roscadas, válvulas de seguridad, otros)

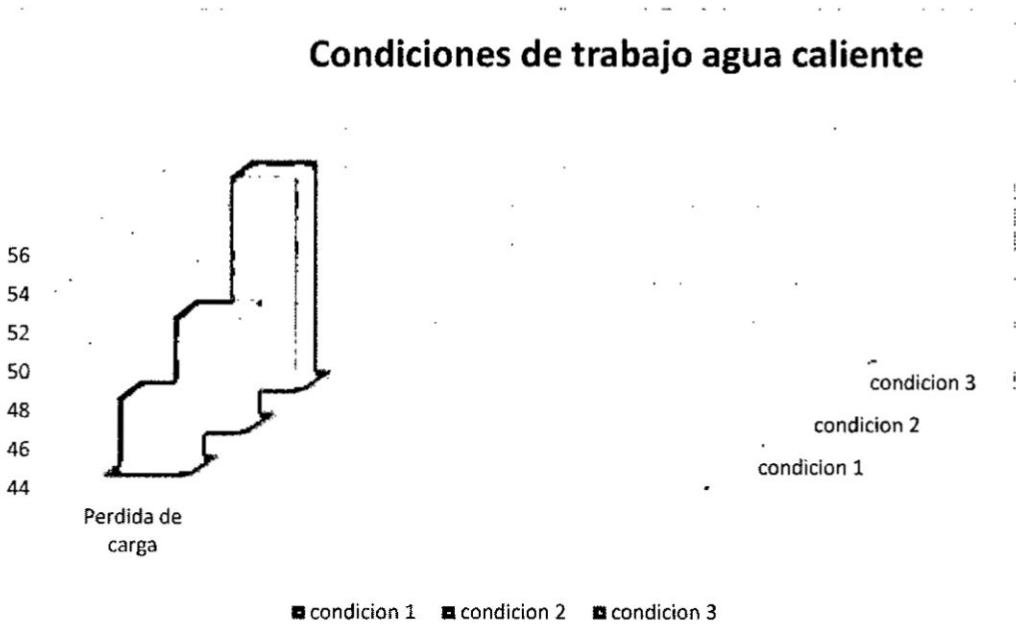
TABLA 4.12

Tabla de carga vs las condiciones de instalación

Condiciones de trabajo	Perdida de cargas (m)	observación
1	48	Caudal requerido
2	50	El caudal no fue eficiente
3	55	No encendió la maquina

FIGURA 4.7

Grafica de carga vs condición de trabajo de agua caliente



Realizando los ajustes en el subsistema de agua fría se obtuvieron los siguientes datos:

Condición 1: Según cálculos realizados

Condición 2: Se agregó válvulas de bola

Condición 3: Se agregó demasiados accesorios

Accesorios (uniones roscadas, válvulas de seguridad, otros)

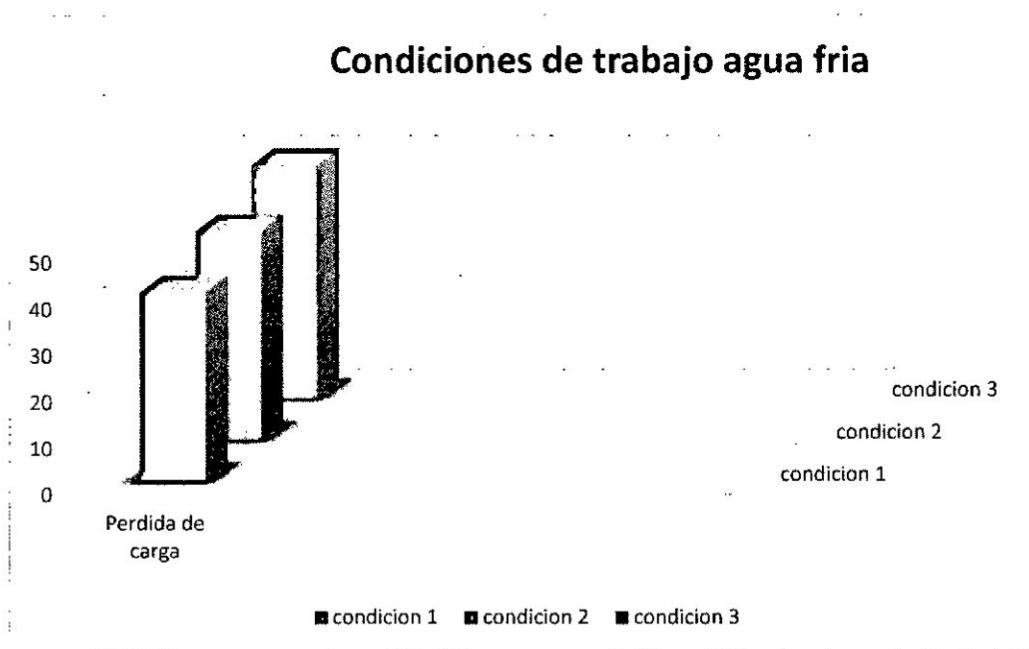
TABLA 4.13

Tabla de carga vs las condiciones de instalación

Condiciones de trabajo	Perdida de cargas (m)	observación
1	41	Fue excesivo el caudal
2	45	Caudal eficiente
3	50	No encendió la maquina

FIGURA 4.8

Grafica de carga vs condición de trabajo de agua fría



V: RESULTADOS

- **RESULTADOS PARCIALES**

- **Análisis de agua de pozo**

Dureza Total del agua : 200 ppm

Total de Solidos Disueltos : 500 ppm

PH : 8

TABLA 5.1

- **Identificación de la especificación técnica de la incubadora**

CAPACIDAD			
31680 HUEVOS- POLLO			
AGUA DE CALEFACCION		AGUA DE ENFRIAMIENTO	
PRESION	45 PSI	PRESION	45 PSI
TEMPERATURA	82°C	TEMPERATURA	12° C
CONSUMO	9 L/ min	CONSUMO	9 L/ min

- **Subsistema de agua dura**

TABLA 5.2

Resultados de equipos de agua dura

equipos	características	ubicación	cantidades
Bombas	Q= 70 GPM H= 280 ft	P-101 P-102	02 bombas centrifugas
tanque	Capacidad 20m ³	TK-101	01 tanque cisterna de concreto

- Subsistema de agua blanda

TABLA 5.3
Resultados de equipos de agua blanda

equipos	características	ubicación	cantidades
Equipo ablandador	Tanque ablandador de 60 gal Tanque salmuera de 50 gal	TK-201 /TK-202 TK-203	02 tanques de ablandamiento 01 tanque de salmuera
bombas	Q= 31 GPM H = 115.3 ft	P-201 P-202	02 bombas centrifugas
Tanque de almacenamiento	Capacidad 6m ³	TK-204	01 tanque de almacenamiento

- Subsistema de agua caliente

TABLA 5.4
Resultados de equipos de agua caliente

Equipos	características	ubicación	cantidades
Caldera	30BHP	E-201	01 caldera
Bomba de suministro a caldera	Q =57.2 GPM H = 95 ft	P-203 P-204	02 bombas centrifugas
Bomba de suministro a incubadora	Q = 28.6 GPM H = 165 ft	P-205 P-206	02 bombas centrifugas
Tanque de almacenamiento	Capacidad 2.5 m ³	TK-205	01 tanque de almacenamiento

- **Subsistema de agua helada**

TABLA 5.5
Resultados de equipos de agua helada

equipos	características	ubicación	cantidades
Chiller	20 ton	E-202	01 chiller
Bomba de suministro a chiller	Q = 44.5 GPM H = 35 ft	P-207 P-208	02 bombas centrifugas
Bomba de suministro a incubadora	Q = 33.4 GPM H = 135 ft	P-209 P-210	02 bombas centrifugas
Tanque de almacenamiento	Capacidad 2.5 m ³	TK-206 / TK-207	02 tanque de almacenamiento

- **RESULTADOS FINALES**

- Diseño de un sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollo a partir de aguas de pozo.

En la figura 5.1 se muestra la imagen del diseño de un sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollo a partir de las aguas de pozo.

La siguiente instalación de planta se inicia con el suministro de agua de subsuelo ubicado en un pozo de profundidad de 20 m el cual es captado mediante una bomba sumergible P-101 tipo lapicero con una potencia de 2HP impulsara hasta un tanque de almacenamiento TK-101 de agua dura de capacidad de 100m³. El agua de este tanque será impulsada por dos bombas (P-102/P-103) de potencia 5KW instaladas en paralelo, lo cual será llevado hasta un tanque filtro de arena (FIL-103) compuesto por piedras cuarzoes de capacidad 3m³.

Después de pasar el agua dura por el tanque filtro de arena continuará por un manifold que distribuirá para agua de servicio, puntos de lavado y agua de proceso, esta agua de proceso se llevará hasta unos ablandadores (R-201/R-202) de capacidad 11.7 gr/gln y una capacidad de tanque de resina (TK-201) 15ft³, donde se realizara el intercambio iónico de los iones Calcio, Magnesio y Hierro, dando asi

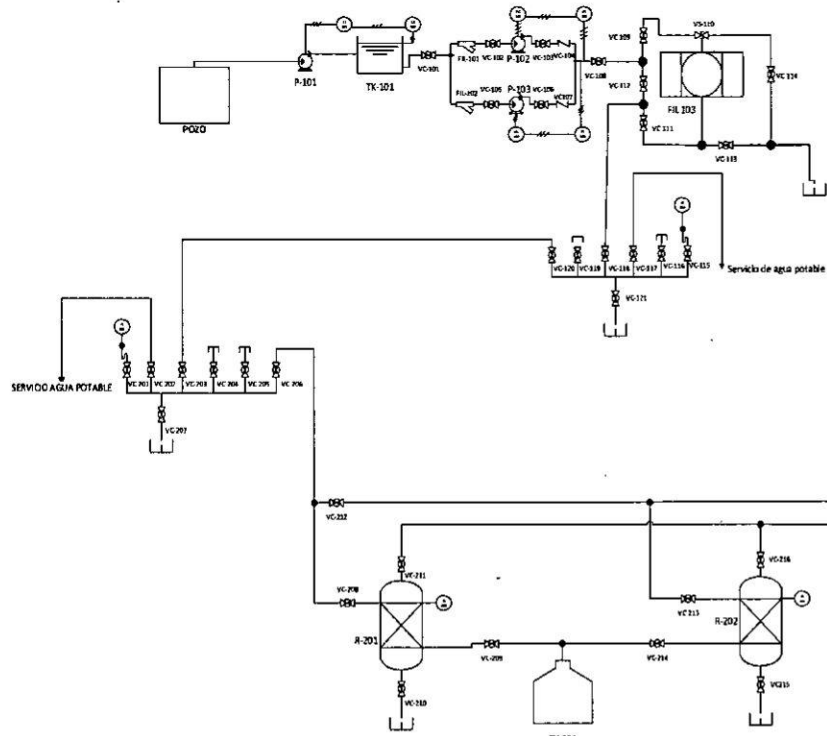
el agua blanda. Esta agua blanda será llevada hacia un tanque de almacenamiento (TK-202) de 3m³ con techo tapado, posteriormente el agua blanda será impulsada mediante dos bombas (P-201/P202) en paralelo de 2.2 Kw hacia un manifold el cual distribuirá el agua hacia un tanque de suministro para agua caliente y otro tanque de suministro para agua fría.

El agua del tanque de suministro (TK-204) para agua fría será impulsado mediante dos bombas (P-207/P-208) de 2.2 Kw instaladas en paralelo hacia un chiller (intercambiador de calor (IC-202) mediante un compresor) de potencia de 20 ton el cual enfriará el agua hasta 10°C y esta agua se almacenará en un tanque encapsulado (TK-205) de agua fría, esta agua fría será impulsada por dos bombas (P-209/P-210) en paralelo de 2.2 Kw hacia las incubadoras, lo cual esta agua cumplirá la función de regular la temperatura de trabajo de las incubadoras, posteriormente regresará el agua hacia el tanque de suministro para agua fría cumpliendo así un circuito cerrado.

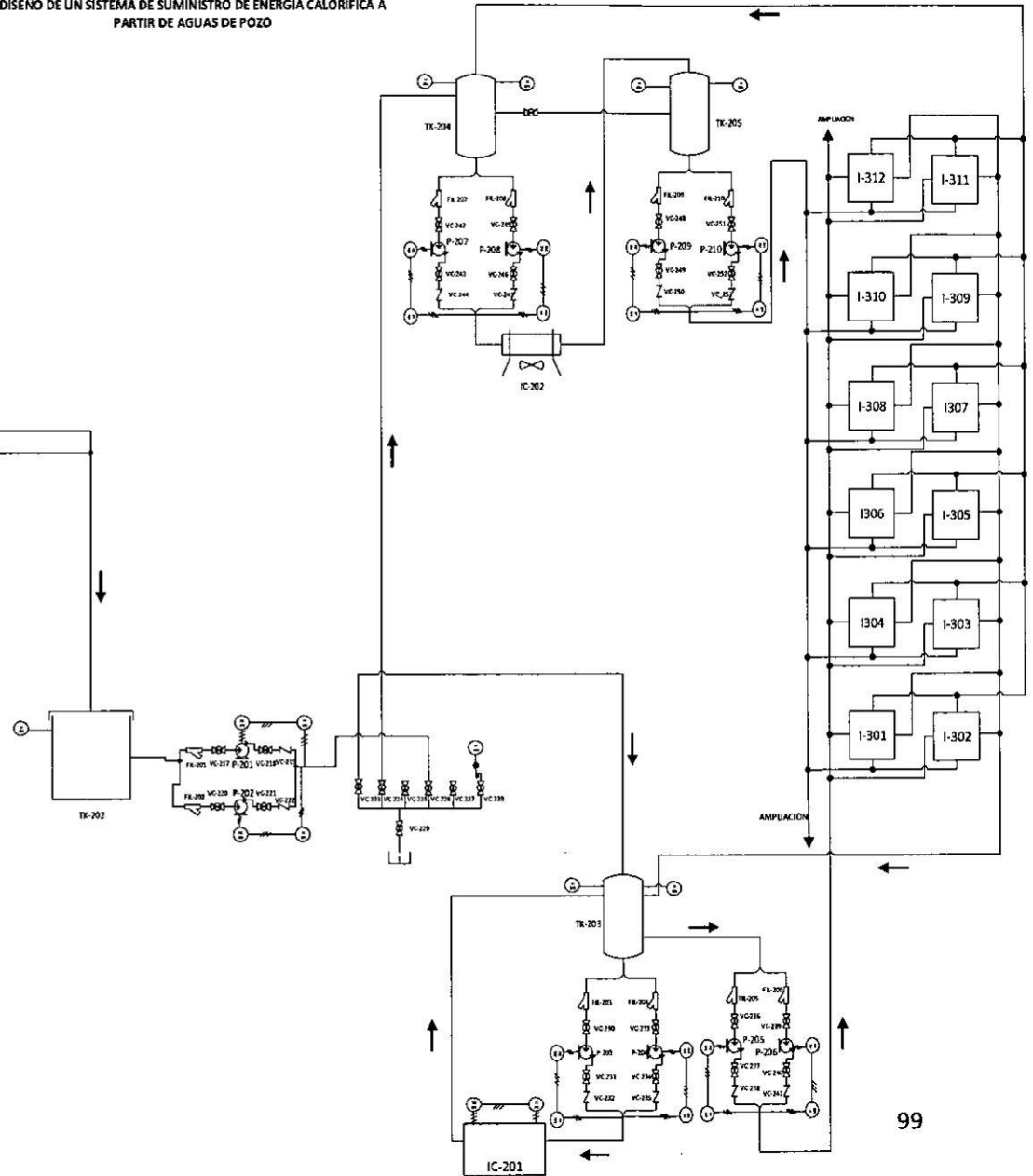
El agua del tanque de suministro (TK-203) para agua caliente será impulsado mediante dos bombas (P-203/P-204) de 3 Kw instaladas en paralelo hacia un caldera (intercambiador de calor (IC-201) mediante combustible gas y petróleo) de 30 BHP de potencia, el cual calentará el agua hasta 70°C y esta se almacenará en un tanque encapsulado (TK-203) de agua caliente, esta agua caliente será impulsada por dos bombas (P-205/P-206) en paralelo de 2.2 Kw hacia las incubadoras, lo cual esta agua cumplirá la función de calentar el ambiente de las incubadoras, posteriormente regresará el agua hacia el tanque de suministro para agua caliente cumpliendo así un circuito cerrado.

FIGURA 5.1

Diseño de un sistema de suministro de energía calorífica



DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA CALORIFICA A PARTIR DE AGUAS DE POZO



VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados.

- Al realizar el análisis del agua de pozo se obtuvo una dureza de 200ppm y un PH 8 con lo cual se seleccionó un sistema de tanque de ablandamiento con resina con una capacidad de 60 galones y un tanque de salmuera de 50 gal para una regeneración en un ciclo de 12 horas.
- La especificación técnica de la incubadora de capacidad de 31680 huevos, se requiere agua caliente a 70 °C y un caudal de 9 L/ min con lo cual se caracterizó una caldera de 30 BHP para calentar todo el sistema. Luego para regular el sistema se requiere agua helada de 12°C con lo cual se caracterizó un chiller de 30 ton de refrigeración.

CONCLUSIONES

1. En el análisis de agua dura se obtuvo 200ppm de grado de dureza, con el cual se seleccionó un sistema de ablandamiento con resina polimérica de capacidad de 71.28 m³ de agua blanda por un periodo de 12 horas.
2. Se identificó una incubadora para 36000 huevos, la cual requiere una temperatura en intervalos de 70°C y 10°C. Con los datos identificados se caracterizó una caldera de 30 BHP y un chiller de 20 ton que suministrarán la energía calorífica a las incubadoras.
3. Con los equipos identificados y caracterizados se diseñó un sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollo mejorando la producción y satisfaciendo las nuevas tecnologías.

RECOMENDACIONES

1. En zonas rurales es recomendable el uso de incubadoras solares, ya que reducirá el costo de instalación del sistema de suministro de energía calorífica.
2. En el sistema de bombeo se recomienda instalar bombas en paralelo, para que una bomba se pueda realizar mantenimiento y la otra que continúe funcionando.
3. Como es un sistema presurizado se recomienda utilizar válvulas de seguridad en cada tanque encapsulado, como medida de seguridad.
4. Los efluentes del proceso se recomiendan utilizarlos en la agricultura.

REFERENCIAS

1. ACOMEE. (2017). **Caldera**. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <https://www.acomee.com.mx/CALDERA.pdf>
2. ALMANZA, D. (Sin fecha). **Investigación, cuadro de comparación de calderas pirotubulares y acuotubulares**. Recuperado el 10 de abril del 2016, de https://www.academia.edu/26228284/INVESTIGACION_CUADRO_DE_COMPARACION_DE_CALDERAS_PIROTUBULARES_Y_ACUOTUBULARES?auto=download
3. ARNULFO OELKER BEHN. (2016) Tratamiento de agua para calderas. Recuperado el 12 febrero del 2017, de [norese.com/publicaciones/Tratamiento%20Agua%20Calderas.pdf](http://www.norese.com/publicaciones/Tratamiento%20Agua%20Calderas.pdf)
4. ATECYR (sin fecha). **Agua caliente sanitaria central**. Recuperado el 23 de noviembre del 2017, de <https://www.atecyr.org/eATECYR/.../d5d73b5d750741a86e3087ad6373ebc8aeeaf5f1.p...>
5. AVICULTURA. (2014). **Un joven mexicano diseña una incubadora solar**. Recuperado el 18 de abril del 2014, de <http://www.avicultura.com/2014/04/18/un-joven-mexicano-disena-una-incubadora-solar/>
6. DANIEL, O. (2003). **Incubadora de huevos de gallina de corral**. Recuperado el 12 de octubre del 2016, de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Incubadora_de_huevos.pdf
7. ECOCHILLERS. (2017a). **Chillers enfriadores de líquidos**. Recuperado el 15 de octubre del 2017, de <http://ecochillers.com/Que-es-un-Chiller>
8. ECOCHILLERS. (2017b). **¿Qué es un chiller?** Recuperado el 25 de octubre del 2017, de <https://ecochillers.net/que-es-un-chiller.html>

9. ECURED. (2017). **Incubación**. Recuperado el 28 de octubre del 2017, de <http://www.ecured.cu/index.php/Incubaci%C3%B3n?PageSpeed=noscript>
10. EL SITIO AVÍCOLA. (2010). **Incubación artificial**. Recuperado de 15 de agosto del 2016, <http://www.elsitioavicola.com/articles/1802/incubacion-artificial/>
11. FACSA. (2017). **La dureza del agua**. Recuperado el 15 setiembre del 2017, de <http://www.facsa.com/elagua/calidad/La%20dureza%20del%20agua#.WfoNUMjWzIU>
12. SIERRA, G. (2013). **Diseño y construcción de una incubadora de huevo económica**. Recuperado el 20 de agosto del 2017 de http://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria21/feria218_01_diseno_y_construccion_de_una_incubadora_de_huevo_e.pdf
13. TABLADA, O. (Sin fecha). **La incubación**. Recuperado el 15 de agosto del 2016 de <http://repositorio.uca.edu.ni/1966/1/La%20incubaci%C3%B3n%20.pdf>
14. THERMAL ENGINEERING LTDA (sin fecha). **Tratamiento de agua para calderas** Recuperado el 20 de noviembre del 2017, de <https://www.journals.elsevier.com/applied-thermal-engineering>
15. TSolucionera. (2016). **Intercambiador de calor: ¿qué es y para qué sirve?** Recuperado el 20 de diciembre del 2016 de <http://tsolucionera.com/noticias/intercambiadores-calor-que-son-sirven/>
16. UNIVERSIDAD DE OVIEDO (2008). **Perdida de cargas en tuberías**. Recuperado el 25 de noviembre del 2017, de <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanicageneral/Manuales/Perdidasde carga.pdf>

17. VET-UY. (2004). **Tecnología de la Incubación**. Recuperado el 25 de agosto del 2017 de http://www.veterinaria.org/asociaciones/vet-uy/articulos/artic_avic/019/avic019.htm

ANEXOS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA CALORIFICA A INCUBADORAS PARA POLLOS UTILIZANDO AGUAS DE POZO DEL
DISTRITO DE SUPE-LIMA**

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Método
¿Cómo sería el diseño del sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollos utilizando las aguas de pozo del distrito de supe?	Diseñar un sistema DE suministro de energía calorífica a incubadoras para pollo utilizando aguas de pozo del distrito de Supe- Lima.	Con el diseño adecuado de un sistema generador de energía utilizando aguas de pozo del distrito de Supe, se podrá obtener energía calorífica a incubadoras para pollos.	Diseño del sistema de suministro de energía calorífica a incubadoras para pollos	Flujo de energía calorífica	- BTU/h - Kcal/h - Cantidad de calor	Análisis de modelo matemático
Problema Especificos	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifica	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Método
¿Cuál sería el sistema adecuado para el tratamiento de las aguas de pozo provenientes del distrito de supe?	Seleccionar y desarrollar un sistema de tratamiento de las aguas de pozo provenientes del distrito de Supe.	Con la tecnología seleccionada para tratamientos, usada en generadores de energía calorífica, se podrá desarrollar un sistema de tratamientos de las aguas de pozo del distrito de Supe.	Selección de la tecnología de tratamiento de aguas de pozo.	Flujo volumétrico o cantidad de agua tratada	- m ³ /h	Análisis de modelo matemático
¿Cuál sería la capacidad de energía calorífica que necesitan las incubadoras para pollo?	Determinar la capacidad de energía calorífica que necesitan las incubadoras para pollos.	Con los métodos de cálculos adecuados, se podrá determinar la capacidad de energía calorífica que necesitan las incubadoras para pollos.	Determinación de la capacidad de energía calorífica necesaria para las incubadoras	Flujo calórico	- BTU/h - Kcal/h	Análisis de modelo matemático
¿Cómo se diseñarán los equipos que componen el sistema de suministro de energía calorífica?	Diseñar los equipos que componen las unidades del sistema del suministro de energía calorífica para las incubadoras	Con los fundamentos y procedimientos de diseño de equipos, se podrán diseñar los equipos que componen el sistema de suministro de energía calorífica para las incubadoras.	Diseño de los equipos que componen las unidades del sistema de suministro de energía calorífica	Capacidad de los equipos	- BHP - HP - Ton - m ³	Diseño de equipos

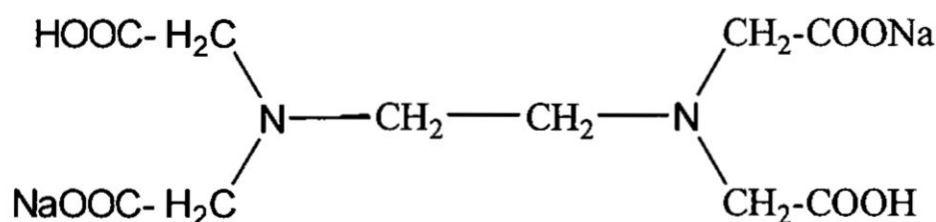
INFORME DE LABORATORIO

DETERMINACIÓN COMPLEXOMÉTRICA DE LA DUREZA DE UN AGUA

Tradicionalmente, la dureza del agua se ha definido como la capacidad de los cationes presentes en la misma para sustituir a los iones sodio y potasio en los jabones y formar productos poco solubles. La mayoría de los cationes de elevada carga presentan esta propiedad, sin embargo, en aguas naturales y potables la concentración de iones calcio y magnesio, en general, es muy superior a la de los otros iones metálicos. Por consiguiente, se denomina dureza de un agua a la cantidad total de iones Ca(II) y Mg(II) presentes en una muestra de agua, expresada como partes por millón (ppm) de CaCO₃.

Se dice que un agua es "dura" cuando contiene en disolución cantidades apreciables de sales cálcicas y magnésicas, fundamentalmente como cloruros, sulfatos y bicarbonatos. La dureza debida a la presencia de bicarbonatos se conoce como "dureza temporal", ya que puede eliminarse por simple ebullición o por adición de alcalí en disolución que transforma los bicarbonatos en carbonatos solubles. Por el contrario, la dureza producida por los sulfatos y cloruros no puede eliminarse y por esta razón se denomina "dureza permanente".

La dureza del agua se determina generalmente mediante una valoración complexométrica con Na₂AEDT (sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético, que suele representarse por H₄Y), compuesto que actúa como ligando polidentado frente a numerosos iones metálicos, con los que origina diferentes complejos quelatos de distinta estabilidad en función del pH del medio. El punto final de la valoración se pone de manifiesto mediante la utilización de un indicador metalocrómico (generalmente suele ser un colorante orgánico que forma quelatos coloreados con los iones metálicos a valorar).



Sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (AEDT)

Los iones Ca(II) y Mg(II) forman compuestos quelatos de estequiometría 1:1 con el AEDT. Para poner de manifiesto el punto final de la valoración se usa como indicador el NeT (negro de eriocromo T). El NeT -cuando se encuentra sólo- muestra un color azul puro, pero en presencia de Mg(II), forma con este ión un complejo de color rojo vinoso.

Determinación de la dureza

Para determinar experimentalmente la dureza total, se opera a pH = 10 (medio en el que coexisten en disolución los iones Ca(II) y Mg(II)), manteniendo el pH con disolución reguladora NH₃/NH₄Cl. Al adicionar inicialmente el indicador (NeT) se origina el color rojo vinoso correspondiente al complejo Mg-NeT. Al ir agregando AEDT desde la bureta, éste va complejando los iones Ca(II) y Mg(II) libres en la disolución y cuando éstos se agotan, la adición de una gota de AEDT desplaza el NeT de su complejo con Mg(II), debido a que forma con este ión un complejo más estable que el NeT, por lo que aparece el color azul puro propio del indicador libre, permitiendo así visualizar el punto final de la valoración.

Reacción volumétrica: $\text{Ca(II)} + \text{Mg(II)} + \text{AEDT} \rightarrow \text{Ca(II)-AEDT} + \text{Mg(II)-AEDT}$

Reacción en el punto final: $\text{Mg(II)-NeT} + \text{AEDT} \rightarrow \text{Mg(II)-AEDT} + \text{NeT}$
Rojo vinoso Azul

DISOLUCIONES Y PRODUCTOS NECESARIOS

- Disolución patrón 0.01 M de Na₂-AEDT.

Se prepara de acuerdo con la siguiente receta:

Secar aproximadamente 2.5 g de la sal disódica del ácido etiléndiaminotetraacético dihidratada (R.A.) en un vidrio de reloj (2 h a 80 °C). Enfriar en un desecador (30 minutos aproximadamente) y a continuación pesar con exactitud 1.861 g de la misma. Transferir a un matraz aforado de 500 ml y adicionar un volumen de agua desionizada de 400 ml aproximadamente, remover periódicamente hasta la total disolución del sólido (El AEDT se disuelve lentamente y el proceso puede durar media hora o más). A continuación, enrasar a 500 ml con agua desionizada. Guardar la disolución resultante en un frasco o botella de prolietileno acondicionada para tal fin (para ello previamente enjuagar la botella perfectamente limpia con tres pequeñas porciones de la disolución de AEDT).

- Disolución reguladora NH₃/NH₄Cl, pH = 10.

Se prepara disolviendo 64 g de NH_4Cl (R.A.) en agua, añadiendo a continuación 57 ml de NH_3 concentrado (P.A.) y diluyendo finalmente a 1000 ml.

- *Mezcla indicadora.*

Negro de eriocromo T al 1% en NaCl sólido.

MATERIAL NECESARIO

- Balanza.
- Pesasustancias.
- Vidrio de reloj.
- Desecador.
- Pipetas de 100, 25, 10 y 5 ml.
- Matraces aforados de 1000, 500 y 100 ml.
- Botella de polietileno de 500 ml.
- Matraces erlenmeyer de 250 ml.
- Bureta de 50 ml.

PROCEDIMIENTO OPERATORIO

Determinación de la dureza

Se pipetea 100 ml del agua a analizar y se introducen en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, adicionando a continuación 5 ml de disolución reguladora $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ de $\text{pH} = 10$ y aproximadamente 0.2 g de la mezcla indicadora (NeT/NaCl). Una vez homogeneizada la disolución, se procede a su valoración con disolución de $\text{Na}_2\text{-AEDT}$ 0.01 M hasta viraje del indicador.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

- Determinación de la dureza

Muestra	vol. muestra (ml)	Lectura bureta inicial	Lectura bureta final	vol. gastado (ml)	ppm
1	200	50ml	10ml	40	200
2	200	50ml	11ml	39	195
3	150	50ml	20ml	30	200
4	150	50ml	19ml	31	206
5	150	50ml	21ml	29	193

Tratamiento de datos:

$$[\text{Dureza total}] = \frac{V_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{MUESTRA}}} \times 100091$$

