

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Rediseño del Sistema Térmico Para la Producción de Nauplios de
Camarón"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Fernando Garnica Delgado

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por las bendiciones que recibí durante el estudio de esta hermosa carrera. A mi mamá y papá, por su importante apoyo en todo momento. A mi hermana y su esposo, por sus valiosos consejos. Y a mí enamorada Diana, por su impulso durante el desarrollo del proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Fernando Garnica Delgado

Ing. Ernesto Rolando Martínez Lozano

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".



Fernando Garnica Delgado



Ing. Ernesto Martínez Lozano

RESUMEN

En este proyecto se analiza el rediseño del sistema térmico en un laboratorio de larvas de camarón, debido que los equipos que se encuentran operando actualmente son de baja eficiencia energética, provocando un alto consumo de combustible para el calentamiento del agua salada y por ende un elevado costo de operación. Además la falta de un sistema de control en el proceso, ha generado que en ocasiones no se alcance la temperatura de 31°C, retardando el proceso de eclosión y por ende verse afectado hasta en un 20% de la producción diaria de los nauplios de camarón. El estudio que se presenta tiene como objetivo el optar por los equipos térmicos que permitan una respuesta efectiva para el calentamiento del agua salada que ingresan a las salas de eclosión; a la vez de controlar la temperatura del mismo.

Para lograr el objetivo planteado se analizó los diferentes tipos de calentadores existentes en el mercado, siendo la mejor opción el calentador eléctrico. Se analizó el material adecuado de tubería para la distribución del agua salada a la sala de eclosión, siendo la mejor opción el PVC. Se calculó la potencia de las bombas hidráulicas de acuerdo a los caudales requeridos, de donde se obtuvo bombas de 10, 7.5 y 0.75 HP. Se calculó la potencia del calentador para llegar a la temperatura deseada, siendo esta de 569kW y además se diseñó el sistema de control para asegurar que la temperatura que ingresa a las salas de eclosión sea de 31°C.

Por último se analizó la viabilidad de la implementación del proyecto, de donde se obtuvo un costo inicial de \$ 94.633,11 y un tiempo de retorno de la inversión es de 18 meses, teniendo como resultado un proyecto factible.

Palabras Clave: nauplios, eclosión, salinidad, temperatura.

ABSTRACT

In this project will be analyzed the redesign of the thermal system in a larva shrimp laboratory, because the equipments that are currently operating are low efficiency, resulting in high fuel consumption for heating salt water and therefore a high cost operation. Besides the lack of a control system, it has generated that sometimes the temperature of 31°C is reached, thus retarding the hatching process and thus be affected up to 20% of the daily production of nauplii shrimp.

The study presented it got like objects to choose the thermals equipment to enable an effective response to heat salt water entering to hatching rooms; while controlling the temperature thereof.

To achieve the objective was analyzed some different of heaters available on the market, being the option the electrical heater. It was analyzed the right material of piping for distribution of salted water entering to hatching rooms, being the PVC the best choice. It was calculated the power of hydraulic pumps according the flow request, where pumps have choosed got 10, 7.5 and 0.75 HP. The heater power was calculated for get the desired temperature, this being of 569 kW and also the control system was designed to ensure that the temperature entering rooms hatching is 31°C.

Finally, it was analyzed the feasibility of the project implementation, where the initial cost is \$94,633.11 and the payback time is 18 months, resulting a completely viable project.

Keywords: Hatching, Nauplii, salinity and temperature

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivo General.....	2
1.3 Objetivos Específicos	2
1.4 Marco Teórico	2
1.4.1 Producción de Camarón en el Ecuador	2
1.4.2 Ubicación Geográfica del Proyecto.....	3
1.4.3 Etapas de Desarrollo Larvario del Camarón	4
1.4.4 Proceso de Producción de Nauplios de Camarón	6
1.4.5 Calidad de Agua Requerida Para la Eclosión	7
1.4.6 Proceso de la producción de nauplios de camarón	8
1.4.7 Instalaciones del laboratorio de nauplios de camarón	9
1.4.8 Distribución del agua para el proceso de eclosión.....	12
CAPÍTULO 2.....	14
2 Metodología de Diseño.....	14
2.1 Introducción.....	14

2.2	Alternativas de diseño	15
2.2.1	Matriz de decisión para las tuberías	15
2.2.2	Matriz de decisión para calentadores	16
2.3	Parámetros de diseño	17
2.4	Cálculo de flujos de agua	18
2.4.1	Cálculo del flujo de agua en las salas de eclosión.....	18
2.4.2	Cálculo de flujo de agua en el reservorio de mezcla.....	19
2.5	Dimensionamiento de Tuberías.....	19
2.5.1	Selección de tuberías	19
2.5.2	Dimensionamiento de Bomba.....	20
2.6	Cálculo de pérdidas de calor	22
2.6.1	Pérdida de Calor en Tubería.....	22
2.6.2	Pérdida de Calor en el Reservorio de Mezcla.....	25
2.7	Selección del calentador	28
2.7.1	Cálculo de potencia de calentador.....	28
2.8	Planteamiento del Diseño.....	29
2.8.1	Sistema de Calentamiento de Agua Salada	29
2.8.2	Control de Pérdidas de Calor en el Reservorio de Mezcla	29
2.8.3	Sistema para el Calentamiento del Agua a las Salas de Eclosión	30
2.9	Sistema de Control.....	30
CAPÍTULO 3.....		32
3	Resultados.....	32
3.1	Resumen de parámetros seleccionados para el sistema	32
3.2	Resultados de caudales en el proceso de eclosión.....	32
3.3	Resultado de selección de tuberías y bombas hidráulicas.....	32
3.4	Resultados de las Pérdidas de Calor	33
3.5	Resultados de pérdida de calor en reservorio de mezcla.....	34

3.6	Resultados de selección de calentador de agua salada.....	34
3.7	Resultado del sistema de control	34
3.8	Análisis de Costos	34
3.8.1	Costo Inicial	34
3.8.2	Costo por Consumo de Energía.....	36
3.8.3	Tiempo de Recuperación de la Inversión.....	36
CAPÍTULO 4.....		40
4	Recomendaciones y Conclusiones.....	40
4.1	Conclusiones.....	40
4.2	Recomendaciones.....	41
BIBLIOGRAFIA		42
Anexos		43

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad

SIMBOLOGÍA

°C	Grados Celsius
K	Grados Kelvin
km	Kilómetros
m	metros
cm	Centímetros
mm	milímetros
pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
GPM	Galones por minuto
kg	Kilogramo
s	Segundos
W	Watts
kW	Kilowatts

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación Geográfica de Texcumar S.A.....	3
Figura 1.2. Ciclo de vida del camarón Peneido	4
Figura 1.3. Aspectos Principales del Maricultivo del Camarón	6
Figura 1.4. Etapas de la Larva de Camarón	6
Figura 1.5. Esquema de laboratorio de larvas de camarón Texcumar S.A.	11
Figura 1.6. Proceso del agua en producción de nauplios.....	13
Figura 2.1. Aislamiento del Reservorio de Mezcla.....	26
Figura 2.2 Sistema de control del reservorio de mezcla.....	30
Figura 2.3 Sistema de control de las salas de eclosión.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas las Larvas de Camarón	5
Tabla 2. Matriz de decisión para selección material de la tubería	15
Tabla 3. Ventajas y Desventajas de Diferentes Calentadores.....	16
Tabla 4. Matriz de Decisión Calentador de Agua	17
Tabla 5. Dimensión de estanques	18
Tabla 6. Flujo de agua en las salas de eclosión	18
Tabla 7. Diámetros mínimos de tuberías.....	20
Tabla 8. Potencias de las bombas.....	21
Tabla 9. Datos ambientales de San Pablo	24
Tabla 10. Resultados Pérdida de Calor en Tuberías.....	25
Tabla 11. Resultados Pérdida de Calor en Tuberías.....	26
Tabla 12. Resultados Pérdida de Calor en Reservorio de Mezcla	28
Tabla 13. Resultado de la potencia mínima del calentador eléctrico para el agua salada	28
Tabla 14. Resultados Caudales Distribución de Agua.....	32
Tabla 15. Resultados de Diámetros de Tuberías	33
Tabla 16. Resultados Potencias de Bombas	33
Tabla 17. Resultados Pérdida de Calor en Tuberías.....	33
Tabla 18. Presupuesto Referencial de Materiales y Equipos	35
Tabla 19. Costo por Consumo de Energía	36
Tabla 20. Ganancia por recuperación de producción	38
Tabla 21. Tiempo de recuperación de inversión.....	38

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1: Proceso del Área de Eclosión	44
Plano 2. Sistema de Calentamiento de Agua Salada	45
Plano 3. Sistema Térmico en Reservoirio de Mezcla	46
Plano 4. Instalación del sistema térmico	47

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Ecuador tiene un alto nivel de producción de camarón siendo el segundo producto no petrolero con mayor porcentaje de exportación en el país, es así que para mantener esta producción, se ha optado por la construcción de laboratorios de larvas de camarón con el objetivo de asegurar camarones de alta calidad, y a la vez reducir los niveles de mortalidad de los nauplios de camarón (Proecuador, 2016).

Un componente clave para reducir los índices de mortalidad es mantener la estabilidad térmica del agua a una temperatura de 31°C, siendo una condición idónea dentro del proceso de crecimiento de los nauplios. El agua de mar durante el año presenta variaciones térmicas que fluctúan entre 23 a 30°C, por lo que es indispensable diseñar un sistema que mantenga las condiciones térmicas clave para la supervivencia de la especie (INOCAR, 2016).

La situación antes expuesta representa un problema para el laboratorio de nauplios de camarón de la empresa Texcumar S.A. ubicada en la comunidad de San Pablo, provincia de Santa Elena; organización que actualmente cuenta con 90 estanques para el cultivo de nauplios de camarón, y que requiere eliminar las variaciones de temperatura del agua dentro del laboratorio de nauplios, así como mantener niveles óptimos de salinidad del agua del mar en los estanques, con el fin de disminuir la tasa de mortalidad y consecuentemente mantener e incrementar la producción de nauplios de camarón

1.2 Objetivo General

Diseñar un sistema para que mantenga la temperatura constante del agua de los estanques del laboratorio de nauplios de camarón, con el fin de reducir la tasa de mortalidad de la especie.

1.3 Objetivos Específicos

- Analiza diferentes equipos térmicos que permitan una respuesta efectiva ante las variaciones de temperatura del agua del mar, que ingresa a los estanques del laboratorio.
- Seleccionar el sistema adecuado de tuberías y bombas hidráulicas que satisfagan el caudal requerido y que operen de acuerdo a las necesidades del laboratorio.
- Plantear el sistema de control para mantener el agua del laboratorio de nauplios de camarón a una temperatura constante para coadyuvar a la reducción de la tasa de mortalidad.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Producción de Camarón en el Ecuador

El camarón ecuatoriano que se explota en cautiverio pertenece a la clase *Litopenaeus vannamei*, que se encuentra en el Pacífico americano, desde el golfo de California en México hasta el Perú. Esta variedad en cautiverio exige el mantenimiento de concentración adecuada de salinidad y temperatura idónea que garantice su supervivencia, durante las principales fases de su ciclo de vida, es decir, desde su estado de nauplios hasta la cosecha.

La producción de esta variedad de camarón tiene un importante impacto en la economía nacional. De acuerdo a Proecuador 2014, el rubro de Acuicultura representó el 21,27% de los productos no petroleros de exportación del Ecuador (Proecuador, 2016). De ahí que es de trascendental importancia mantener una producción del camarón que satisfaga plenamente la oferta interna y externa de este producto.

En relación con los laboratorios de larvas de camarón, esta industria procura mantener los niveles de producción para a su vez satisfacer la demanda del mercado, para ello constantemente deben mejorar su tecnología y el manejo de las variables a las que está expuesta la cría de camarón en cautiverio.

El proyecto del diseño del sistema térmico contribuirá al fortalecimiento del sector acuicultor a través de una propuesta de manejo idóneo de la temperatura del agua en los estanques de nauplios, logrando con esta aplicación reducir la mortalidad.

1.4.2 Ubicación Geográfica del Proyecto

Los laboratorios de larvas de camarón en el Ecuador se encuentran ubicado mayormente en la provincia de Santa Elena, en donde funcionan 130 laboratorios y que representan el 75% de producción de camarón en nuestro país. Para este proyecto, se realizará el estudio en el laboratorio Texcumar S.A. ubicado en el km. 2,5 vía San Pablo a Monteverde en la provincia de Santa Elena.

En la Figura 1.1 se observa la ubicación de la empresa Texcumar S.A. en la comunidad San Pablo, provincia de Santa Elena.

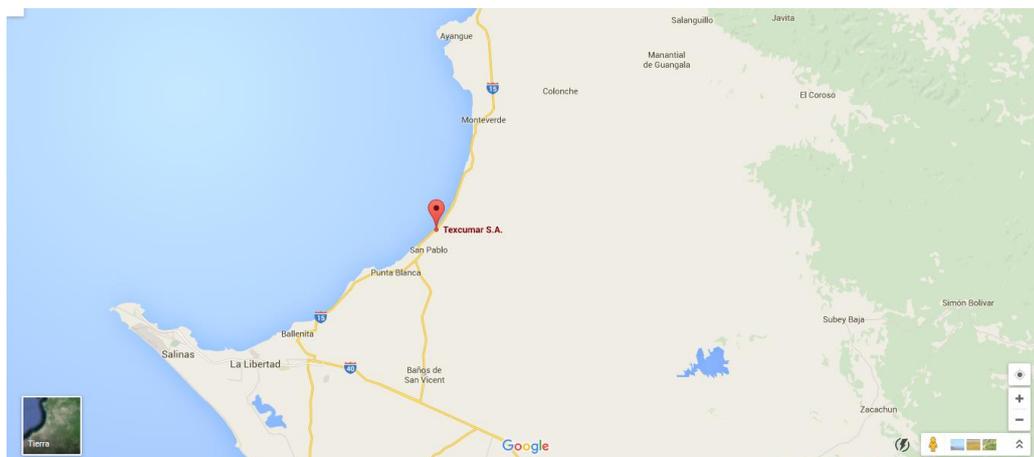


Figura 1.1. Ubicación Geográfica de Texcumar S.A.

Coordenadas: -2.1374603,-80.7614146

Fuente: (Google, 2016)

1.4.3 Etapas de Desarrollo Larvario del Camarón

De manera general, las larvas de camarón atraviesan 3 etapas distintas: etapa naupliar, etapa protozoal y etapa mysis; antes de su metamorfosis a camarón post-larva. Se estima que 1 de 4 nauplios llegan a desarrollarse hasta ser un camarón maduro.

Esquemáticamente se puede observar el ciclo de maduración de las larvas en la figura 1.2. La duración de cada etapa puede variar dependiendo de la especie y la temperatura de crianza (Granvil D. Treece y Michael E. Yates , 1993).

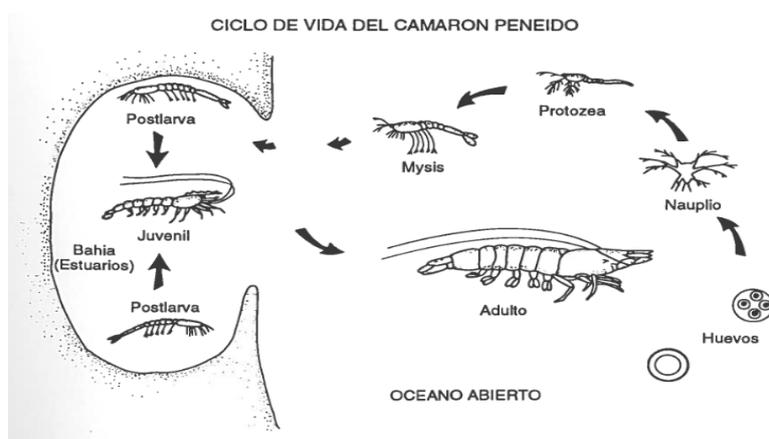


Figura 1.2. Ciclo de vida del camarón Peneido

Fuente: Manual de Laboratorio para el Cultivo de Larvas de Camarón Peneido

En la tabla 1 se describe las diferentes etapas del camarón en su proceso larvario.

Tabla 1. Etapas las Larvas de Camarón

Etapas	Duración	Parámetros	Descripción
Huevo	14 horas	Temperatura: 28,5 °C Salinidad: 30 ppm pH: 7,5 – 7,7	Necesita que su ambiente se encuentre lo más limpio posible.
Naupliar	48 horas	Temperatura: 31 °C Salinidad: 30 ppm pH: 7,5 – 7,7	El nauplio sale del huevo en posición doblada, pero se endereza de manera rápida. Estos nauplios son fototrópicos y nadan en dirección a la fuente de luz.
Protozoal	5 días	Temperatura: 28,5 °C Salinidad: 30 ppm pH: 7,5 – 7,7	En esta etapa el movimiento natatorio la realiza con la ayuda de la primera y segunda antena. La búsqueda inmediata a la luz es un indicador de un zoeal saludable
Mysis	3 días	Temperatura: 28,5 °C Salinidad: 30 ppm pH: 7,5 – 7,7	Sus antenas se reducen. En esta etapa hay una menor tendencia de búsqueda de luz.
Post-larva		Temperatura: 28,5 °C Salinidad: 35 ppm pH: 7,5 – 7,7	El camarón crece hasta llegar al peso comercial de entre 18 a 25 gr.

Fuente: Manual de Camarones Peneidos
Elaboración Propia

En la figura 1.3 podemos observar los aspectos principales de la maricultura del camarón. Este proceso puede durar de entre 90 a 120 días (Fenucci, Manual para la cría de camarones peneidos, 1988).

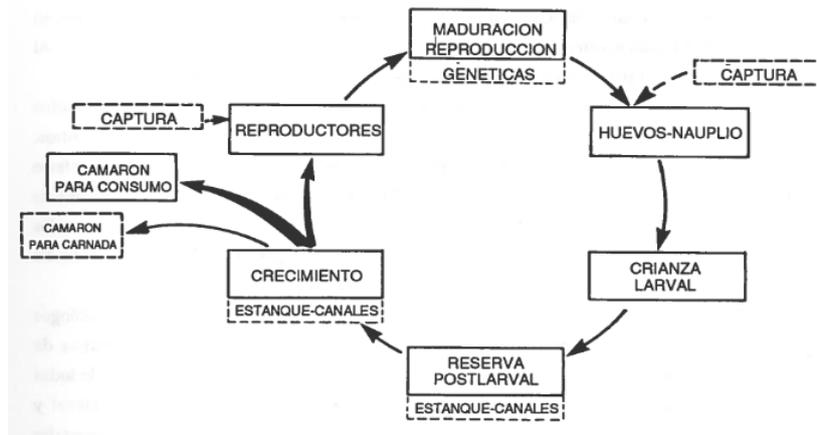


Figura 1.3. Aspectos Principales del Maricultivo del Camarón

Fuente: Manual de Laboratorio Para el Cultivo de Larvas de Camarón Peneido

En la figura 1.4, se observa las diferentes apariencias físicas que muestra la larva de camarón durante sus etapas de maduración.

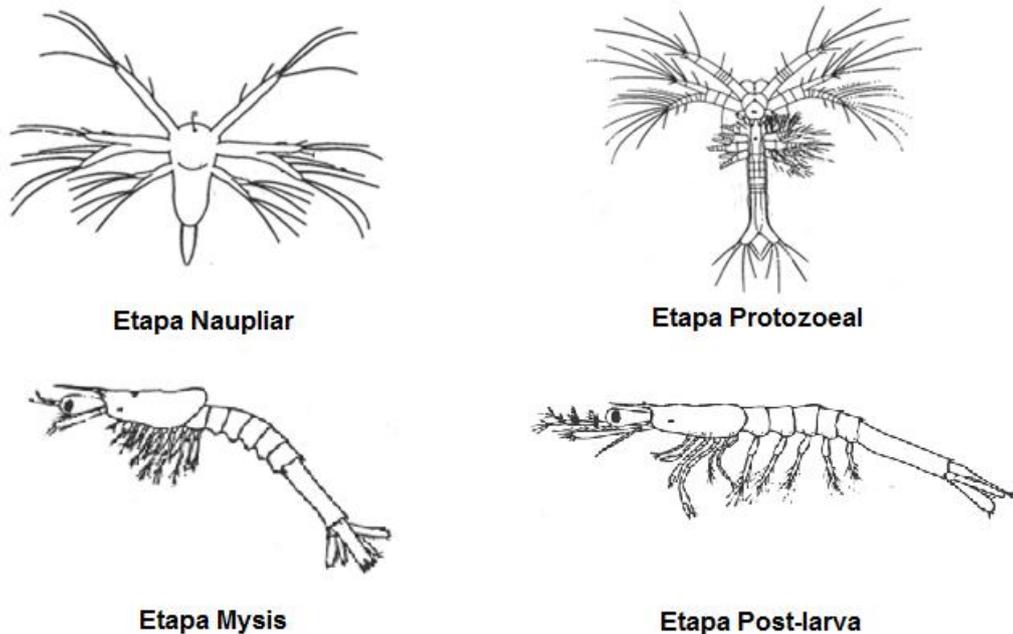


Figura 1.4. Etapas de la Larva de Camarón

Fuente: Manual de Laboratorio para el Cultivo de Larvas de Camarón Peneido

1.4.4 Proceso de Producción de Nauplios de Camarón

El proceso de producción de nauplios de camarón consiste en obtener ejemplares de camarones machos y hembras maduras para que se

reproduzcan. Los camarones transportados a diferentes estanques llenados con agua salada a una concentración de salinidad de 30ppm y una temperatura de 28,5°C. El desove del camarón hembra puede durar de entre 8 y 10 horas.

Luego los huevos son recolectados y desinfectados, para ser ubicados en tanques de eclosión especialmente diseñados en donde nacerán los nauplios. El medio en donde nacen los nauplios debe ser totalmente controlado a una temperatura de 31°C y concentración de 30ppm, para obtener un nivel de sobrevivencia de entre el 50% y 70%.

1.4.5 Calidad de Agua Requerida Para la Eclosión

El agua salada en donde se produce la eclosión debe ser lo más limpia posible, para ello se renueva el agua luego de cada proceso de eclosión. Es así, que se requiere un agua salada que cumpla con los siguientes parámetros (Ubaldo Cervantes F., 2001):

Temperatura

Se requiere mantener una temperatura de 31°C durante el proceso de eclosión, si la temperatura es menor, la eclosión se retrasa; o si es mayor de 31°C, se produce la cocción de los huevos de camarón.

Salinidad

De manera natural el agua de mar contiene una salinidad de 35 ppm, por lo que requiere en el proceso de eclosión del camarón una salinidad de 30 ppm

pH

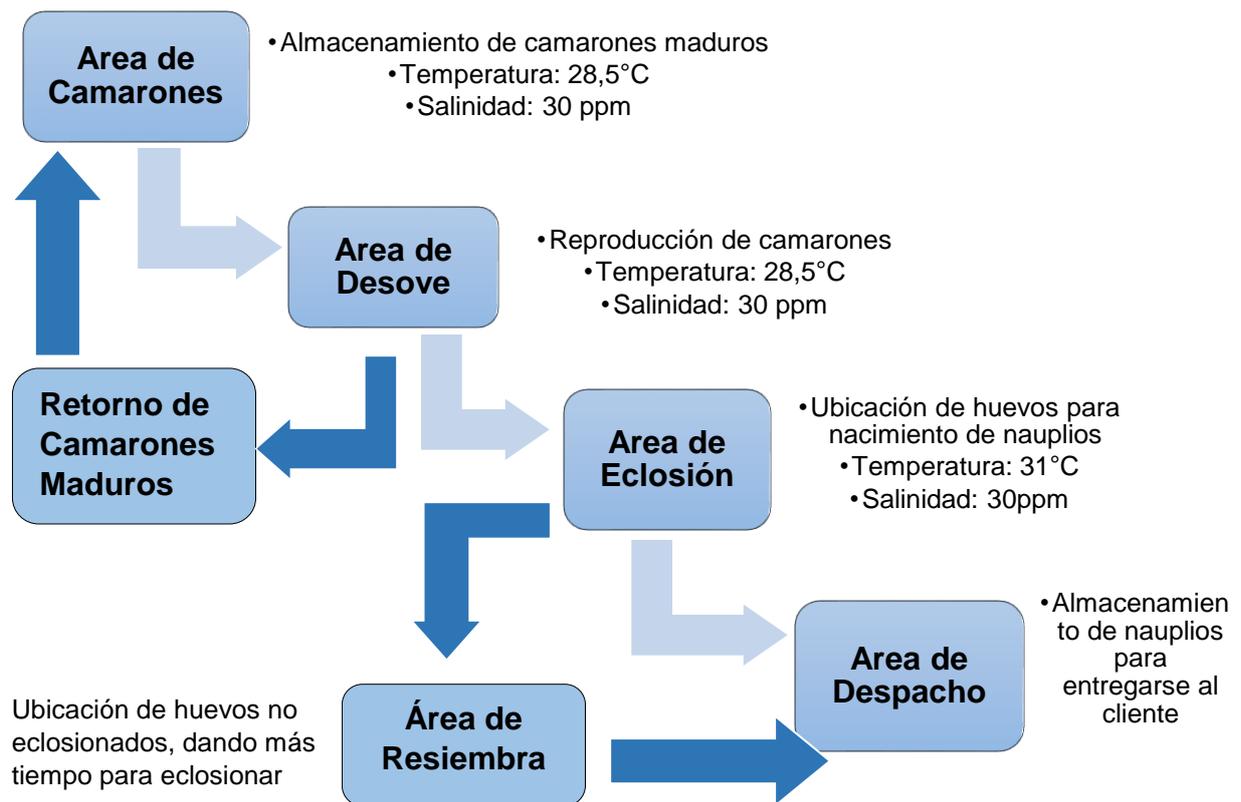
Mantener el nivel de pH del agua de los estanques de larvas de camarón, nos permite evitar efectos en el metabolismo o procesos fisiológicos de las larvas. Se requiere que el pH se encuentre en un rango de entre 7,5 a 7,7.

1.4.6 Proceso de la producción de nauplios de camarón

El proceso de producción de nauplios de camarón se lo realiza en 5 áreas de trabajo, las cuales son:

1. *Área de almacenamiento de camarones* se encuentran camarones maduros entre machos y hembras. Estos camarones se distribuyen en 130 estanques de 5 m³ cada uno. El agua posee una salinidad de 35 ppm a 28,5°C.
2. *Área de desove* es el espacio dedicado para que los camarones se reproduzcan y así obtener los huevos de camarones. Esta área contiene 230 estanques de 0,55 m³ cada uno. El agua posee una salinidad de 30 ppm a 28,5°C.
3. *Área de eclosión* es el espacio donde se mantiene las condiciones necesarias para que los huevos eclosionen y poder obtener los nauplios de camarón. Esta área se encuentra distribuido entre 45 estanques de 1,13 m³ cada uno. El agua posee una salinidad de 30 ppm a 31°C.
4. *Área de resiembra* es el lugar donde se ubican los huevos que no eclosionaron. En esta área se encuentran estanques en igual condiciones y capacidad que el área de eclosión.
5. *Área de despacho* es el lugar donde se almacenan los nauplios obtenidos de la eclosión para luego ser entregados al respectivo cliente.

De manera esquemática, la producción de nauplios se la realiza de la siguiente manera:



1.5 Instalaciones del laboratorio de nauplios de camarón

El laboratorio se encuentra distribuido en diferentes áreas para llevar a cabo el proceso de eclosión. A continuación se mencionará las diferentes áreas y su labor:

Salas de camarones: En ésta área se almacenan camarones maduros entre hembras y machos. El laboratorio posee 14 salas los cuales están identificadas con letras desde la “A” hasta la “N”. Cada sala posee 9 estanques con capacidad de 20 m³, llenadas a un 50% de su capacidad. El agua de los estanques debe mantenerse a 28,5 °C y con una salinidad de 35ppm.

Salas de desove: En esta sección se trasladan los camarones maduros entre hembras y machos para que realicen el desove. El laboratorio posee 2 salas de desove en las que se encuentran 115 estanques con capacidad de 0,5 m³. El agua de mar dentro de los estanques debe mantenerse a 28,5 °C y con salinidad de 30ppm.

Salas de eclosión: A estas salas se trasladan los huevos obtenidas del desove, para que nazcan los nauplios de camarón. El laboratorio posee 2 salas de eclosión en las que se encuentran 27 estanques con capacidad de 1,13 m³. El agua de estos estanques debe mantenerse a 31 °C, con una salinidad de 30ppm.

Área de caldero: En esta área se ubican los equipos térmicos, los cuales calentarán el agua que se distribuirá en las diferentes salas.

Área de recirculación: A esta área llega el agua salada proveniente de las salas de camarones y es tratada por un sistema de filtros de tal manera que pueda ser reutilizada. De manera diaria se cumple una renovación del 250%.

Reservorios de agua salada: Los reservorios de agua salada poseen agua extraída directamente del mar a una concentración de salinidad de 35ppm. El laboratorio posee 4 reservorios, con capacidad de 300 toneladas de agua cada uno.

Reservorio de agua dulce: Este reservorio es llenado con agua extraída de la línea de agua potable. El laboratorio posee 2 reservorios con capacidad de 50 toneladas cada uno.

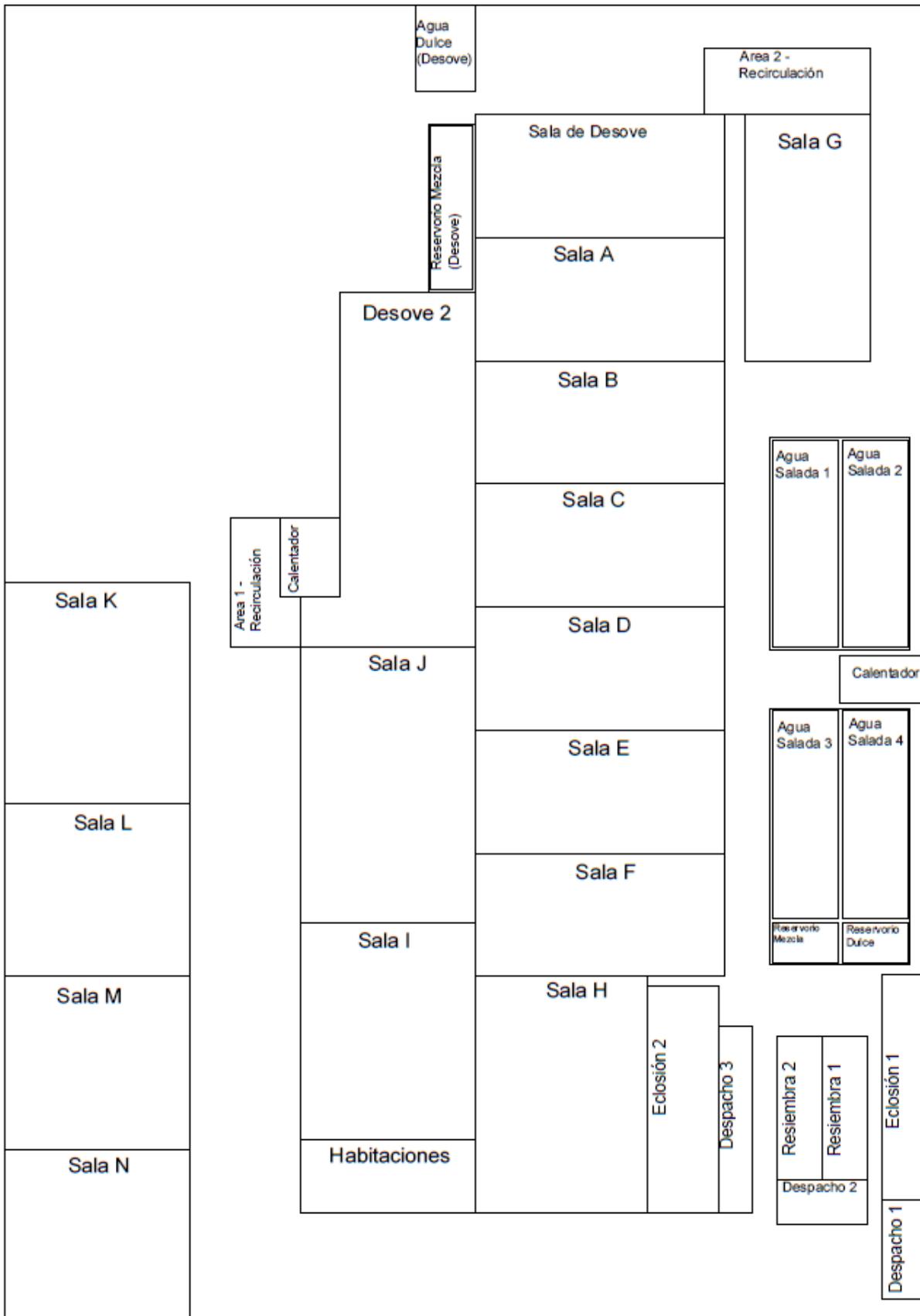


Figura 1.5. Esquema de laboratorio de larvas de camarón Texcumar S.A.

Elaboración Propia

Reservorio de mezcla: En los reservorios de mezcla se combina agua salada con agua dulce, con el objetivo de reducir la salinidad del agua desde 35ppm hasta 30ppm. El laboratorio posee 2 de estos reservorios, donde el agua es usada tanto para las salas de eclosión y desove, teniendo una capacidad de 50 toneladas y 70 toneladas respectivamente. El agua salada de estos reservorios debe mantenerse a una temperatura de 33°C para la eclosión y 29°C para el desove.

1.5.1 Distribución del agua para el proceso de eclosión.

Para el proceso de eclosión el agua es distribuida de la siguiente manera:

1. El agua salada es extraída del mar con salinidad de 35 ppm y almacenada en los reservorios de agua salada. Además, el agua es tratada en un proceso de filtrado para eliminar impurezas.
2. Posteriormente el agua es bombeada desde el reservorio de agua salada hacia el reservorio de mezcla. En este trayecto, el agua es calentada por medio de un intercambiador de calor, llegando a una temperatura de 35°C.
3. El reservorio de mezcla tiene una capacidad de 50 m³ y es donde se combinan el agua salada y el agua dulce con el objetivo de reducir la salinidad de 35 ppm a 30 ppm. La temperatura del agua en el reservorio debe ser de aproximadamente 33°C.
4. Finalmente, el agua de mezcla es bombeada hacia las salas de eclosión, donde se llenan los 54 estanques, manteniendo una temperatura de 31°C.

En la figura 1.6 se puede observar el proceso anteriormente descrito.

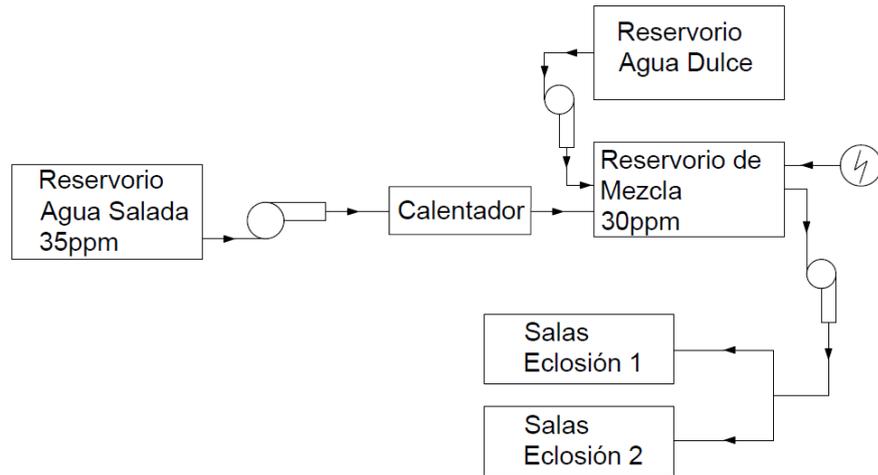


Figura 1.6. Proceso del agua en producción de nauplios

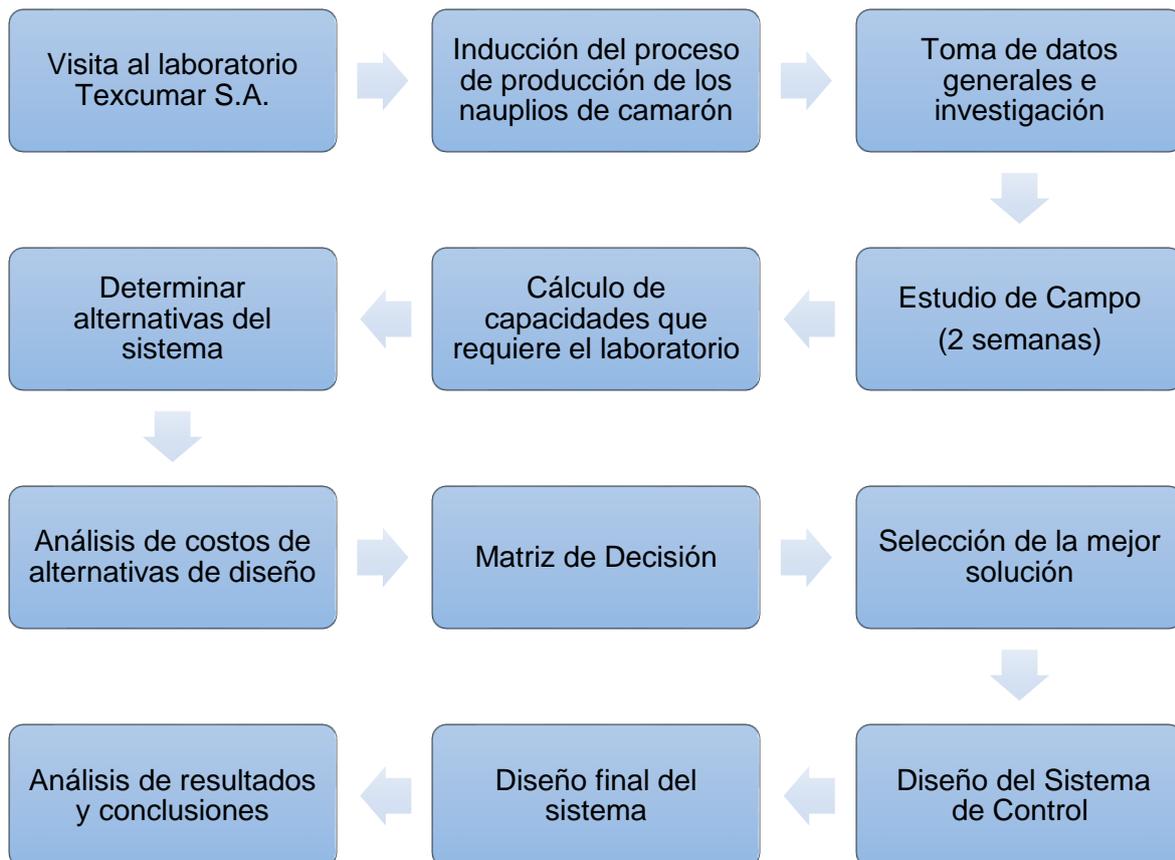
Elaboración Propia

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA DE DISEÑO

2.1 Introducción

En esta sección se estudiará las alternativas de diseño que cumplan con los requerimientos del laboratorio de nauplios de camarón; tanto como las capacidades de los calentadores, potencias de bombas, se planteará el diseño del sistema y se diseñará el sistema de control para mantener el agua de los nauplios en condiciones deseables. Con el propósito de cumplir con los objetivos del proyecto, el estudio se realizará de acuerdo al esquema que se presenta a continuación:



2.2 Alternativas de diseño

Dado que el sistema requiere varios componentes tanto como tuberías y calentadores, es necesario analizar las diferentes alternativas de diseño; esto con el propósito de seleccionar los equipos más adecuados para el laboratorio de nauplios de camarón.

2.2.1 Matriz de decisión para las tuberías

Por motivo de que el laboratorio de nauplios se encuentra en un ambiente salino y además el fluido a distribuir es agua de mar, el material de la tubería debe ser resistente a la corrosión del medio. Por lo consiguiente, para la selección del material de la tubería a utilizar se realizará una matriz de decisión, considerando los siguientes aspectos:

Costo: Se evalúa cuan económico es el material de la tubería.

Corrosión: La tubería no debe reaccionar con el agua del mar, para que no se produzca la corrosión.

Conductividad térmica: La tubería debe tener una baja conductividad térmica, para que la pérdida de calor del agua sea mínima.

Para la selección de la mejor opción, se evaluará los diferentes parámetros a los que se les dará un puntaje de entre 1 a 5, siendo 1 el valor de menor factibilidad y 5 el de mayor factibilidad.

En la tabla 2 se presenta la matriz de decisión realizada para la seleccionar el material de la tubería más apropiada a utilizar en este medio salino.

Tabla 2. Matriz de decisión para selección material de la tubería

Material	Costo	Corrosión	Conductividad Térmica	Total
PVC	5	5	5	15
Acero Inoxidable	2	4	2	8
Acero al carbono	5	2	2	9
Cobre	3	2	1	6

Elaboración Propia

A partir de la matriz de decisión el material más adecuado será la tubería de PVC.

2.3 Matriz de decisión para calentadores

Para la selección del calentador se desarrollará una matriz de decisión que permitirá analizar la diferentes opciones que puedan implementarse en el diseño del sistema térmico del laboratorio, para ello se analizará las ventajas y desventajas de los diferentes calentadores tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Ventajas y Desventajas de Diferentes Calentadores

Calentador de combustible fósil	
Ventajas	Desventajas
Bajo costo por energía	Alto costo de mantenimiento
Equipo de bajo costo	Baja eficiencia
	Mayor control de operación
	Mayor impacto ambiental
Calentador eléctrico	
Ventajas	Desventajas
Alta eficiencia	Alto costo de energía
Bajo costo de mantenimiento	Equipo de alto costo
Menor control de operación	
Calentador Solar	
Ventajas	Desventajas
Bajo costo de mantenimiento	Baja eficiencia
Uso de energía limpia	Requiere grandes áreas para su instalación

Elaboración Propia

Una vez evaluada las ventajas y desventajas de los diferentes medios de calentamiento, se desarrolla la matriz de decisión de acuerdo a los siguientes parámetros:

- a) **Capacidad térmica:** Se refiere a la cantidad de calor que es capaz de generar el equipo.
- b) **Costo de operación:** Es el costo de energía y el costo por mantenimiento del equipo.
- c) **Costo inicial:** Es el costo de adquisición del equipo de acuerdo a su capacidad y tecnología.
- d) **Eficiencia:** Será la capacidad del equipo de convertir la energía en calor.

e) **Impacto ambiental:** Efecto que produce la operación del equipo al medio ambiente.

Para la evaluación se les dará un puntaje entre 1 a 5, siendo 1 el valor de menor factibilidad y 5 el de mayor factibilidad. En la tabla 4 se observa la puntuación de cada parámetro.

Tabla 4. Matriz de Decisión Calentador de Agua

Equipos	Capacidad Térmica	Costo Inicial	Costo de Operación	Eficiencia	Impacto Ambiental	Total
Calentador a diésel	5	5	4	4	2	20
Calentador Eléctrico	5	4	3	5	4	21
Calentador Solar	3	3	5	2	5	18

Elaboración Propia

Como se puede apreciar, la mejor opción para calentar el agua será utilizar un calentador a eléctrico.

2.4 Parámetros de diseño

Durante el desarrollo de este proyecto se han indicado las etapas principales referidas al proceso de la producción de nauplios de camarón, cuyos parámetros importantes es el control de la temperatura y la salinidad del agua. Siendo la etapa más significativa el proceso de eclosión, por lo que se hace necesario determinar los principales parámetros de diseño para mantener 54 estanques a una temperatura de 31°C y salinidad de 30ppm.

Además cada estanque tiene una capacidad de 1,13m³, y deben llenarse en un tiempo de 2horas. En el plano 1 (apéndice A) se puede observar la distribución del agua en el laboratorio y el flujo de los huevos del camarón para el proceso de eclosión (INEN, 1989).

2.5 Cálculo de flujos de agua

2.5.1 Cálculo del flujo de agua en las salas de eclosión

Es de interés conocer el flujo de agua que se necesita para cumplir con los parámetros de diseño anteriormente descrito. En la tabla 5 se describe las dimensiones de los estanques que se encuentran en la sala de eclosión

Tabla 5. Dimensión de estanques

Diámetro (m)	1,3
Altura (m)	0,9
Llenado (%)	95 %
Volumen de Agua (m³)	1,13

Elaboración Propia

Dado que el volumen por estanque es de 1,13 m³, el volumen total de agua que se necesita, se la obtiene de la ecuación 2.1

$$V = N * V_{estanque} \quad (2.1)$$

Siendo; N el número de estanques, $V_{estanque}$ el volumen de agua por estanque y V el volumen total de agua en el sistema.

Para la obtención del flujo de agua se sigue la ecuación 2.2:

$$\dot{V} = V/t \quad (2.2)$$

Donde; t el tiempo y \dot{V} el flujo de agua. En la tabla 6 se observa el flujo para las salas de eclosión.

Tabla 6. Flujo de agua en las salas de eclosión

Área	Número de estanques (unidades)	Volumen de agua (m³)	Tiempo de llenado (horas)	Flujo de agua	Flujo másico (Kg/s)
Eclosión 1	27	0,00426	2	67,5 GPM	4,26
Eclosión 2	27	0,00426	2	67,5 GPM	4,26
Total	54	0,00852	2	135 GPM	8,51

Elaboración Propia

2.5.2 Cálculo de flujo de agua en el reservorio de mezcla

El laboratorio de nauplios cuenta con un reservorio de mezcla con capacidad de 50 toneladas de agua en donde se combina el agua salada y el agua dulce con el objetivo de reducir la concentración de salinidad de 35ppm a 30ppm. Para determinar la cantidad de agua dulce que se debe agregar para reducir la salinidad, se utiliza la ecuación 2.3 (Robert H. Perry, Don W. Green, James O. Maloney, 1992).

$$C_1 * M_1 = C_f * M_f \quad (2.3)$$

Donde; C_1 es la salinidad del agua inicial (35 ppm), M_1 es la masa de agua salada, C_f es la concentración final (30 ppm) y M_f la capacidad del reservorio de mezclado (50 toneladas). Despejando M_1 se obtiene;

$$M_1 = \frac{C_f}{C_1} M_f = \frac{30}{35} (M_f)$$

$$M_1 = 0,857M_f$$

Por lo tanto, el 85,7% de la capacidad del reservorio se ingresan agua salada, y el 14,2% será de agua dulce para obtener una salinidad de 30ppm.

2.6 Dimensionamiento de Tuberías

2.6.1 Selección de tuberías

Una vez seleccionado el material, es de importancia dimensionar las tuberías; para ello se usará el catálogo del fabricante de tubería de PVC, para seleccionar el flujo y la velocidad del fluido requerido. Como parámetro de selección se tiene que la velocidad del fluido debe ser menor de 2 m/s, esto con el objetivo de evitar golpes de ariete (INEN C. , 1997). En la tabla 5 se indican los diámetros mínimos de tuberías para velocidades menores a los antes mencionados.

Tabla 7. Diámetros mínimos de tuberías

Área	Flujo	Diámetro Nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Velocidad (m/s)
Eclosión 1	67,5 GPM	75	70,4	1,11
Eclosión 2	67,5 GPM	75	70,4	1,11
Total Eclosión	135 GPM	90	84,4	1,45

Fuente: Catálogo Plastigama

Elaboración Propia

2.6.2 Dimensionamiento de Bomba

Para el dimensionamiento de bombas se parte de la ecuación 2.4 (White, 2008):

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_f - h_p \quad (2.4)$$

Donde; P_1 y P_2 son las presiones inicial y final respectivamente, v_1 y v_2 son las velocidades inicial y final respectivamente, Z_1 y Z_2 son las alturas inicial y final respectivamente, h_f es la pérdida por fricción en la tuberías y accesorio y h_p es el cabezal de bomba.

Considerando que P_1 y P_2 son presiones atmosférica, y que v_1 y v_2 son valores similares a cero por ser muy bajos, se despeja el cabezal de bomba de la ecuación 2.4 y se obtiene la ecuación 2.5.

$$h_p = (Z_2 - Z_1) + h_f \quad (2.5)$$

El valor de h_f se la obtiene de la tabla del apéndice C

En el plano 1, se reconoce la selección de bomba para los siguientes recorridos:

- a) Desde reservorio de agua salada, hasta reservorio de mezcla
- b) Desde reservorio de agua dulce, hasta reservorio de mezcla
- c) Desde reservorio de mezcla, hasta salas de eclosión

La potencia ideal de la bomba se determina aplicando la ecuación 2.6:

$$P = \rho g Q h_p \quad (2.6)$$

La eficiencia de la bomba está dada a través de la ecuación 2.7:

$$\eta = \frac{P}{P_{eje}} \quad (2.7)$$

Siendo η la eficiencia de la bomba y P_{eje} es la potencia del eje de la bomba. Se debe evitar la cavitación en la zona de baja presión de la bomba, para ello se calcula la altura neta de succión requerida ($NPSH_{requerida}$) el cual está dada por la ecuación 2.8:

$$NPSH_{requerida} = \frac{p_{in}}{\rho g} + \frac{V_{in}^2}{2g} - \frac{p_v}{\rho g} \quad (2.8)$$

Siendo p_{in} la presión de entrada, V_{in} velocidad de entrada y p_v la presión de vapor del agua.

En el apéndice D se observa las curvas de eficiencia de las bombas, por lo que las potencias de las bombas se encuentran en la Tabla 8:

Tabla 8. Potencias de las bombas

Desde	Hasta	NPSH requerido (ft)	Cabezal de bomba (m)	Caudal (GPM)	Potencia (HP)	Eficiencia
R. Agua Salada	R. Mezcla	7,35	40,67	116	7,5	56%
R. Agua Dulce	R. Mezcla	7	16,44	20	3/4	52%
R. Mezcla	Salas Eclosión	7,51	53,56	135	10	58%

Fuente: Manual Goulds Pumps

Elaboración Propia

2.7 Cálculo de pérdidas de calor

2.7.1 Pérdida de Calor en Tubería

Para asegurar que la temperatura del agua en las salas de eclosión sea de 31°C, se debe considerar la pérdida de calor cuando el fluido pasa por la tubería. En el plano 1 se identifica 2 líneas de tuberías para el agua salada que son las conexiones entre el reservorio de agua salada con el reservorio de mezcla, y el reservorio de mezcla con las salas de eclosión. La ecuación 2.9 permite calcular la pérdida de calor (Frank P. Incropera, David P. de Witt, 1996)

$$\dot{Q} = UA\Delta T_{lm} \quad (2.9)$$

Siendo:

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_0 - \Delta T_i}{\ln\left(\frac{\Delta T_0}{\Delta T_i}\right)} \quad (2.10)$$

$$\Delta T_0 = T_\infty - T_0$$

$$\Delta T_i = T_\infty - T_i$$

Donde; U es el coeficiente global de transferencia de calor, A es el área longitudinal de la tubería, T_∞ es la temperatura ambiente, T_0 la temperatura del agua a la salida de la tubería, T_i es la temperatura del agua a la entrada de la tubería.

El valor de UA es constante y se obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{1}{UA} = R_{in} + R_{cond} + R_{out} \quad (2.11)$$

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_{in}2\pi r_1 L} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi KL} + \frac{1}{h_{ex}2\pi r_2 L}$$

Siendo; R_{in} la resistencia convectiva interna de la tubería, R_{cond} la resistencia conductiva de la tubería y R_{out} la resistencia convectiva externa de la tubería.

Para la **convección interna** se tiene la siguiente ecuación:

$$h_{in} = \frac{Nu_D K_w}{D_{in}} \quad (2.12)$$

Siendo; Nu_D el valor de Nusselt, K_w conductividad térmica del agua de mar y D_{in} el diámetro interno de la tubería. El Nu_D se lo obtiene de la ecuación 2.13:

$$Nu_D = \frac{(f/8)(Re_D - 1000)Pr_w}{1 + 12,7[f/8]^{0,5}(Pr_w^{0,666} - 1)} \quad (2.13)$$

Siendo; Re_D el número de Reynolds, Pr_w el número de Prandtl del agua y f el coeficiente de fricción de Darcy. El Re_D se lo obtiene de la ecuación 2.14:

$$Re_D = \frac{4\dot{m}}{\pi D_{in} \mu_w} \quad (2.14)$$

Siendo; \dot{m} el flujo másico de agua y μ_w la viscosidad del agua de mar.

Para la **conducción** se tiene que la resistencia corresponde a la ecuación (2.15)

$$R_{cond} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi K_t L} \quad (2.15)$$

Siendo; r_1 y r_2 el radio interno y externo de la tubería respectivamente, K_t la conductividad térmica de la tubería y L la longitud de la tubería.

Para la **convección externa** se tiene el coeficiente convectivo corresponde a la ecuación (2.16)

$$h_{ex} = \frac{Nu_x K_{air}}{D_{ex}} \quad (2.16)$$

Dado; Nu_x el valor de Nusselt, K_{air} conductividad térmica del aire y D_{ex} el diámetro externo de la tubería. El Nu_x se lo obtiene de la ecuación (2.17):

$$Nu_x = 0,3 + \frac{0,62 Re_x^{0,5} Pr_{air}^{0,333}}{\left[1 + \left(\frac{0,4}{Pr_{air}}\right)^{0,666}\right]^{0,25}} \left[1 + \left(\frac{Re_x}{282000}\right)^{0,625}\right]^{0,8} \quad (2.17)$$

Siendo; Re_x el número de Reynolds, Pr_{air} el número de Prandtl del aire. El Re_x se lo obtiene de la siguiente ecuación:

$$Re_x = \frac{\rho D_{ex} v}{\mu_{air}} \quad (2.18)$$

Siendo; ρ la densidad del aire, D_{ex} diámetro externo, v velocidad del aire y μ_{air} la viscosidad del aire.

Una vez identificadas las ecuaciones, se reemplazará los valores de acuerdo a la información mostrada en la tabla 9

Tabla 9. Datos ambientales de San Pablo

Temperatura mínima ambiente (°C)	17
Velocidad Máxima ambiente (m/s)	10
Temperatura mínima del agua de mar (°C)	21
Temperatura Máxima del agua de mar (°C)	29
Longitud de tubería (m)	50

Fuente: INOCAR
Elaboración Propia

En primer lugar se analiza la pérdida de calor de la tubería que conecta el reservorio de mezcla con las salas de eclosión, con el objetivo de identificar la temperatura a la que debe mantenerse el agua en el reservorio de mezcla al momento de ser bombeada a las salas respectivas.

Posteriormente, se analizan las pérdidas de calor en la tubería que conecta el calentador y el reservorio de mezcla, para determinar la temperatura a la que debe ser calentado el agua salada.

Para evaluar el valor obtenido en la ecuación 2.9 se realizó una programación utilizando el software EES mostrado en el apéndice B. Los resultados obtenidos son los mostrados en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados Pérdida de Calor en Tuberías

Recorrido				Temperaturas (°C)		Calor Perdido (kW)
Inicio	Salida	Distancia (m)	Diámetro Nominal (mm)	T. inicial	T. final	
Calentador	Reservorio de Mezcla	50	75	36,7	35	59,39
Reservorio de Mezcla	Salas de Eclosión	50	63	32,7	31	30,16

Elaboración Propia

Como se puede observar en los resultados, la temperatura del agua en la salida del calentador debe ser de 36,7 °C, para que pueda llegar a una temperatura de 35°C al reservorio de mezcla.

2.7.2 Pérdida de Calor en el Reservorio de Mezcla

Debido a que el agua dulce se encuentra a temperatura ambiente, en el reservorio de mezcla se debe asegurar que la temperatura del agua dulce sea de 32,7°C durante la mezcla. Para ello se realiza el balance de energía a partir de la ecuación 2.19.

$$Q_1 + Q_2 = Q_f \quad (2.19)$$

$$M_1 C_p T_1 + M_2 C_p T_2 = M_f C_p T_f$$

Conociendo que la temperatura más baja del agua potable es 21°C se tiene que:

$$(0,857M_f * T_1) + (0,142M_f * 21) = M_f * 33$$

$$T_1 = 35^\circ C$$

Por tanto la temperatura a la que debe ingresar el agua salada al reservorio de mezcla es de 35°C.

Tabla 11. Resultados Pérdida de Calor en Tuberías

Reservorio	Concentración Salinidad (ppm)	Volumen (m3)	Temperaturas iniciales (°C)
Agua Dulce	0	7,143	21
Agua Salada	35	42,86	35
Mezcla	30	50	33

Elaboración Propia

Continuando con el análisis de pérdida del reservorio, se hace necesario indicar que los laterales y en la parte inferior del reservorio se encuentra cubierto por una lona de PVC de 4mm de espesor, a excepción de su parte superior que se encuentra a la intemperie, por otro lado las dimensiones de dicho reservorio son de 7 x 4,5x 2,5 m. El análisis de las pérdidas de calor, los cuales deben ser compensados por medio de un calentador para mantener la temperatura del agua constante.



Figura 2.1. Aislamiento del Reservorio de Mezcla

Elaboración Propia

La ecuación 2.20 permitirá calcular el calor perdido en el reservorio.

$$Q_T = Q_{conv} + Q_{cond} \quad (2.20)$$

El calor por convección está dada por la ecuación 2.21

$$Q_{conv} = h_L * A_{conv} * \Delta T_{conv} \quad (2.21)$$

$$\Delta T_{conv} = T_{\infty} - T_s$$

Siendo h_L el coeficiente de convección, A_{conv} el área de la superficie superior del reservorio, T_∞ la temperatura ambiente y T_s la superficie del agua.

El coeficiente de convección se lo obtiene a través de la siguiente expresión;

$$h_L = \frac{Nu_L K_{air}}{L}$$

$$Nu_L = (0,037 * Re_L^{(4/5)} - 871) Pr^{0,333}$$

$$Re_L = \frac{\rho * v * L}{\mu}$$

Donde Nu_L es el número de Nusselt, Re_L el número de Reynolds, Pr el Prandtl del aire, K_{air} conductividad térmica del aire, L es el largo del reservorio, ρ la densidad del aire, v velocidad máxima del aire y μ es la viscosidad del aire.

El calor por conducción se obtiene a través de la ecuación 2.22

$$Q_{cond} = \frac{K_{pvc} * A_{cond} * \Delta T_{cond}}{L} = \frac{\Delta T_{cond}}{R} \quad (2.22)$$

Siendo;

$$R = \frac{L}{KA_{cond}}$$

$$\Delta T_{cond} = T_i - T_o$$

Donde K_{pvc} la conductividad de la lona de PVC, A_{cond} el área de contacto del agua con la lona, L el espesor de la lona, T_i la temperatura del agua mezclada y T_o la temperatura del suelo.

Para determinar los resultados de las pérdidas de calor en el reservorio de mezcla se realizó una programación en el software EES mostrado en el apéndice B, obteniendo los siguientes resultados (tabla 12)

Tabla 12. Resultados Pérdida de Calor en Reservorio de Mezcla

Área de Perdidas de calor por convección (m ²)	Área de Pérdidas de calor por conducción (m ²)	Temperatura Agua de Mezcla (°C)	Calor Perdido (kW)
31,5	89	33	32,97

Elaboración Propia

Finalmente se determina que, para compensar las pérdidas de calor se debe Por lo que se debe seleccionar un calentador con una capacidad mínima de 32,97 kW.

2.8 Selección del calentador

2.8.1 Cálculo de potencia de calentador

Se necesita conocer la cantidad de calor que se le debe agregar al agua salada para seleccionar el calentador respectivo con el objetivo de cubrir los requerimientos del laboratorio. Para obtener la potencia del calentador, se usará la ecuación 2.23.

$$Q = \dot{m} * C_p * \Delta T \quad (2.23)$$

Donde;

$$\Delta T = T_o - T_i$$

Siendo; \dot{m} el flujo másico, C_p es el calor específico, T_o temperatura de salida y T_i temperatura de entrada. En la tabla 13 se observa el resultado de la potencia mínima del calentador eléctrico para el agua salada.

Tabla 13. Resultado de la potencia mínima del calentador eléctrico para el agua salada

Flujo másico de agua (kg/s)	Cp (kJ/Kg.K)	T. entrada (°C)	T. Salida (°C)	Calor (kW)
8,5	4,1813	21	37	568,9

Elaboración Propia

Por lo que se obtuvo que la potencia mínima del calentador para el agua salada debe ser de 569 kW.

2.9 Planteamiento del Diseño

2.9.1 Sistema de Calentamiento de Agua Salada

Para el sistema de calentamiento del agua salada, se usará un calentador eléctrico que calentará el agua dulce manteniendo recirculándola a través de un intercambiador de calor de placas. Por otro lado, fluirá agua salada a temperatura ambiente a través del intercambiador de calor, que a través de la transferencia de calor se elevará la temperatura del agua salada (plano 2).

Selección del intercambiador de calor de placas

Dado que el sistema de calentamiento de manera indirecta, se debe seleccionar adecuadamente el intercambiador de calor de placas. Para ello se usará la ecuación 2.24.

$$Q = UA\Delta T_{lm} \quad (2.24)$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

$$\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,i}$$

$$\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,o}$$

Siendo $T_{h,i}$ la temperatura de entrada del agua caliente, $T_{h,o}$ temperatura de salida del agua caliente, $T_{c,i}$ temperatura de entrada del agua salada y $T_{c,o}$ temperatura de salida del agua salada. Es de importancia conocer el área mínima de transferencia de calor; de acuerdo a la información observada en el apéndice C, se selecciona un U de $5000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para el caso de transferencia de calor de agua-agua.

Evaluando los valores, se obtiene un área de $3,97 \text{ m}^2$. En el apéndice D se encuentra la ficha técnica del intercambiador de calor seleccionado.

2.9.2 Control de Pérdidas de Calor en el Reservorio de Mezcla

En la sección 2.7 se analizó las pérdidas de calor en el reservorio de mezcla, por lo que se seleccionó un calentador eléctrico para compensar las pérdidas de calor. La recirculación de agua se seleccionó una bomba a través del análisis desarrollado en la sección 2.4.3. (Apéndice A)

2.9.3 Sistema para el Calentamiento del Agua a las Salas de Eclosión

Se debe considerar los espacios disponibles en el laboratorio y las dimensiones de los equipos térmicos para su ubicación adecuada dentro del laboratorio. Por tanto el montaje de los equipos se lo plantea dentro del plano 4 (apéndice A).

2.10 Sistema de Control

En las secciones anteriores se determinó los valores máximos de temperatura a la que debe estar cada reservorio, y para ello se requiere diseñar un sistema de control con el propósito de mantener la temperatura ideal del agua durante del proceso de eclosión.

Para controlar la temperatura del agua que ingresa al reservorio de mezcla, el sistema de control deberá llevar lo siguiente: durante el recorrido del agua entre el reservorio de agua salada y el calentador; se ubicará un termostato, el cuál sensará la temperatura del agua y cuando temperatura sea menor de 37°C , el termostato encenderá el calentador, caso contrario el calentador se apagará. Luego, durante el recorrido del agua entre el calentador y el reservorio de mezcla, se ubica otro termostato y una válvula motorizada de 3 vías, el cual abrirá paso del agua hacia el reservorio de mezcla cuando la temperatura sea igual a 35°C , caso contrario el agua retomará hacia el reservorio de agua salada con el objetivo que sea recalentado. El sistema de control descrito se la observa en la figura 2.2 (Nise, 2002)

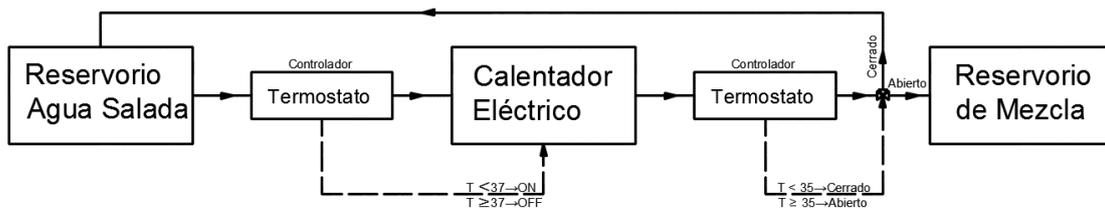


Figura 2.2 Sistema de control del reservorio de mezcla

Elaboración Propia

De igual forma se debe controlar la temperatura del agua a la entrada de las salas de eclosión; para ello se ubicará un tercer termostato entre las salas de eclosión y el reservorio de mezcla. Debido a que se recircula el agua de mezcla por un calentador eléctrico, el termostato encenderá la bomba de recirculación cuando la temperatura sea menor de 31°C, caso contrario, apagará. El sistema de control descrito se lo observa en la figura 2.3.

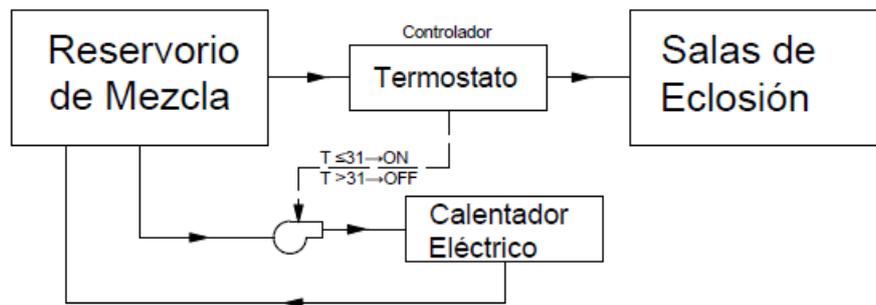


Figura 2.3 Sistema de control de las salas de eclosión

Elaboración Propia

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS

En este capítulo se mencionarán los resultados relevantes obtenidos en el capítulo, tales como los flujos de agua en el laboratorio, pérdidas de calor en el reservorio mezcla, pérdidas de calor en las tuberías y selección de calentadores. Además se evaluará la factibilidad del proyecto en el laboratorio por medio de un análisis de costos y el tiempo de recuperación de la inversión.

3.1 Resumen de parámetros seleccionados para el sistema

Para cubrir las necesidades del laboratorio, en la sección 2.2 se mencionaron los parámetros del sistema, información el cual fue utilizado para realizar los respectivos cálculos para el rediseño del sistema térmico del laboratorio.

3.2 Resultados de caudales en el proceso de eclosión

En la sección 2.3 se calculó los flujos de agua que se requiere para el proceso de eclosión, siendo los resultados los observados en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados Caudales Distribución de Agua

Desde	Hasta	Caudal (GPM)
R. Agua Salada	R. Mezcla	116
R. Agua Dulce	R. Mezcla	20
R. Mezcla	Salas Eclosión 1	67,5
R. Mezcla	Salas Eclosión 2	67,5

Elaboración Propia

3.3 Resultado de selección de tuberías y bombas hidráulicas.

Obtenido los caudales para el proceso de eclosión, se realizó una matriz de decisión para seleccionar el material adecuado a las condiciones de operación, siendo la mejor opción, la tubería de PVC.

Para el dimensionamiento de la tubería se usó el catálogo de un fabricante de tuberías de PVC, dando como resultado los datos mostrados en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados de Diámetros de Tuberías

Desde	Hasta	Diámetro (mm)
R. Agua Salada	R. Mezcla	75
R. Agua Dulce	R. Mezcla	40
R. Mezcla	Salas Eclosión	75

Elaboración Propia

Además se seleccionó las bombas adecuadas para cumplir con los caudales requeridos. Los resultados se los observa en la tabla 16 y las curvas de eficiencia en el apéndice D.

Tabla 16. Resultados Potencias de Bombas

Denominación	Uso	Caudal (GPM)	Cabezal (ft)	Potencia (HP)	Eficiencia
Bomba 1	Agua Salada	116	135	7,5	56%
Bomba 2	Agua Dulce	20	50	3/4	52%
Bomba 3	Salas de Eclosión	135	175	10	58%
Bomba 4	Recirculación resistencia eléctrica	135	164	10	58 %

Elaboración Propia

3.4 Resultados de las Pérdidas de Calor

Con el objetivo de asegurar que el agua llegue a temperatura de 31°C a las salas de eclosión, se calculó la variación de temperatura del fluido dentro de la tubería. Como resultado se obtuvo lo mostrado en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados Pérdida de Calor en Tuberías

Inicio	Salida	T. inicial	T. final
Calentador	Reservorio de Mezcla	36,7	35
Reservorio de Mezcla	Salas de Eclosión	32,7	31

Elaboración Propia

3.5 Resultados de pérdida de calor en reservorio de mezcla

Debido a que el reservorio de mezcla se encuentra en la intemperie, se calculó la pérdida de calor que tiene el agua en su estancia en el reservorio, siendo esta pérdida de 33 kW.

Para compensar las pérdidas, se seleccionó un calentador eléctrico, en donde se recirculará el agua, de tal manera que se mantenga a temperatura constante. El sistema descrito se lo puede observar en el plano 3

3.6 Resultados de selección de calentador de agua salada

Para calentar el agua que se transporta desde el reservorio de agua salada hasta el reservorio de mezcla, se seleccionó un calentador eléctrico de 569 kW y un intercambiador de calor de placas de titanio con un área mínima de transferencia de calor de 3,97 m². En el plano 2 se observa el sistema de calentamiento.

3.7 Resultado del sistema de control

Para mantener a temperatura constante en las diferentes áreas del proceso de eclosión, se diseñaron los sistemas de control de acuerdo a los requerimientos del reservorio de mezcla y las salas de eclosión. Los sistemas se los puede observar en la figura 2.2 y figura 2.3.

3.8 Análisis de Costos

El siguiente estudio se realizará con el propósito de analizar la viabilidad de la implementación del proyecto en el laboratorio. Por lo que se analizará el costo inicial del proyecto, el costo por consumo de energía y el tiempo de retorno de la inversión.

3.8.1 Costo Inicial

Para analizar el costo inicial del proyecto se lista todos los materiales y equipos a instalarse, y se obtuvo los valores referenciales tal como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Presupuesto Referencial de Materiales y Equipos

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	
Tuberías						
1	Tubería plegable PVC 90 mm, 0,8 Mpa, 6 m	u	6	\$ 28,93	\$ 173,58	
2	Tubería plegable PVC 75 mm, 0,8 Mpa, 6 m	u	17	\$ 23,43	\$ 398,31	
3	Tubería plegable PVC 40 mm, 0,8 Mpa, 6 m	u	3	\$ 14,06	\$ 42,17	
Accesorios						
4	Tee de 75mm	u	4	\$ 3,08	\$ 12,32	
5	Tee de 90 mm	u	4	\$ 5,05	\$ 20,20	
6	Codo 90° de 90 mm	u	5	\$ 4,90	\$ 24,50	
7	Codo 90° de 75 mm	u	20	\$ 2,65	\$ 53,00	
8	Codo 90° de 40 mm	u	4	\$ 1,85	\$ 7,40	
9	Válvula de Bola 75mm	u	9	\$ 37,64	\$ 338,76	
10	Válvula de Bola 90 mm	u	2	\$ 65,00	\$ 130,00	
11	Válvula de Bola 40 mm	u	2	\$ 18,85	\$ 37,70	
12	Reductor de Diámetro de 90 a 75 mm	u	1	\$ 3,20	\$ 3,20	
13	Kalipega de 3785 cc	u	1	\$ 47,18	\$ 47,18	
14	Polilimpia de 3785 cc	u	1	\$ 27,68	\$ 27,68	
15	Válvula check de 75 mm	u	1	\$ 131,00	\$ 131,00	
16	Válvula check de 90 mm	u	1	\$ 174,00	\$ 174,00	
17	Válvula check de 40 mm	u	1	\$ 43,70	\$ 43,70	
Equipos						
18	Goulds Pump 3298 6,5in, 7.5HP, 3F	u	1	\$ 6.919,75	\$ 6.919,75	
19	Goulds Pump 1ST 4,75in, 3/4HP, 3F	u	1	\$ 995,14	\$ 995,14	
20	Goulds Pump 3298 7in, 10HP, 3F	u	2	\$ 8.303,70	\$ 16.607,40	
21	Calentador eléctrico 140000 BTU	u	1	\$ 8.888,88	\$ 8.888,88	
22	Calentador Eléctrico 600 kW	u	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	
23	Intercambiador de Placas API ST12	u	1	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	
Sistema de Control						
24	Termostato	u	3	\$ 106,80	\$ 320,40	
25	Válvula motorizada de 3 vías	u	1	\$ 615,23	\$ 615,23	
					Subtotal	\$ 83.011,50
					Iva 14%	\$ 11.621,61
					Total	\$ 94.633,11

Elaboración Propia

Se observa que la inversión inicial del proyecto tiene un costo de \$94.633,11.

3.8.2 Costo por Consumo de Energía

Debido a que se ha seleccionado dos calentadores en el proceso de eclosión, se debe estimar el consumo de energía de estos equipos. El costo de la energía se la obtiene por medio de la ecuación 3.1;

$$C.E. = \frac{30 * P * t * (\$/kWh)}{\eta} \quad (3.1)$$

Siendo; P potencia del equipo, t tiempo de uso y η la eficiencia del equipo. El costo actual de la energía eléctrica es de \$0,09 por kWh (ARCONEL, 2016), el tiempo de uso de los equipos es de 2 horas y la eficiencia mínima del calentador eléctrico es del 85%

De acuerdo a las capacidades de los equipos anteriormente mencionados se tiene los costos mostrados en la tabla 19.

Tabla 19. Costo por Consumo de Energía

Mes	Calentador 1	Calentador 2	Total
Enero	\$ 2.771,40	\$ 189,00	\$ 2.960,40
Febrero	\$ 2.557,80	\$ 175,80	\$ 2.733,60
Marzo	\$ 2.771,40	\$ 175,80	\$ 2.947,20
Abril	\$ 2.771,40	\$ 175,80	\$ 2.947,20
Mayo	\$ 2.771,40	\$ 180,00	\$ 2.951,40
Junio	\$ 2.985,60	\$ 180,00	\$ 3.165,60
Julio	\$ 3.413,40	\$ 189,00	\$ 3.602,40
Agosto	\$ 3.413,40	\$ 193,20	\$ 3.606,60
Septiembre	\$ 3.413,40	\$ 193,20	\$ 3.606,60
Octubre	\$ 2.985,60	\$ 198,00	\$ 3.183,60
Noviembre	\$ 3.199,20	\$ 193,20	\$ 3.392,40
Diciembre	\$ 2.771,40	\$ 189,00	\$ 2.960,40
Total	\$ 35.825,40	\$ 2.232,00	\$ 38.057,40

Elaboración Propia

Se observa en la tabla 19 que el costo total de energía de manera anual es de \$38.057,40.

3.8.3 Tiempo de Recuperación de la Inversión

El tiempo de recuperación de la inversión nos permitirá concluir si es factible o no la implementación del proyecto en el laboratorio. De manera

local, el proyecto puede tener un tiempo de recuperación de inversión de hasta un máximo de 2 años para que sea considerado un proyecto rentable.

En las entrevistas realizadas al gerente financiero indica que el laboratorio produce diariamente 100'000.000 de nauplios, y que por falta de control en las variaciones de temperatura, el laboratorio de nauplios de camarón ha sufrido pérdidas de producción promedio del 20%, con una frecuencia de 7 días por mes. Basándonos en la información mencionada se analiza el tiempo de recuperación de la inversión.

Para obtener el tiempo de recuperación de la inversión, se debe cumplir que el costo total del proyecto sea igual a las ganancias por reducción de pérdidas de producción (ecuación 3.2).

$$C.T. - G = 0 \quad (3.2)$$

Donde;

$$C.T. = C.I. + \sum_{i=1}^n C.E.$$

y;

$$G = \sum_{i=1}^n R.P.$$

Siendo; $C.I.$ es el costo inicial del proyecto, $C.E.$ es el costo por consumo de energía y $R.P.$ es la ganancia de recuperación por producción. En la tabla 20 se puede observar la ganancia mensual por reducción de pérdidas de producción, en donde se considera que se reduce del 20% al 16%.

Tabla 20. Ganancia por recuperación de producción

Producción Diaria (nauplios)	100.000.000,00
Pérdidas de Producción	16,00%
Pérdida de Producción (nauplios)	20.000.000,00
Costo del millón de nauplios	\$ 300,00
Ganancia Diaria	\$ 1.200,00
Ganancia Mensual	\$ 8.400,00

Elaboración Propia

Para encontrar el tiempo de recuperación de la inversión, esta se la realiza de manera iterativa hasta encontrar un valor negativo, tal como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Tiempo de recuperación de inversión

C.I.	\$ 94.458,64		
Mes	C.E.	G	CT - G
1	\$ 2.960,40	\$ 8.400,00	\$ 89.019,04
2	\$ 2.733,60	\$ 8.400,00	\$ 83.352,64
3	\$ 2.947,20	\$ 8.400,00	\$ 77.899,84
4	\$ 2.947,20	\$ 8.400,00	\$ 72.447,04
5	\$ 2.951,40	\$ 8.400,00	\$ 66.998,44
6	\$ 3.165,60	\$ 8.400,00	\$ 61.764,04
7	\$ 3.602,40	\$ 8.400,00	\$ 56.966,44
8	\$ 3.606,60	\$ 8.400,00	\$ 52.173,04
9	\$ 3.606,60	\$ 8.400,00	\$ 47.379,64
10	\$ 3.183,60	\$ 8.400,00	\$ 42.163,24
11	\$ 3.392,40	\$ 8.400,00	\$ 37.155,64
12	\$ 2.960,40	\$ 8.400,00	\$ 31.716,04
13	\$ 2.960,40	\$ 8.400,00	\$ 26.276,44
14	\$ 2.733,60	\$ 8.400,00	\$ 20.610,04
15	\$ 2.947,20	\$ 8.400,00	\$ 15.157,24
16	\$ 2.947,20	\$ 8.400,00	\$ 9.704,44
17	\$ 2.951,40	\$ 8.400,00	\$ 4.255,84
18	\$ 3.165,60	\$ 8.400,00	\$ -978,56

Elaboración Propia

Por lo que se obtiene que la recuperación de la inversión es de 18 meses, siendo el proyecto factible para el laboratorio de nauplios de camarón.

CAPÍTULO 4

4 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto se la realizó con el objetivo de mejorar el sistema térmico que tiene implementado actualmente el laboratorio de nauplios de camarón, ya que el sistema implementado es poco eficiente y conlleva un gran gasto energético.

Además la implementación de controles automáticos en el sistema será de gran ayuda para mantener la temperatura del agua en condiciones ideales y así poder obtener la máxima producción posible durante el proceso de eclosión de los huevos del camarón.

4.1 Conclusiones

- En el estudio se reemplaza el calentador a diésel instalado actualmente en el laboratorio por un calentador eléctrico, obteniendo así un equipo de mayor eficiencia y además de reducir el derroche de energía.
- Se dimensionó el diámetro de las tuberías de acuerdo al flujo de agua que requiere el laboratorio, además de que la red de tuberías se la desarrolló de tal manera que el agua ingrese a las salas de eclosión.
- Se seleccionó la potencia de las bombas hidráulicas a partir del caudal y el cabezal necesarios para satisfacer los requerimientos en el proceso de eclosión. Además de que se obtuvo el material de bomba resistente a la corrosión provocada por el agua de mar.
- El sistema de control, permite controlar la temperatura del agua que ingresa a las salas de eclosión de manera menos fluctuantes. Los sistemas se los observa en los planos 4 y 5.

- El método indirecto para el calentamiento del agua salada termina siendo el más adecuado, debido a que la corrosión provocada por el agua afecta gravemente a los calentadores, reduciendo drásticamente su vida útil.
- El costo del proyecto es \$94.633,11, por lo que se obtiene un tiempo de recuperación de la inversión de 18 meses, siendo un proyecto factible.

4.2 Recomendaciones

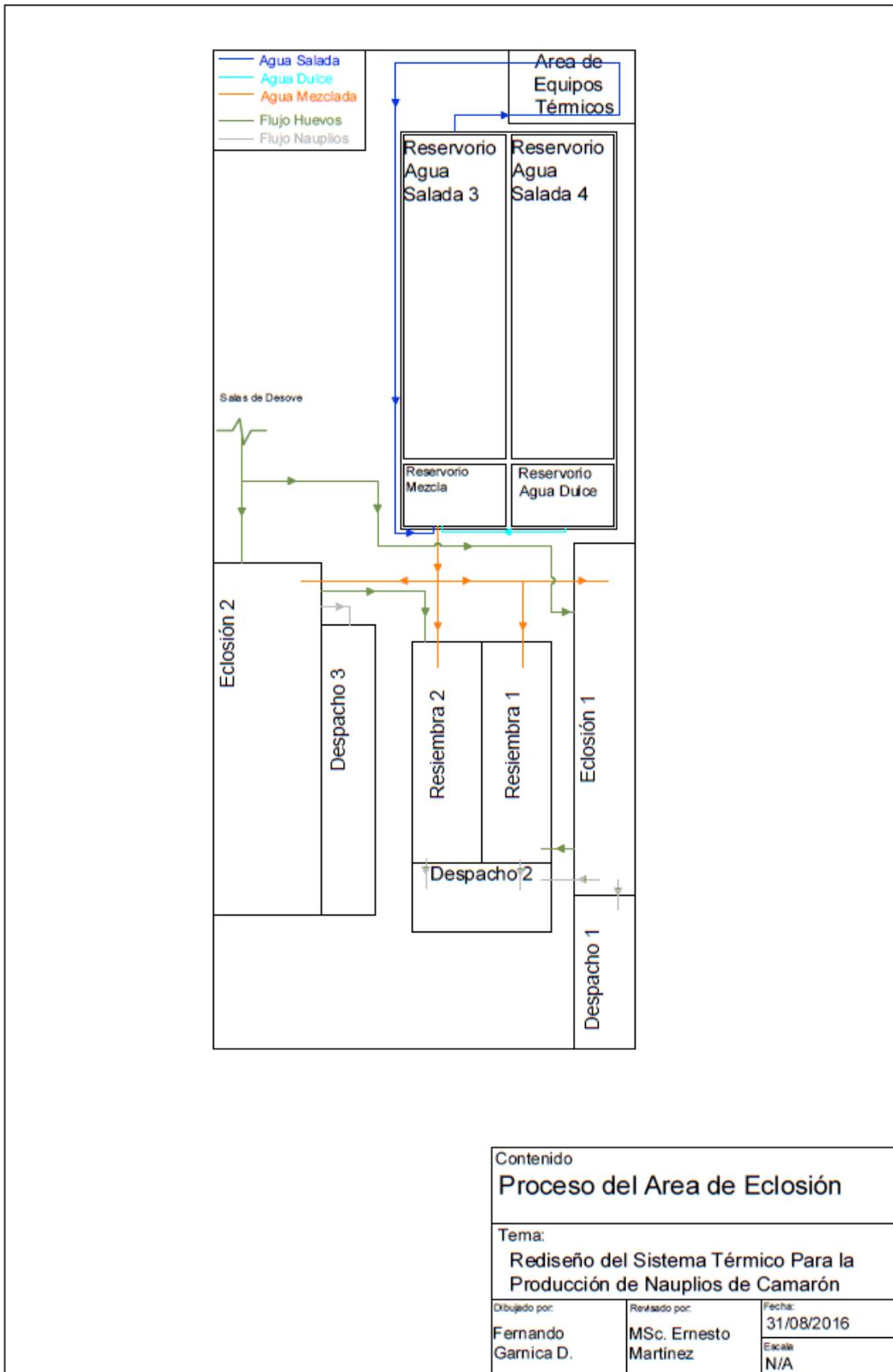
- Es de mucha importancia que todo componente que se instale en el sistema, debe ser resistente a la corrosión que genera el agua salada.
- Tener presente el $NPSH_{disponible}$ de la bomba, debido a que el efecto de la cavitación provoca corrosión al equipo y reduce su vida útil.
- Se recomienda realizar un estudio respecto al uso de energía solar para el calentamiento del agua, dado que esto podría generar un gran ahorro por costos de energía y además de reducir el impacto ambiental generado por emisiones de CO₂ o gases de combustión.
- Para evitar que haya pérdida de calor del agua en las salas de eclosión, se debe acondicionar el lugar con una posible bomba de calor, el cual se recomienda realizar un estudio adecuado del lugar.

BIBLIOGRAFIA

1. ARCONEL. (2016). Pliego tarifario para las empresas eléctricas. Ecuador.
2. Fenucci, J. L. (1988). Manual para la cría de camarones peneidos. Roma: FAO.
3. Fenucci, J. L. (1988). Manual para la cría de camarones peneidos. FAO.
4. Frank P. Incropera, David P. de Witt. (1996). Fundamentos de transferencia de calor. Nueva Jersey: Pearson Educación.
5. Google. (2016). maps. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/@-2.1374603,-80.7614146,14.17z>
6. Granvil D. Treece y Michael E. Yates . (1993). Manual de laboratorio para el cultivo de larvas de camarón peneido . Texas: Texas A&M University.
7. INAMHI. (2011). Anuario Meteorológico.
8. INEN. (1989). Código de dibujo técnico . Quito - Ecuador.
9. INEN, C. (1997). Diseño de instalaciones sanitarias. Quito-Ecuador: 005-9-2.
10. INOCAR. (2016). <http://www.inocar.mil.ec/> . Obtenido de <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/temperatura-superficial-del-mar>.
11. Kommerling. (s.f.). <http://www.kommerling.es/>. Obtenido de <http://www.kommerling.es/profesionales/arquitectura-sostenible/materia-prima/pvc>
12. Nise, N. S. (2002). Sistemas de control para ingeniería . Cecsca.
13. Proecuador. (2016). <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/pesca-y-acuicultura/>. Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/>
14. Pumps, G. (2008). G&L series NPE 216 LSS.
15. Robert H. Perry, Don W. Green, James O. Maloney. (1992). Manual del ingeniero químico. Mc. Graw Hill.
16. Ubaldo Cervantes F., C. J. (2001). Diseño de un sistema de tratamiento de agua para recirculación en laboratorios de larvas de camarón. Guayaquil - Ecuador.
17. White, F. M. (2008). Mecánica de fluidos (6ta edición ed.). Narrangasett - Rhode Islan: Mc. Graw Hill.

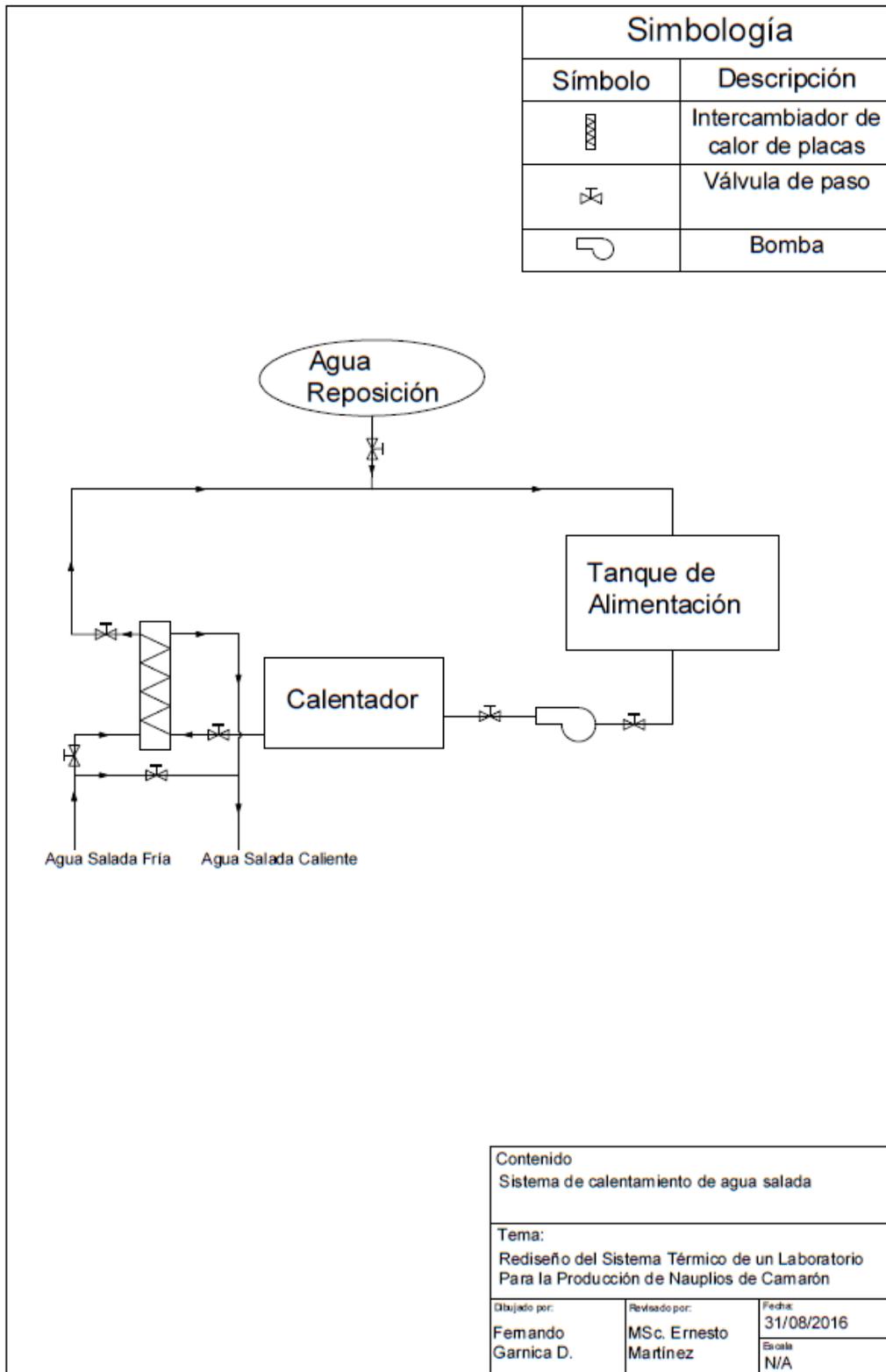
Anexos

Apéndice A



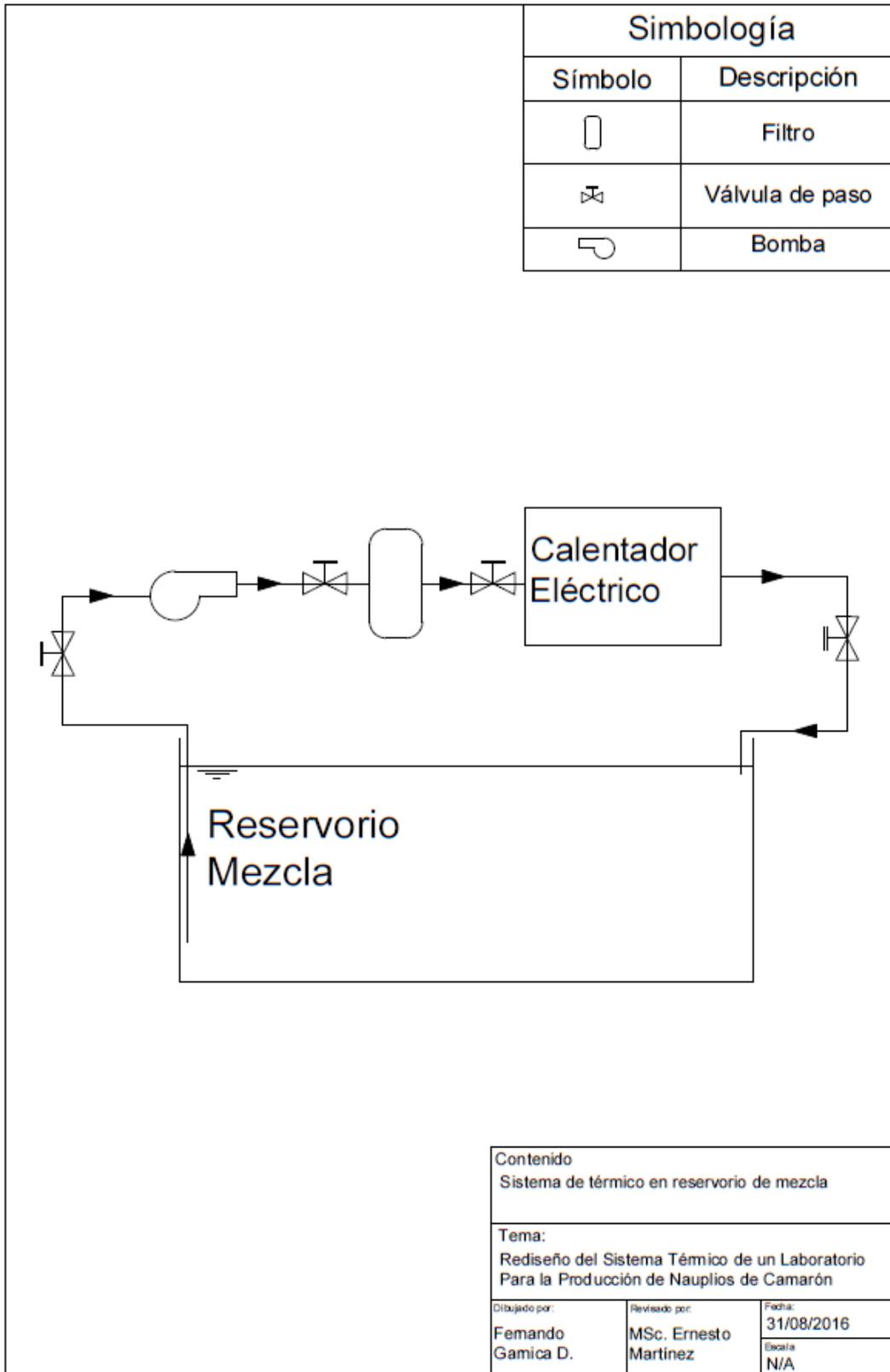
Plano 1: Proceso del Área de Eclosión

Elaboración Propia



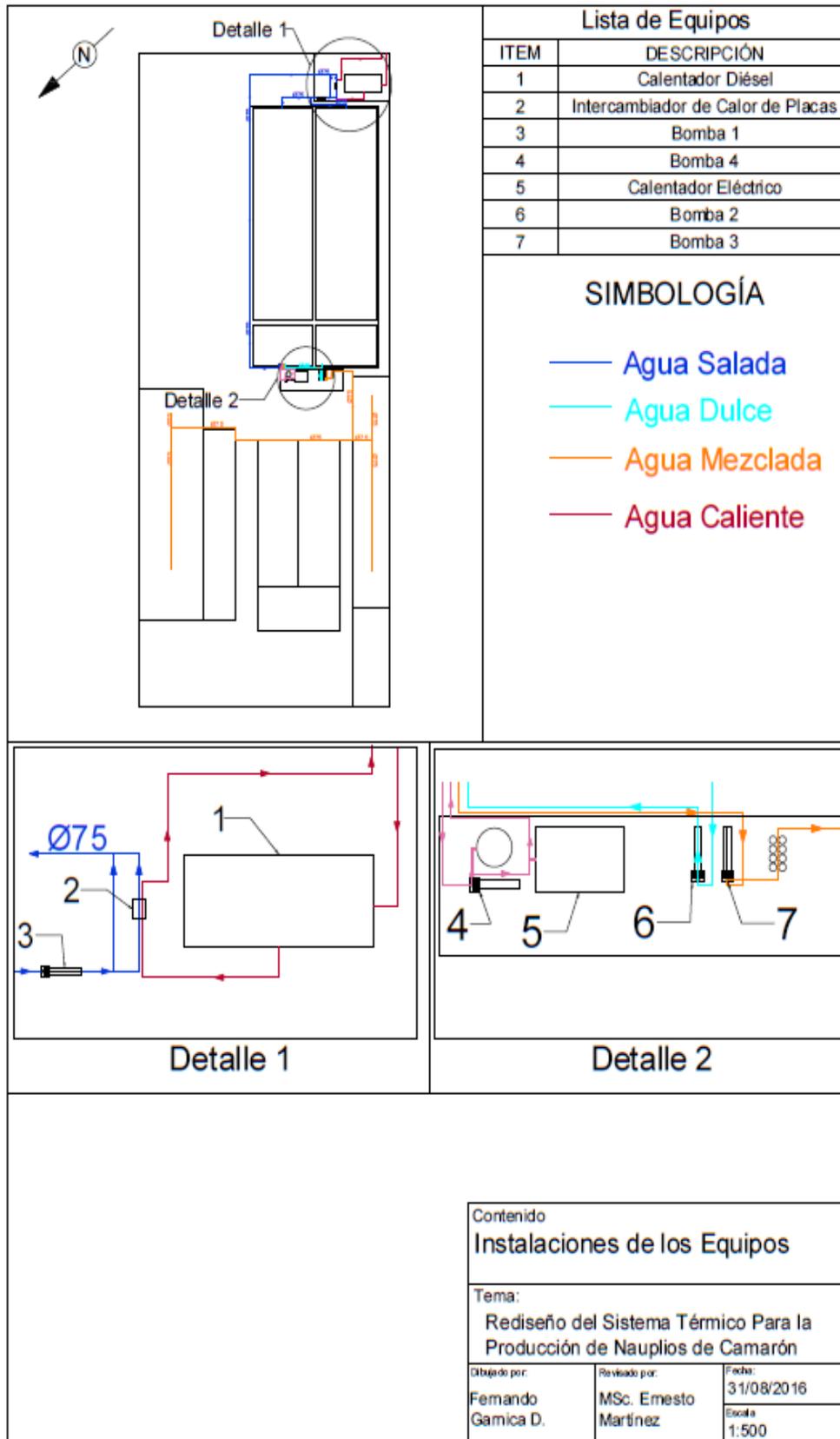
Plano 2. Sistema de Calentamiento de Agua Salada

Elaboración Propia



Plano 3. Sistema Térmico en Reservorio de Mezcla

Elaboración Propia



Plano 4. Instalación del sistema térmico
Elaboración Propia

Apéndice B

Programación EES para pérdida de Calor en Tubería

{Transferencia de calor en Paredes Cilíndricas: Este programa me permite obtener la temperatura de Entrada o Salida de un flujo de Agua, reconociendo las pérdidas de calor a través de las paredes de la tubería}

{Datos}

T_infinity= 17 {C} {Temperatura mínima ambiente}
 P_infinity=101,3 {kPa} {Presión atmosférica}
 L= 50 {m} {Longitud de la tubería}
 D_i= 84,4*convert (mm; m) {Diámetro interno de la tubería}
 D_e= 90*convert (mm; m) {Diámetro externo de la tubería}
 Caudal= 135*convert(gpm; (m^3)/s) {m3/s} {Caudal}
 v_air= 10 {m/s} {velocidad máxima del aire en el medio ambiente}
 v_water=1,5 {m/s} {Velocidad máxima del agua}
 e= 0,0015*convert (mm;m) {Rugosidad absoluta de la tubería}
 T_o= 31{C} {Temperatura del agua a la salida de la tubería}
 k_tub= 0,15 {W/m*K} {resistencia térmica de la tubería, para PVC entre 0,12 y 0,25}

{Resistencia por conducción }

R_cond=(ln(r_i/r_o))/(2*pi*k_tub*L)
 r_i= D_i/2
 r_o=D_e/2

{Convección Externa}

k_air=Conductivity(Air_ha;T=T_infinity;P=P_infinity) {Coeficiente conductivo del aire}
 Pr_air=Prandtl(Air_ha;T=T_infinity;P=P_infinity) {Prandtl del aire a temperatura ambiente}
 rho_air=Density(Air_ha;T=T_infinity;P=P_infinity) {Densidad del aire}
 mu_air=Viscosity(Air_ha;T=T_infinity;P=P_infinity) {Viscosidad del aire}
 Re_ex=(v_air*D_e*rho_air)/mu_air
 Nusselt_ex=0,3+((0,62*(Re_ex^0,5)*(Pr_air^0,333))/((1+(0,4/(Pr_air))^0,666)^0,25))*
 ((1+((Re_ex/282000)^0,625))^0,8)
 h_ex=Nusselt_ex*k_air/D_e
 R_out= 1/ (h_ex*2*pi*r_o*L)

{Convección interna}

T_in= 33 {C} {Temperatura del agua dentro de la tubería}
 k_water=Conductivity(Water;T=T_in;P=P_infinity) {Coeficiente conductivo del agua}
 Pr_water=Prandtl(Water;T=T_in;P=P_infinity) {Prandtl del agua }
 rho_water=Density(Water;T=T_in;P=P_infinity) {Densidad del agua}
 mu_water=Viscosity(Water;T=T_in;P=P_infinity) {Viscosidad del agua}

Re_in=(v_water*D_i*rho_water)/mu_water
 epsilon=e/D_i
 f=MOODYCHART (Re_in; epsilon)
 Nusselt_in=((f/8)*(Re_in-1000)*Pr_water)/(1+(12,7*((f/8)^0,5)*((Pr_water^0,666)-1)))

$$h_{in} = \text{Nusselt}_{in} \cdot k_{water} / D_i$$

$$R_{in} = 1 / (h_{in} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_i \cdot L)$$

$$1/(UA) = (R_{in}) + (R_{cond}) + (R_{out})$$

{Suma de resistencias: convección interna, conducción y convección externa}

{Temperatura media logarítmica}

$$(T_{\Delta out} / T_{\Delta in}) = \exp(-(UA) / (\dot{m} \cdot 1000 \cdot C_p))$$

$$T_{\Delta out} = T_{\infty} - T_o$$

$$T_{\Delta in} = T_{\infty} - T_i$$

{Ecuación del Calor}

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot T_{\Delta}$$

$$T_{\Delta} = T_i - T_o$$

$$c_p = C_p(\text{Water}; T = T_{in}; P = P_{\infty})$$

$$\dot{m} = \rho_{water} \cdot \text{Caudal} \quad \{\text{Flujo másico}\}$$

Los resultados son :

EES Solution
Main

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

Caudal = 0,008517 [m ³ /s]	Cp = 4,183 [kJ/kg-K]	De = 0,09 [m]
Di = 0,0844 [m]	e = 0,0000015 [m]	ε = 0,00001777
f = 0,01633	hex = 44,22 [W/m ² -K]	hin = 5728 [W/m ² -K]
kair = 0,02565 [W/m-K]	ktub = 0,15	kwater = 0,6077 [W/m-K]
L = 50	μair = 0,00001806 [kg/m-s]	μwater = 0,0007493 [kg/m-s]
ṁ = 8,472 [kg/s]	Nusselt _{ex} = 155,2	Nusselt _{in} = 795,6
Pr _{air} = 0,7087	Pr _{water} = 5,158	P∞ = 101,3
Q = 59,39 [kW]	Re _{ex} = 60625	Re _{in} = 162456 [s/m]
p _{air} = 1,217 [kg/m ³]	p _{water} = 994,7 [kg/m ³]	R _{cond} = -0,001363 [m-K/W]
ri = 0,0422 [m]	R _{in} = 0,00001317 [m-K/W]	ro = 0,045 [m]
R _{out} = 0,0016 [m-K/W]	T _δ = 1,676 [C]	T _{δ,in} = -15,68 [C]
T _{δ,out} = -14 [C]	T_i = 32,68 [C]	T _{in} = 33
T∞ = 17 [C]	T_o = 31 [C]	UA = 4007
v _{air} = 10 [m/s]	v _{water} = 1,45	

EES Solution
Main

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

Caudal = 0,004259 [m ³ /s]	Cp = 4,183 [kJ/kg-K]	De = 0,063 [m]
Di = 0,059 [m]	e = 0,0000015 [m]	ε = 0,00002542
f = 0,01726	hex = 50,52 [W/m ² -K]	hin = 6526 [W/m ² -K]
kair = 0,02565 [W/m-K]	ktub = 0,15	kwater = 0,6077 [W/m-K]
L = 50	μair = 0,00001806 [kg/m-s]	μwater = 0,0007493 [kg/m-s]
ṁ = 4,236 [kg/s]	Nusselt _{ex} = 124,1	Nusselt _{in} = 633,7
Pr _{air} = 0,7087	Pr _{water} = 5,158	P∞ = 101,3
Q = 30,16 [kW]	Re _{ex} = 42438	Re _{in} = 124530 [s/m]
p _{air} = 1,217 [kg/m ³]	p _{water} = 994,7 [kg/m ³]	R _{cond} = -0,001392 [m-K/W]
ri = 0,0295 [m]	R _{in} = 0,00001653 [m-K/W]	ro = 0,0315 [m]
R _{out} = 0,002 [m-K/W]	T _δ = 1,702 [C]	T _{δ,in} = -19,7 [C]
T _{δ,out} = -18 [C]	T_i = 36,7 [C]	T _{in} = 33
T∞ = 17 [C]	T_o = 35 [C]	UA = 1601
v _{air} = 10 [m/s]	v _{water} = 1,59	

Programación EES para pérdida de Calor en Reservorio de Mezcla

$T_{\infty}=17$ {C} {Temperatura mínima del ambiente}
 $P=101,3$ {kPa} {Presión atmosférica}
 $T_s=33$ {C} {Temperatura del agua}
 $V_{air}=10$ {m/s} {Velocidad máxima del viento}
 $L=7$ {m} {Largo del Reservorio}
 $b=4,5$ {m} {Ancho del Reservorio}

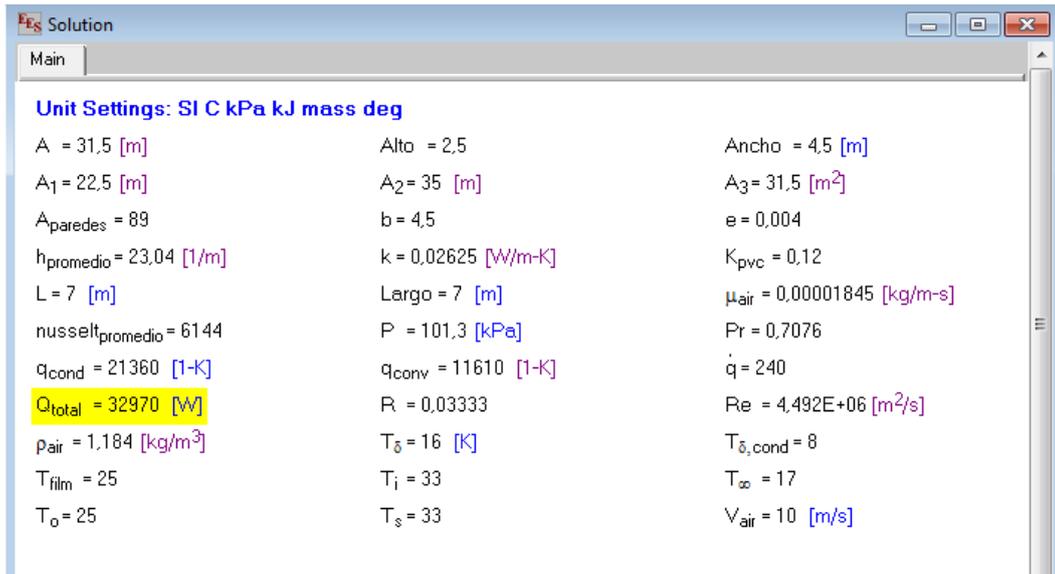
$T_{film}=(T_s + T_{\infty})/2$
 $T_{\Delta}=(T_s-T_{\infty})$

{Coeficiente Promedio}
 $nusselt_{promedio}=((0,037*Re^{(4/5)})-871)*Pr^{0,333}$
 $h_{promedio}=(nusselt_{promedio}*k)/L$
 $Re=(\rho_{air}*V_{air}*L)/\mu_{air}$
 $\rho_{air}=\text{Density}(\text{Air}_{ha};T=T_{film};P=P)$
 $\mu_{air}=\text{Viscosity}(\text{Air}_{ha};T=T_{film};P=P)$
 $Pr=\text{Prandtl}(\text{Air}_{ha};T=T_{film};P=P)$
 $k=\text{Conductivity}(\text{Air}_{ha};T=T_{film};P=P)$
 $A=b*L$ {m²}

$q_{conv}=h_{promedio} * A*T_{\Delta}$

$q_{dot}=T_{\Delta_{cond}}/R$
 $T_{\Delta_{cond}}=T_i-T_o$
 $T_i=33$ {Temperatura del Agua}
 $T_o=25$ {Temperatura de pared}
 $R=e/K_{pvc}$ {Resistencia conductiva}
 $e=0,004$ {m} {Espesor de la lona de PVC}
 $K_{pvc}=0,12$ {W/mK} {Resistencia conductiva de la tubería de PVC}
 $q_{cond}=q_{dot} * A_{paredes}$
 $A_{paredes}=A_1+A_2+A_3$ {Area de contacto con la lona}
 $Largo=7$
 $Ancho=4,5$
 $Alto=2,5$
 $A_1=(Ancho*Alto)*2$
 $A_2=(Largo*Alto)*2$
 $A_3=Largo*Ancho$

$Q_{total}=q_{cond}+q_{conv}$



Resultados de pérdidas de calor en reservorio de mezcla
Elaboración Propia

Apéndice C

M1170 SANTA ELENA-UNIVERSIDAD INAMHI

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)					HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS		M E D I A S			Máxima	Minima	Media	Suma			Máxima en 24hrs	día				
ENERO	162.3		17.4	27	30.4	19.2	26.2	98	19	56	26	83	23.1	28.4	20.3	8.0	31	4
FEBRERO	86.5	33.8	14		32.5	22.2	26.4					80	22.5	27.4	4.2	3.5	8	2
MARZO	243.6			19.8	27	22.4	26.9					76	22.3	27.0	0.3	0.2	29	2
ABRIL	180.2			20.0	2	22.0	27.2	97	30	48	12	78	22.8	28.0	17.5	10.0	18	3
MAYO	201.5			19.2	25	21.3	25.7	98	19	60	6	82	22.3	27.0	0.0	0.0	1	0
JUNIO	74.9			19.4	27	21.2	24.8	100	1	65	13	82	21.6	25.8	0.0	0.0	1	0
JULIO	14.8					26.5	23.4					81	19.9	23.3	2.0			
AGOSTO	11.3					24.6	18.7					85	18.9	21.8	1.0	0.4	12	3
SEPTIEMBRE	82.4			15.5	7	25.5	18.0	94	23	62	19	83	18.5	21.2	0.0	0.0	1	0
OCTUBRE	26.4	29.8	7	13.5	18	25.1	17.1	95	6	67	31	84	18.1	20.7	0.0	0.0	1	0
NOVIEMBRE	167.6	27.5	22			25.7	18.7	93	11	59	23	80	18.1	20.8	0.3	0.3	6	1
DICIEMBRE	197.2					28.8	19.9					76	18.9	21.9	0.6			
VALOR ANUAL	1448.7						24.2					80	20.6	24.4	46.2			

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												CALMA %	Nro OBS	Vel.Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)							
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs		día	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	WV													
ENERO	243.9			6	2.0	4	0.0	0	0.0	0	2.5	4	4.0	1	2.8	61	2.2	11	4.4	5	13	93	7.0	SW	7.2	
FEBRERO	86.5			6	0.0	0	4.0	2	0.0	0	0.0	0	2.0	4	3.2	75	5.0	2	4.2	11	6	84	8.0	SW	7.2	
MARZO	221.3			5																						7.3
ABRIL	180.2			6																						35.6
MAYO	201.5			5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.3	72	3.7	16	4.6	8	4	93	8.0	SW	12.7	
JUNIO	136.2	8.5	28	7	4.0	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.9	63	4.2	21	4.2	11	1	90	10.0	SW	99.9	
JULIO	88.0			7																						36.1
AGOSTO	82.4			8																						8.8
SEPTIEMBRE	107.7			7	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.0	1	5.1	82	6.0	11	5.0	3	2	90	9.0	SW	9.3	
OCTUBRE	26.4			8	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.8	79	5.2	22	0.0	0	0	93	9.0	SW	9.3	
NOVIEMBRE	167.6			7	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	8.0	1	4.9	67	5.1	24	0.0	0	8	90	9.0	W		
DICIEMBRE	197.2			6																						8.7
VALOR ANUAL	1448.7			7																						

Anuario meteorológico en el cantón Santa Elena

Fuente: INAMHI

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa	PSI (lb/pulg ²)	Kgf/cm ²
	20	17.6	1.2	1.25	181	12.75
		17.4	1.3	1.60	232	16.32
		17.0	1.5	2.00	290	20.40
	25	22.6	1.2	1.00	145	10.20
		22.4	1.3	1.25	181	12.75
		22.0	1.5	1.60	232	16.32
	32	29.6	1.2	0.80	116	8.16
		29.4	1.3	1.00	145	10.20
		29.0	1.5	1.25	181	12.75
	40	37.6	1.2	0.63	91	6.43
		37.4	1.3	0.80	116	8.16
		37.0	1.5	1.00	145	10.20
	50	36.2	1.9	1.25	181	12.75
		47.4	1.3	0.63	91	6.43
		47.0	1.5	0.80	116	8.16
	63	46.2	1.9	1.00	145	10.20
		45.2	2.4	1.25	181	12.75
		60.0	1.5	0.63	91	6.43
	75	59.0	2.0	0.80	116	8.16
		58.2	2.4	1.00	145	10.20
		57.0	3.0	1.25	181	12.75
	90	72.0	1.5	0.50	73	5.10
		71.4	1.8	0.63	91	6.43
		70.4	2.3	0.80	116	8.16
	110	69.2	2.9	1.00	145	10.20
		86.4	1.8	0.50	73	5.10
		85.6	2.2	0.63	91	6.43
	110	84.4	2.8	0.80	116	8.16
		83.0	3.5	1.00	145	10.20
		81.4	4.3	1.25	181	12.75
	110	105.6	2.2	0.50	73	5.10
		104.6	2.7	0.63	91	6.43
		103.2	3.4	0.80	116	8.16
	110	101.6	4.2	1.00	145	10.20

Diámetros nominales tuberías de PVC

Fuente: Catálogo Plastigama

D. Nominal (mm)		75		90		110		125		140		160	
Caudal		Pc	V										
lps	gpm												
3,0	48	0,77	0,74	0,32	0,51								
3,5	55	1,03	0,86	0,42	0,60								
4,0	63	1,32	0,98	0,54	0,68								
4,5	71	1,64	1,11	0,68	0,77								
5,0	79	1,99	1,23	0,82	0,85								
5,5	87	2,38	1,35	0,98	0,94	0,37	0,63						
6,0	95	2,80	1,47	1,15	1,02	0,43	0,69						
6,5	103	3,24	1,60	1,33	1,11	0,50	0,74						
7,0	111	3,72	1,72	1,53	1,19	0,58	0,80	0,31	0,62				
7,5	119	4,23	1,84	1,74	1,28	0,65	0,86	0,35	0,66				
8,0	127	4,76	1,96	1,96	1,36	0,74	0,91	0,40	0,71				
8,5	135	5,33	2,09	2,19	1,45	0,83	0,97	0,44	0,75				
8,6	136	5,45	2,11	2,24	1,47	0,84	0,98	0,45	0,76	0,26	0,60		
8,7	138	5,56	2,14	2,29	1,48	0,86	0,99	0,46	0,77	0,26	0,61		
8,8	139	5,68	2,16	2,34	1,50	0,88	1,00	0,47	0,78	0,27	0,62		
9,0	143	5,92	2,21	2,44	1,54	0,92	1,03	0,49	0,80	0,28	0,63		
10,0	159	7,20	2,46	2,96	1,71	1,12	1,14	0,60	0,88	0,34	0,70		
11,0	174			3,53	1,88	1,33	1,26	0,71	0,97	0,41	0,77	0,21	0,59
12,0	190			4,15	2,05	1,56	1,37	0,84	1,06	0,48	0,84	0,25	0,65
13,0	206			4,82	2,22	1,81	1,48	0,97	1,15	0,56	0,91	0,29	0,70
14,0	222			5,53	2,39	2,08	1,60	1,12	1,24	0,64	0,98	0,34	0,76
15,0	238			6,28	2,56	2,36	1,71	1,27	1,33	0,72	1,05	0,38	0,81
16,0	254			7,08	2,73	2,66	1,83	1,43	1,41	0,82	1,12	0,43	0,86
18,0	285					3,31	2,06	1,78	1,59	1,02	1,27	0,53	0,97
20,0	317					4,03	2,28	2,16	1,77	1,23	1,41	0,65	1,08
22,0	349					4,80	2,51	2,58	1,95	1,47	1,55	0,77	1,19
24,0	380					5,64	2,74	3,03	2,12	1,73	1,69	0,91	1,30

Tabla caudal vs diámetro de tubería

Fuente: Catálogo Plastigama

DIÁMETRO NOMINAL		20	25	32	40	50	63	75	90	110	160	200
PÉRDIDAS DE CARGA		(m)										
TEE		0.70	0.80	0.90	1.50	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	3.60	5.00
CODO 90°		1.10	1.20	1.50	2.00	3.20	3.40	3.70	3.90	4.30	5.40	5.50
CODO 45°		0.40	0.50	0.70	1.00	1.30	1.50	1.70	1.80	1.90	2.60	3.50
CODO 90° L/R		0.40	0.50	0.60	0.70	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	2.10	2.60
CODO 45° L/R		0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20	1.40
VÁLVULA CHECK		2.50	2.70	3.80	4.90	6.80	7.10	8.20	9.30	10.40	13.90	17.60
VÁLVULA DE BOLA		11.10	11.40	15.00	22.00	35.80	37.90	38.00	40.00	42.30	56.70	72.10
VÁLVULA DE COMPUERTA		0.10	0.20	0.30	0.40	0.70	0.80	0.90	0.90	1.00	1.20	1.40

Pérdidas de presión en accesorios, convertidas a metros de longitud de tubería de PVC

Fuente: Catálogo Plastigama

Combustíveis Gasosos @ 0 C and 1 atm	Poder Calorífico Inferior (PCI) [1]					Poder Calorífico Superior (PCS) [1]					Densidade		
	Btu/ft3 [2]	Btu/lb [3]	MJ/kg [4]	kWh/kg	kcal/kg	Btu/ft3 [2]	Btu/lb [3]	MJ/kg [4]	kWh/kg	kcal/kg	grams/ft3	g/cm3	g/l
Gás Natural	983	20.267	47	13	11.259	1.089	22.453	52	15	12.474	22	777	
Hidrogênio	290	51.682	120	33	28.712	343	61.127	142	39	33.959	3	90	
Gás Refinaria	1.458	20.163	47	13	11.201	1.584	21.905	51	14	12.169	33	1.158	
Líquidos	Btu/gal [2]	Btu/lb [3]	MJ/kg [4]	kWh/kg	kcal/kg	Btu/gal [2]	Btu/lb [3]	MJ/kg [4]	kWh/kg	kcal/kg	grams/gal	g/cm3	g/l
Petróleo Cru	129.670	18.352	43	12	10.195	138.350	19.580	46	13	10.878	3.205	0,847	847
Gasolina	116.090	18.679	43	12	10.377	124.340	20.007	47	13	11.115	2.819	0,745	745
Reformulated or low-sulfur gasoline	113.602	18.211	42	12	10.117	121.848	19.533	45	13	10.851	2.830	0,747	747
CA reformulated gasoline	113.927	18.272	42	12	10.151	122.174	19.595	46	13	10.886	2.828	0,747	747
Diesel	128.450	18.397	43	12	10.221	137.380	19.676	46	13	10.931	3.167	0,837	837
Diesel baixo enxofre	129.488	18.320	43	12	10.178	138.490	19.594	46	13	10.885	3.206	0,847	847
Petroleum naphtha	116.920	19.320	45	12	10.733	125.080	20.669	48	13	11.482	2.745	0,725	725
NG-based FT naphtha	111.520	19.081	44	12	10.601	119.740	20.488	48	13	11.382	2.651	0,700	700
Residual oil	140.353	16.968	39	11	9.426	150.110	18.147	42	12	10.082	3.752	0,991	991
Methanol	57.250	8.639	20	6	4.799	65.200	9.838	23	6	5.466	3.006	0,794	794
Ethanol	76.330	11.587	27	7	6.437	84.530	12.832	30	8	7.129	2.988	0,789	789
Butanol	99.837	14.775	34	10	8.208	108.458	16.051	37	10	8.917	3.065	0,810	810
Acetone	83.127	12.721	30	8	7.067	89.511	13.698	32	9	7.610	2.964	0,783	783
E-Diesel Additives	116.090	18.679	43	12	10.377	124.340	20.007	47	13	11.115	2.819	0,745	745
Liquefied petroleum gas (LPG)	84.950	20.038	47	13	11.132	91.410	21.561	50	14	11.979	1.923	0,508	508
Liquefied natural gas (LNG)	74.720	20.908	49	14	11.616	84.820	23.734	55	15	13.186	1.621	0,428	428
Dimethyl ether (DME)	68.930	12.417	29	8	6.898	75.610	13.620	32	9	7.567	2.518	0,665	665
Dimethoxy methane (DMM)	72.200	10.061	23	7	5.590	79.197	11.036	26	7	6.131	3.255	0,860	860
Methyl ester (biodiesel, BD)	119.550	16.134	38	10	8.963	127.960	17.269	40	11	9.594	3.361	0,888	888
Fischer-Tropsch diesel (FTD)	123.670	18.593	43	12	10.329	130.030	19.549	45	13	10.861	3.017	0,797	797
Renewable Diesel I (SuperCetane)	117.059	18.729	44	12	10.405	125.294	20.047	47	13	11.137	2.835	0,749	749
Renewable Diesel II (UOP-HDO)	122.887	18.908	44	12	10.504	130.817	20.128	47	13	11.182	2.948	0,779	779
Renewable Gasoline	115.983	18.590	43	12	10.328	124.230	19.911	46	13	11.062	2.830	0,748	748
Liquid Hydrogen	30.500	51.621	120	33	28.678	36.020	60.964	142	39	33.869	268	0,071	71
Methyl tertiary butyl ether (MTBE)	93.540	15.094	35	10	8.385	101.130	16.319	38	11	9.066	2.811	0,743	743
Ethyl tertiary butyl ether (ETBE)	96.720	15.613	36	10	8.674	104.530	16.873	39	11	9.374	2.810	0,742	742
Tertiary amyl methyl ether (TAME)	100.480	15.646	36	10	8.692	108.570	16.906	39	11	9.392	2.913	0,770	770
Butane	94.970	19.466	45	13	10.814	103.220	21.157	49	14	11.754	2.213	0,585	585
Isobutane	90.060	19.287	45	12	10.715	98.560	21.108	49	14	11.726	2.118	0,560	560
Isobutylene	95.720	19.271	45	12	10.706	103.010	20.739	48	13	11.521	2.253	0,595	595
Propane	84.250	19.904	46	13	11.057	91.420	21.597	50	14	11.999	1.920	0,507	507

Tabla de poder calorífico de combustibles

Fuente: www.antoniolima.web.br.com

TABLE 10.2

Some Useful Data on Plate Heat Exchangers

Unit		
Largest size	1540 m ²	
Number of plates	Up to 700	
Port size	Up to 39 cm	
Plates		
Thickness	0.5–1.2 mm	
Size	0.03–2.2 m ²	
Spacing	1.5–5.0 mm	
Contact points	For every 1.5–20 cm ²	Depends on plate size and type of corrugations
Operation		
Pressure	0.1–1.5 MPa	Up to 2.5 MPa in special cases
Temperature	–25 to 150°C –40 to 260°C	With rubber gaskets
Port velocities	5 m/s	With compressed asbestos fiber gaskets
Channel flow rates	0.05–12.5 m ³ /h	
Maximum flow rates	2500 m ³ /h	
Performance		
Temperature approach	As low as 1°C	
Heat recovery	As high as 90%	
Heat transfer coefficients	3000–7000 W/m ² ·°C	Water-to-water duties with normal fouling resistance
Number of transfer units	0.4–4.0	
Optimum pressure drops	30 kPa per NTU	

Rango de operación de intercambiadores de calor de placas

Fuente: Sadik Kakac (2002), Heat Exchangers

Caudal	116 GPM			
Descripción	Diámetro (mm)	Pérdidas (m)	Cantidad	Pérdida Total (m)
Tubería	75	0,053	50	2,665
Tee	75	2,4	0	0
Codo (90°)	75	3,7	6	22,2
Válvula Check	75	8,2	1	8,2
Válvula de Bola	75	3,8	2	7,6
			Pérdida por fricción	40,67

Pérdidas de Fricción desde R. de Agua Salada hasta R. de Mezcla

Fuente: Catálogo Plastigama

Elaboración propia

Caudal	20GPM			
Descripción	Diámetro (mm)	Pérdidas (m)	Cantidad	Pérdida Total (m)
Tubería	40	0,0572	20	1,144
Tee	40	1,5	0	0
Codo (90°)	40	2	3	6
Válvula Check	40	4,9	1	4,9
Válvula de Bola	40	2,2	2	4,4
			Pérdida por fricción	16,44

Pérdidas de Fricción desde R. de Agua Dulce hasta R. de Mezcla

Fuente: Catálogo Plastigama

Elaboración propia

Caudal	135 GPM			
Descripción	Diámetro (mm)	Pérdidas (m)	Cantidad	Pérdida Total (m)
Tubería	75	0,053	50	2,665
Tee	75	2,4	1	2,4
Codo (90°)	75	3,7	8	29,6
Válvula Check	75	8,2	1	8,2
Válvula de Bola	75	3,8	4	15,2
			Pérdida por fricción	53,55

Pérdidas de Fricción desde R. de Mezcla hasta Salas de Eclosión

Fuente: Catálogo Plastigama

Elaboración propia

Caudal	135 GPM			
Descripción	Diámetro (mm)	Pérdidas (m)	Cantidad	Pérdida Total (m)
Tubería	90	0,0219	10	0,219
Tee	90	2,5	0	0
Codo (90°)	90	3,9	6	23,4
Válvula Check	90	9,3	1	9,3
Válvula de Bola	90	4	4	16
Pérdida por fricción				48,919

Pérdidas de fricción recirculación calentador eléctrico

Fuente: Catálogo Plastigama

Elaboración propia

Tabla 18. Costo Anual por Consumo de Combustible

Mes	Temperatura Mínima Agua (°C)	Calor Requerido (kW)	Gasto mensual de Combustible (galones)	Costo Mensual
Enero	24	461,9	792,43	\$ 821,75
Febrero	25	426,3	731,35	\$ 758,41
Marzo	24	461,9	792,43	\$ 821,75
Abril	24	461,9	792,43	\$ 821,75
Mayo	24	461,9	792,43	\$ 821,75
Junio	23	497,6	853,67	\$ 885,26
Julio	21	568,9	976,00	\$ 1.012,11
Agosto	21	568,9	976,00	\$ 1.012,11
Septiembre	21	568,9	976,00	\$ 1.012,11
Octubre	23	497,6	853,67	\$ 885,26
Noviembre	22	533,2	914,75	\$ 948,59
Diciembre	24	461,9	792,43	\$ 821,75
			Total anual	\$ 10.622,59

Fuente: Petrocomercial

Elaboración Propia

Apéndice D

Modelos EE... : Calentadores de Agua Eléctricos para Aplicaciones Residenciales, Comerciales e Industriales.



Características Generales:

- Calentadores de agua construidos completamente en acero inoxidable AISI 316Ti para obtener mejor higiene, resistencia a la corrosión y una mayor vida útil. Amplia garantía del fabricante de 5, 10, ó 20 años.
- Tanques homologados hasta una presión de trabajo de 10 bares, presión de prueba de 13 bares.
- Elementos de calentamiento superiores de larga vida, tipo Incoloy 825 (UNS NO 8825/W.Nr.2.4858).
Opcional: Elementos de calentamiento del tipo que contiene núcleo cerámico, que pueden ser cambiados sin necesidad de drenar el tanque.
- Ánodo eléctrico no-sacrificatorio
- Tipo vertical u horizontal
- Espuma dura de poliuretano libre de CFC (clase con protección contra incendios B2 DIN 4102)
Armazón removible de color gris y en aluminio.
70mm de espesor en tanques de tamaño menor a 750 litros
90mm de espesor en tanques de tamaño igual o mayor a 1000 litros



Tipo EER/EEC

Accesorios Estándar:

- Punto de ventilación automático de aire y vacío con grifo de ventilación rápida
- Termómetro de cuadrante 100mm 0-120°C
- Medidor de Presión de 60mm 0-16 bares
- Abrazaderas para el tablero de control
- Tapa de brida de inspección adaptada de 200mm ó 400mm
- Juegos del aislador dieléctrico para conexiones de tubería

Controles

- Tablero de control industrial estándar, cobertura IP55, interruptor de corte de energía de la red, acoplado al seguro de la puerta
- Interruptor piloto para encendido y apagado manual del calentador
- Luz indicadora de corriente
- Luz indicadora de la(s) fase(s) en que se encuentra el elemento de calentamiento
- Indicación de fallo común de sobrecarga de corriente o nivel bajo de agua
- Conjunto de contactores de arranque, capacidad industrial
- Interruptor desconectador tipo magnético protección contra sobrecarga, restauración manual
- Termostato bipolar de inmersión con ajuste de temperatura 30°-90°C pre-fijada por la fábrica en 60°C
- Protección individual contra recalentamiento incorporada, fijada por la fábrica en 90°C, restauración manual
- Diferentes clases de controladores para suplir requerimientos diversos
- Tablero de control para simple terminación para los modelos EER; tablero de control para Encendido / Apagado básico para los modelos EEC; tablero de control del microprocesador con las características superiores del campo para los modelos EEH y EEI.
- Dibujo CAD y diagrama de instalación eléctrica
- Componentes eléctricos de capacidad industrial
- Los tableros de control pueden ser adaptados a cualquier grupo de modelos.



Opcional:

- Temporizador (diario, semanal, mensual)
- Temporizador de control de picos OFF con control en cascada de etapas y pantalla digital LCD
- Interruptor de presión baja del agua



Dibujo Seccional
Tipo EER/EEC

Ficha técnica calentador eléctrico

Fuente: Catálogo Ecotherm Heat Transfer Technology

1.19 MODEL 3298

Product Description

The 3298 is designed specifically to handle moderate to severe corrosives with or without solids. As a sealless design, it's an effective alternative to pumps with mechanical seal problems. Meets strictest EPA regulations.



Specifications

- Capacities to **270 m³/h** (1200 GPM)
- Heads to **162 m** (530 feet)
- Temperatures to **120° C** (250° F)
- Pressures to **15 bar** (225 PSIG)

Design Features

Extended Pump Life

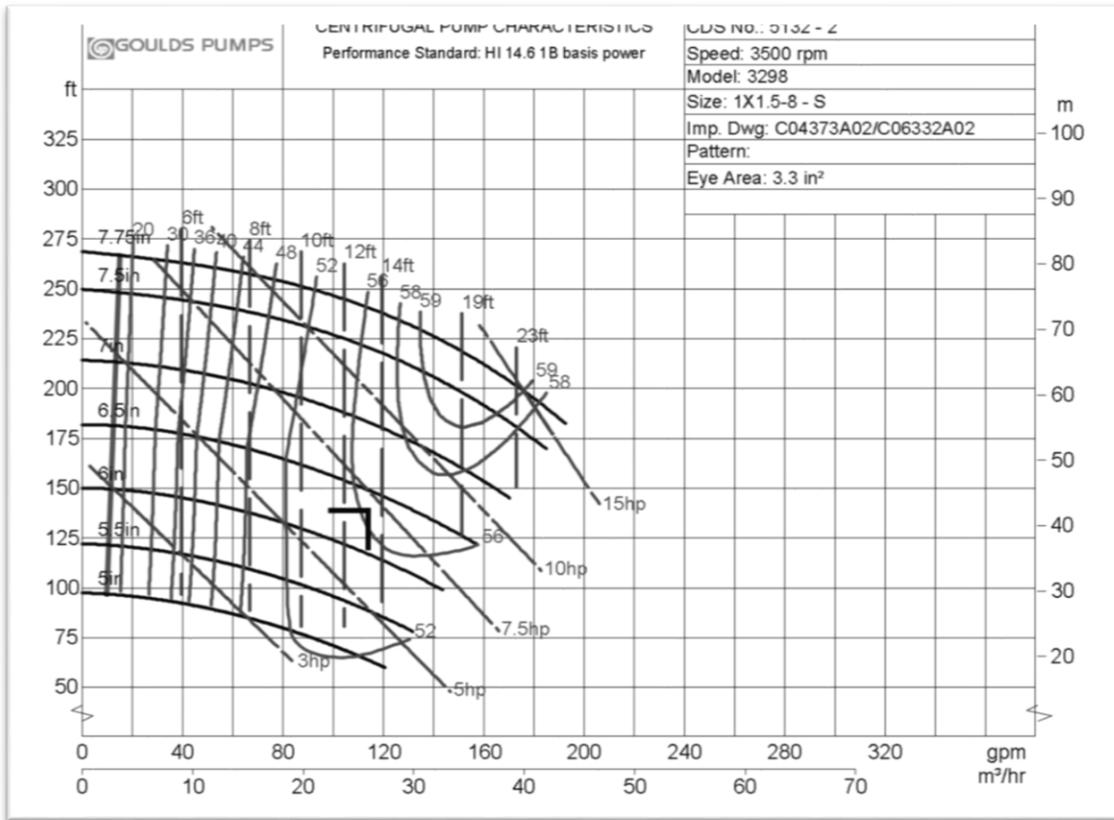
- Tefzel® (EFTE) Construction
- Sealless Design
- Stationary Silicon Carbide Shaft
- Optional Silicon Carbide Dryguard™ Bearings

Optimum Performance

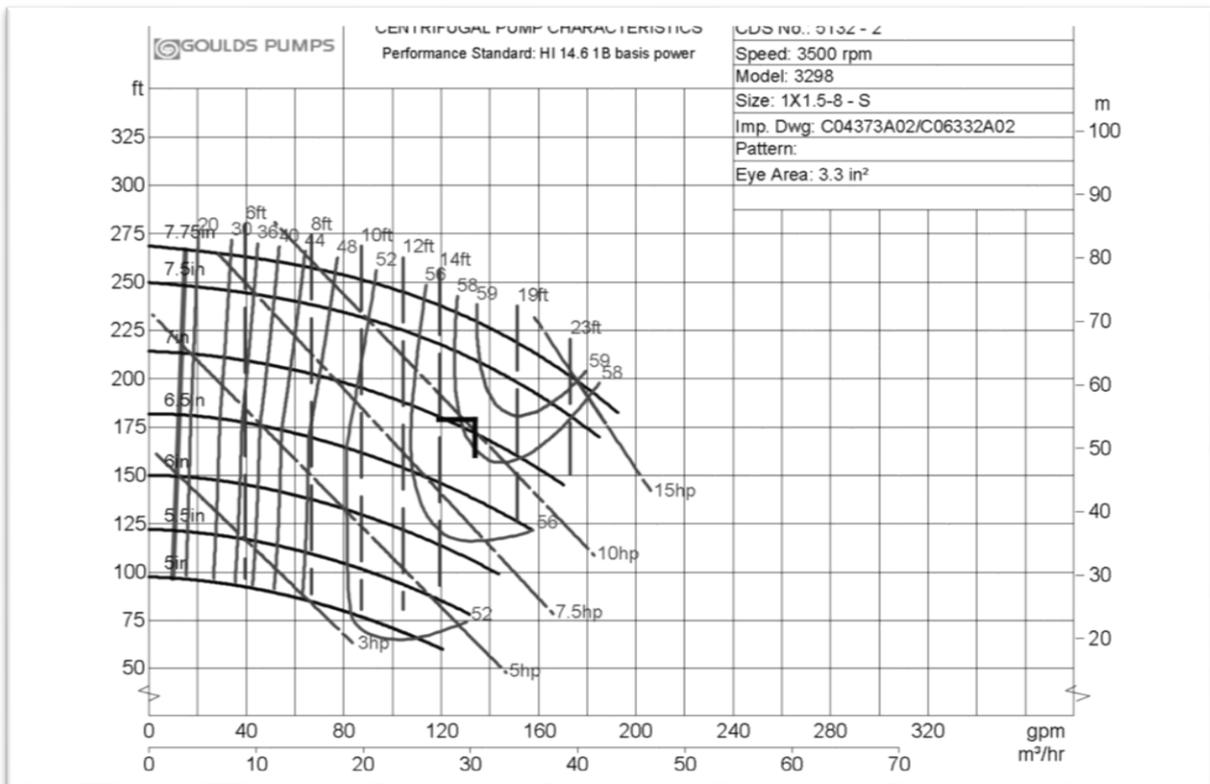
- Non-slip Synchronous Drive
- Efficiency Equivalent to Sealed ANSI Pumps, 30% Higher than Metal Sealless Pumps

Ficha técnica bomba hidráulica

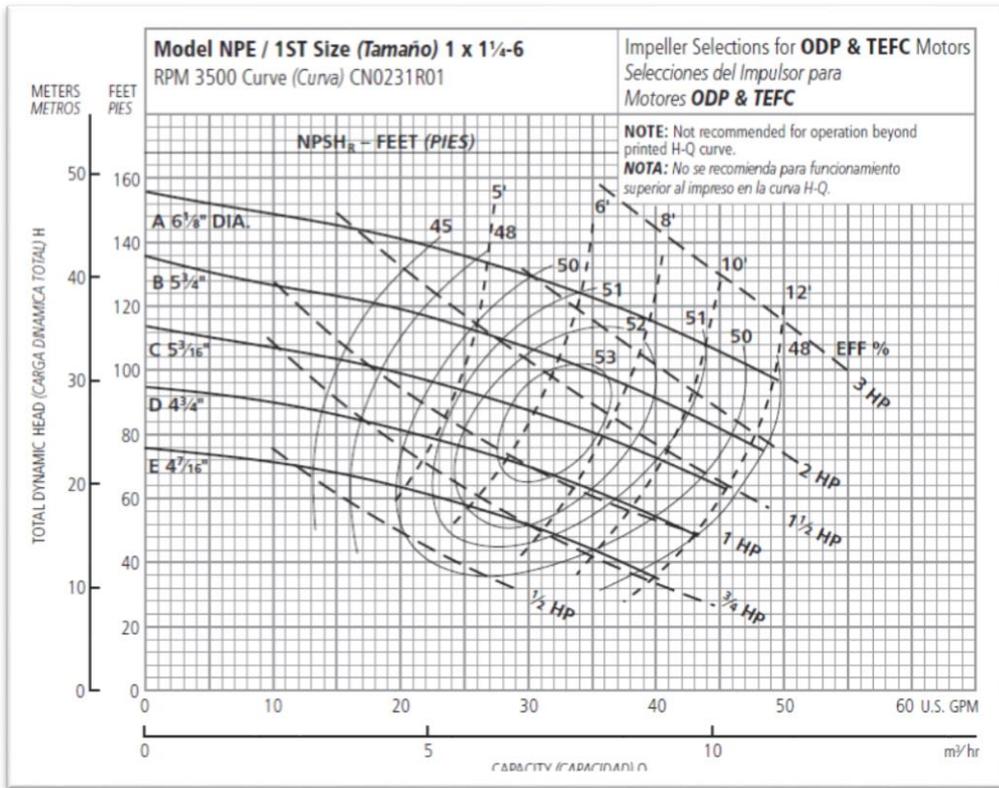
Fuente: Manual Goulds Pumps



Curva de Eficiencia Bomba 1
Fuente: Manual Goulds Pumps

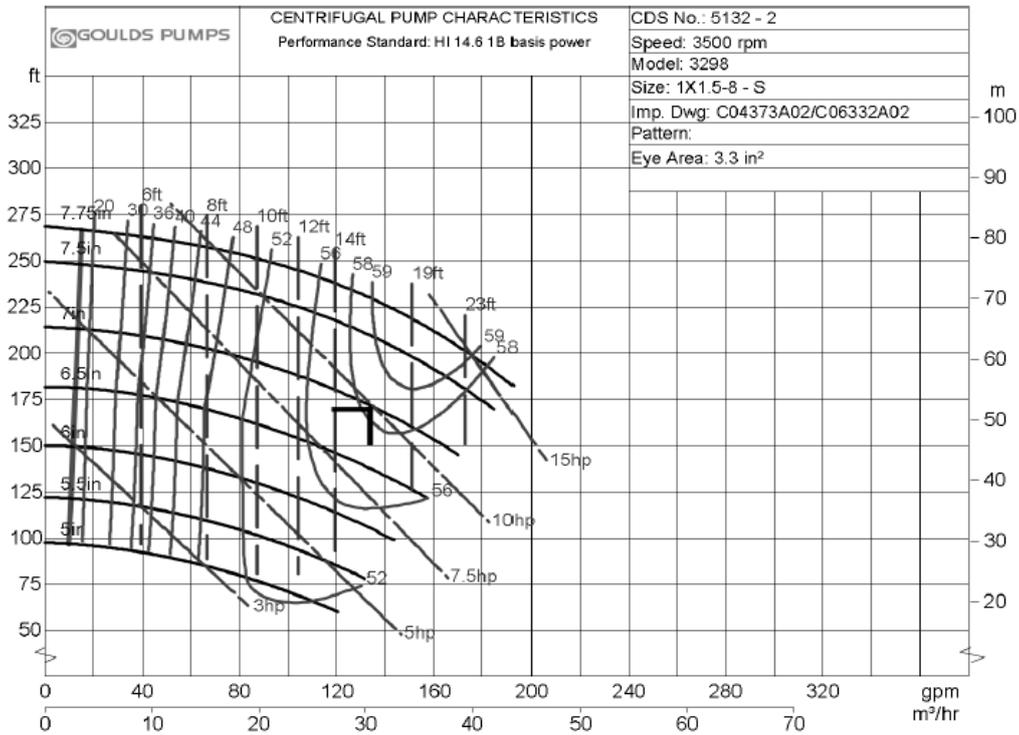


Curva de Eficiencia Bomba 2
Fuente: Manual Goulds Pumps



Curva de Eficiencia Bomba 3

Fuente: Manual Goulds Pumps



Curva de Eficiencia Bomba 4

Fuente: Manual Goulds Pumps

Design Data	Hot Side	Cold Side	
Heat Transfer Media	Water	Seawater	
Volume Flow Rate	11.36	26.12	M3/HR
Mass Flow Rate	11092.0	26702.9	KG/HR
Inlet Temperature	90.0	21.0	°C
Outlet Temperature	53.3	37.0	°C
Density	976.83	1022.45	KG/M3
Specific Heat	1.001	0.954	CAL/G C
Viscosity	0.39	0.90	CPS
Thermal Conductivity	0.569	0.518	KCAL/M HR C
Pressure Drop	0.14	0.65	BAR
Operating Pressure	3.4	3.4	BAR G
Heat Transfer Rate		407730	KCAL/H
Log Mean Temperature Difference		41.8	°C
Operating U-Value		3536	KCAL/M2 HR C
Heat Transfer Area (All Frames)		2.8	M2

Mechanical Description

Frame

Type	ICLC-150 Carbon Steel
Design Code	Non-Code
Design Pressure	7 BAR G
Design Temp. Max/Min	113 °C / -17.8°C
Test Pressure	8 BAR G
Frames In Parallel/Series/Total	1/ 1/ 1
A-Dim. Min./Max.	83.76/ 86.36 MM
Overall Length	362 MM
Overall Width	279 MM
Overall Height	914 MM
Guide Bar Length/Capacity	343 MM / 61 plates
Compression Bolt Length/Capacity	203 MM / 26 plates
Weight Operating/Empty	103/ 94 KG

Plate

Type	AT10 V
Plate Material	0.60 MM Titanium GR1 SB-265
Plates/Frame	26
Passes-H/C	1/1
Channels-H/C	12/13
Gasket Material	NBR

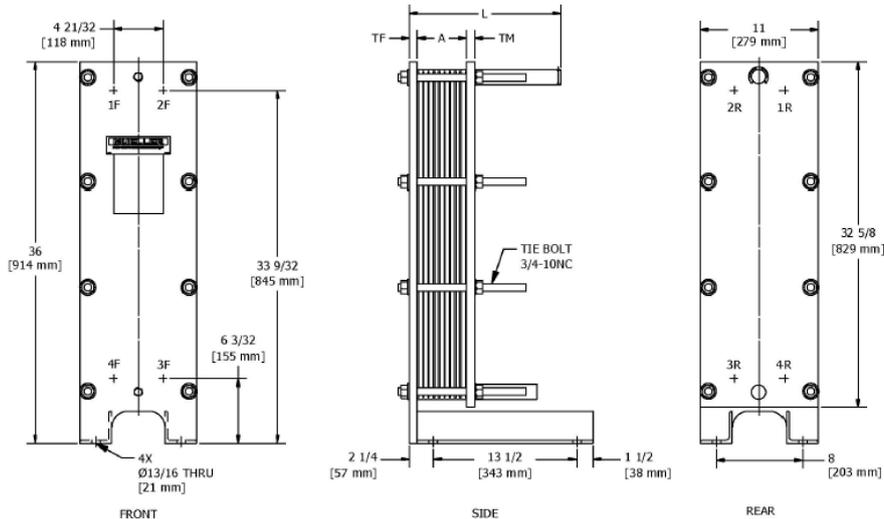
Connections	Location
Hot In	2.00 Inch 316 S/S MNPT 4F
Hot Out	2.00 Inch 316 S/S MNPT 1F
Cold In	2.00 Inch Titanium MNPT 2F
Cold Out	2.00 Inch Titanium MNPT 3F

Accu Therm Plate Heat Exchanger Dimensions

Model: AT10IC

Frame Type: C-150

Date: 8/11/2016



Connection Availability

Frame Capacity Guide lengths

Ficha técnica intercambiador de calor de placas

Fuente: Catálogo Mueller