**CAPÍTULO 4**

**4. DISEÑO DEL SISTEMA**

* 1. **Determinación de la Capacidad Requerida**

**Descripción del Mapa actual de Proceso**

En el área de Producción se procede a realizar algunas operaciones, las cuales se detallan en un Diagrama de Flujo (Ver Apéndice P).

Descripción del Diagrama de Flujo

Parte de los *Proveedores* facilitan la pesca en la **Recepción en Muelle**, en esta etapa se realiza la clasificación de la pesca de forma organoléptica (sabor, olor, color, textura y piel) en todos los tipos de especies.

La temperatura de los pescados durante la calificación organoléptica debe ser inferior al límite crítico establecido en el plan HACCP (4°C). Luego, se procede a **Transportar** la carga al área de **Recepción en Planta**. Se debe asegurar que el pescado no tenga vísceras.

Se realiza la **Limpieza y Lavado** con agua potable, clorada y fría (4°C). Las tinas o cajones y palets deben estar limpios y desinfectados antes de colocar el pescado, así como cualquier otro equipo necesario para la descarga y se procede a **Pesar** la pesca, colocando la identificación de la misma, que contiene (especie, origen y fecha), luego se procede a **Enhielar** el pescado, intercalando capas de hielo (1 capa de hielo – 1 capa de Pescado) y así sucesivamente hasta realizar el **Almacenamiento en Cámara**; estas etapas deben durar el mínimo tiempo posible.

Se coloca la pesca en la línea de Producción, se procede a lavar la pesca con agua fría (0 – 3°C) y clorada; constantemente se chequea la temperatura del producto. Culminada esta etapa, se realiza el **Procesamiento**: fileteo, cortes, lavado y/o limpieza. Se coloca el pescado en línea de proceso asegurándose antes de no tener ningún foco infeccioso, se lava la pesca con agua fría (0 – 3°C) y clorada removiendo cualquier residuo del pescado.

Se pesa el pescado y se **Empaca** en cajas térmicas agregando suficiente gel pack; el material de empaque debe estar revisado que este libre de contaminación. Una vez empacado y rotulado se realiza el **Almacenamiento en Frío** en el cuarto de refrigeración previo a su **Embarque y** **Transporte,** asegurándose que el cuarto este a una temperatura de 0 a 4°C., por último llega al *Cliente*.

Puntos Críticos de Control (PCC)

Tomando en consideración el Diagrama de Flujo para porciones refrigeradas de Dorado, se los define como PCC a las etapas: recepción en muelle, recepción en planta, almacenamiento refrigerado y empacado. La identificación del peligro en las dos primeras etapas mencionadas, se trata de materia prima con inseguro nivel de histamina, mientras que las dos siguientes trata acerca de la formación de histamina y crecimiento de patógenos. Las condiciones normales para la materia prima y producto fresco son: temperatura interna menor a 4°C y niveles de histamina menores a 50 ppm. Otro aspecto a considerar es la T° del ambiente en las cámaras de almacenamiento (T° < 4°C), Procesamiento y Empacado (T° < 15°C) (33). En resumen, la cadena de frío y las condiciones asépticas en cada una de las superficies de contacto con el producto son esenciales dentro del Sistema Industrial actual.

Proceso Productivo

La temporada de Dorado está comprendida entre los meses de Diciembre a Marzo; la temporada demanda el contrato de personal mucho mayor al del resto de meses, además el día laboral es de tres turnos. Para tener una idea del proceso productivo de Dorado fresco, se expone la Tabla 9.

**CONSUMO MENSUAL DE PRODUCTO EXPORTADO**

**(Producto Fresco)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Enero** | **Febrero** | **Marzo** | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sep. | Oct. |
| **81.970** | **209.132** | **180.458** | 35.375 | 7.257 | 2.809 | 1.908 | 1.266 | 0 | 9.588 |

**FUENTE:** ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DE PESCA BLANCA DEL ECUADOR (3).

La tabla anterior presenta la distribución mensual de producción para el período de análisis comprendido entre Enero y Octubre del 2004. La mayor producción de Dorado fresco es en los meses de Enero, Febrero y Marzo, representando el 89.1% del total producido (33).

**Descripción del nuevo Proceso de Producción**

Capacidad del Sistema

La determinación de la máxima capacidad del Sistema Industrial a diseñar, se va fundamentar en la actual demanda del producto fresco, la misma que es de 1500 libras/día (33); dicha cantidad sería el punto de inicio para introducir Tecnología de Barreras en el sector de pesca fresca. El proceso productivo que caracteriza la presentación en que se realizó el estudio de barrera, esta regido por 12 pedidos/mes de temporada, representando el 11.5% del total de las libras procesadas en dichos meses (Ver tabla 9).

Velocidad de Producción

A continuación, en la tabla 10, se muestra la conducta del procesamiento de porciones refrigeradas de Dorado (DARDEN 6 onzas) sometidas a Tecnología de Barreras.

Esta tabla se elaboro tomando en cuenta días de temporada, ya que son los días de disponibilidad de pescado fresco.

**PROCESAMIENTO DE PORCIONES REFRIGERADAS DE DORADO (DARDEN 6 onzas)**

|  |
| --- |
| **Datos** |
| Capacidad de Producción (Lb./día) | 1.500,00 |
| # porciones (6 onzas) | 4.009 |
| # personas en Fileteado y corte | 6 |
| Horas de trabajo | 4 |
| **Producción** |
| # porciones/día\*persona | 669 |
| # porciones/hora\*persona | 168 |
| # porciones/min.\*persona | 3 |
| # Porciones/min. | 17 |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Tipo de Producción

Teniendo en cuenta que la materia prima es el Dorado fresco, la aplicación de Barreras se realizará en temporada de la especie en cuestión. El procesamiento de porciones refrigeradas de Dorado se da en una producción continua, debido a que en temporada la cantidad de pescado que es capturado es elevada, provocando que el trabajo sea intenso y rápido. Las diferentes especies que llegan a las Empacadoras de pesca blanca deben ser procesadas en el menor tiempo posible, con la finalidad de disminuir en lo más mínimo las posibles fluctuaciones de temperatura que llevan a romper la cadena de frío.

* 1. **Determinación de las Características de Solución Osmótica a emplearse**

Teniendo en consideración, que una proporción: S.O. – producto (4:1) es alta y un tiempo de cinco minutos es pequeño en Deshidratación Osmótica, es común asumir que la concentración de S.O. se mantiene constante, aspecto importante para su reutilización (12). Con respecto a la eficacia que debe tener la S.O. para alcanzar el mismo nivel de deshidratación al nivel industrial, se puede asegurar que esta puede ser exitosamente reciclada por lo menos en 10 ciclos, siempre y cuando se mantenga una proporción: S.O. – producto (4:1) durante el proceso de deshidratación (12).

Considerando que la S.O. puede ser reutilizada máximo 10 veces (12, 32) y el nivel de humedad que se alcanzo en el producto, utilizando la misma S.O., no presenta diferencia significativa entre los seis ciclos (Ver figura 3.12), se puede afirmar que las características físico – químicas obtenidas durante 6 ciclos consecutivos (Ver figuras 3.10 y 3.11), son muy cercanas a aquellas que se esperan alcanzar para afirmar que el proceso de barreras duplicará el tiempo de vida útil de las porciones cambiando de una manera mínima sus características naturales. Los rangos potencialmente efectivos son aquellos que se exponen la tabla 11.

**CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS DE SOLUCIÓN OSMÓTICA**

|  |  |
| --- | --- |
| **Características**  | **Valores efectivos**  |
| pH | 3.16 ± 0.16 |
| Acidez (% Ácido Acético) | 1 ± 0.054 |
| Actividad de Agua | 0.75 ± 0.024 |
| % sólidos solubles  | 40 ± 1.8 |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

En la tabla 11 se presenta los límites de calidad para afirmar que la S.O. es efectiva en el proceso. Se debe procurar que la ocurrencia de los límites inferiores, para S.O. en contacto con porciones, sea lo menos posible. Por ejemplo, para el porcentaje de sólidos disueltos, el valor medio y efectivo es de 40%, con un porcentaje de error de ± 1.8. El valor por debajo de la media, debe originarse durante la recirculación de la S.O y su presencia puede considerarse como rompimiento de los parámetros de proceso. Todo valor, entre el valor medio y máximo, es para afirmar que la S.O. es apta para el proceso.

* 1. **Diseño de la instalación Industrial del proceso Tecnología de Barreras**

**Parámetros de Proceso**

Los parámetros de proceso se detallan en la tabla 12.

**PARÁMETROS DE PROCESO**

|  |  |
| --- | --- |
| **Parámetros** | **Valor** |
| Tiempo de Contacto (min.) | 5 |
| Temperatura de S.O. (°C) | 0±1°C |
| Concentración de S.O.  | 20 % sal; 20% azúcar; 1% ácido Acético. |
| Tiempo de recirculación (min.). (12) | 30 |
| # ciclos para recircular la misma S.O.  | 6 |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

**Introducción de Tecnología de Barreras al Proceso actual**

A continuación en la figura 4.1. se presenta el diagrama de proceso que se anexaría al actual flujo de proceso de pesca fresca con la finalidad de aplicar Tecnología de Barreras.



**Selección de equipos para el Proceso**

Detalle de equipos para el Proceso

Los principales equipos para el Sistema Industrial de Tecnología de Barreras, son los siguientes:

* Equipo de Procesado
* Equipo para preparación y recirculación de Solución Osmótica
* Equipo de enfriamiento

*Equipo de Procesado*

El equipo de procesado a proponer, es un transportador, cuyo diseño se basa fundamentalmente en la selección de la cadena transportadora que a lo largo de su recorrido va dar origen a tres secciones bien diferenciadas, las cuales se mencionan a continuación:

1era. Sección ó Sección de Alimentación: es donde se pone en contacto directo el operario con la materia prima, para cargar el equipo. Esta sección esta delimitada en el lado superior de la cadena (lado de partida)

2da. Sección ó Sección de Remojo: sección fundamental del equipo, ya que es aquí donde se aplica Tecnología de Barreras. Las características fundamentales consisten en que la velocidad de la cadena sea tal que las porciones permanezcan sumergidas en su totalidad por cinco minutos, para esto el equipo deberá poseer un compartimiento ó cámara con un volumen suficiente para abarcar a la solución Osmótica y a uno de los lados de la cadena (lado de retorno) que transporta las porciones. Además la S.O. no debe incrementar su temperatura más allá de 1°C y las porciones por todo el tiempo de proceso deben estar sumergidas.

3era. Sección ó Sección de Escurrido y Descarga: esta formada por los tramos de cadena, que en su recorrido sirvieron de primera y segunda sección. La distancia de esta sección esta dada por el tiempo de escurrido y velocidad de la cadena. El operario deberá retirar el producto, cuando la cadena junto con las porciones salgan del remojo, llevándolo hacia la etapa de Empacado. Las tres secciones son continuas y en su totalidad conforman el equipo de procesado (Ver figura 4.2.).

**ESQUEMA DEL EQUIPO DE PROCESADO**

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La cadena transportadora, deberá poseer accesorios que formen compartimientos o divisiones donde el operario va colocar el número de porciones según sea el número de compartimientos (lado de partida para la cadena). Además, los accesorios deben estar dispuestos de manera que actúen como soporte de barrido, al momento que el lado de regreso de la cadena se sumerja en la S.O. (Ver figura 4.3.). Esta disposición de cadena junto a la proximidad de la superficie inferior de la piscina, no permitirán que las porciones caigan al fondo de la piscina, ya que el empuje de la S.O. hace que las porciones tienden a flotar cuando se remojan.

**DISPOSICIÓN DE CADENA**

**PARA REMOJAR LAS PORCIONES**

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

*Equipo para preparación y recirculación de Solución Osmótica*

Para preparar y recircular la S.O. se hará uso de un tanque con agitación seguido de una bomba y un medidor para controlar el caudal que entra al equipo de procesado (EP).

*Equipo de enfriamiento*

Dentro del sistema de recirculación, deberá encontrarse un equipo que provoque la disminución de la temperatura de la S.O. dirigida al EP. Basándose, en las condiciones de mantener alta asepsia dentro de las Industrias Pesqueras y facilidades de limpieza y mantenimiento, se seleccionó un Intercambiador de calor tipo Placas (ICP), donde el detalle fundamental es su área de transferencia de calor, la cual se detallará en las especificaciones de este equipo.

Esquema Industrial

En Apéndice Q, se expone el esquema Industrial que permitirá aplicar Tecnología de Barreras.

**Especificaciones del equipo de Procesado**

Selección de la Cadena Transportadora

La cadena transportadora a utilizar en el diseño del Equipo de Procesado (Transportador) es una de las cadenas pertenecientes a la familia Mat Top, cuya patente pertenece a la Compañía Rexnord (38), donde el distribuidor autorizado en el Ecuador es L. Henriques & Cia. S.A.

*Longitud y Ancho del Transportador*

Para definir la longitud y ancho del transportador se expone a continuación las especificaciones que deberá poseer la cadena para su correcta aplicación en el Proceso de Barreras.

* Canastas o compartimientos

La cadena transportadora, debe poseer accesorios que delimiten a lo largo y ancho de la cadena, canastas o compartimientos transversales (la mayor dimensión delimita el ancho de la cadena) que alojen a una porción por cada canasta.

**DISTRIBUCIÓN DE PORCIONES DENTRO DE LA CADENA**

****

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La razón de esta especificación consiste en que cada porción se ponga en contacto con S.O. en todas sus partes y no exista la interrupción del contacto deseado debido a contactos directos o roces entre porciones.

La cadena al poseer divisiones va formar una matriz dada por filas y columnas que dependiendo del número de cada una de ellas va dar origen a diferentes arreglos (Ver figura 4.4.). El tamaño de cada canasta va a depender de las dimensiones de las porciones.

**SUPERFICIE DE CADA CANASTA**

|  |
| --- |
| **DIMENSIONES** |
| **Máximas de porciones DARDEN 6 onzas** | **De cada canasta ó compartimiento** |
|
| Largo (mm.) | 152 | Largo (mm.) | 172 |
| Ancho (mm.) | 63 | Ancho (mm.) | 83 |
| **Superficie (mm2)** | 9576 | **Superficie (mm2)** | 14284 |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Las dimensiones de cada compartimiento están dadas, considerando una sobre dimensión de 10 mm. por cada dimensión máxima de porciones. Con las dimensiones dadas en la tabla 13, se llega a definir el ancho mínimo de la cadena y longitud mínima de la sección de remojo.

Para calcular la altura requerida para cada canasta se ha tomado como referencia el volumen de S.O. a 20°C requerido para una porción y el volumen aparente de la misma, información obtenida en las etapas experimentales (Ver tabla 14).

**VOLUMEN DE CADA CANASTA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A | Vol. S.O. (cm3/porción) | 545 |
| B | Vol. Aparente (cm3/porción) | 340 |
| A+B | Vol. Mín. requerido (cm3/canasta)  | 885 |
|   | % sobre-dimensión  | 13% |
|   | **Vol. por canasta (cm3)** | 1000 |
|   | **Altura mín. de cada canasta (mm.)** | 70 |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Se definió un porcentaje de sobre-dimensión del 13% con respecto al volumen mínimo ocupado por el producto y S.O., con la finalidad de que el volumen delimitado por cada canasta sea lo suficiente para mantener la relación S.O. - producto (4:1), teniendo en cuenta que existirá perdidas de solución debido al arrastre por parte de las porciones.

Se ha definido un volumen de 1000 cm3 por canasta, dando una altura mínima de 70 mm. En las tablas 13 y 14, se encuentran expuestas las dimensiones requeridas para cada canasta, cumpliendo con la proporción requerida de S.O. – producto.

**DIMENSIONES DE CADA CANASTA**



**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

* Definición del arreglo base

Esta definición permitirá percibir la manera en que se debe distribuir las canastas o compartimientos a lo largo de la cadena transportadora, cumpliendo con la especificación de 5 minutos de remojo para cada porción.

La longitud mínima por arreglo esta dada en un minuto, pero el proceso tarda 5 minutos, por lo tanto la longitud mínima de la sección de remojo es cinco veces este valor. En resumen, durante los 5 minutos de proceso, el operador observará en la sección de remojo la cantidad de cinco veces el número de porciones por minuto que contenga el arreglo base seleccionado. La definición del arreglo base se presenta en el Apéndice R.

El arreglo base que va a predominar en la cadena transportadora es el arreglo 6x3, ya que es aquel que demanda menos superficie (1.3 m2) cumpliendo con las exigencias del sistema. Los arreglos 5x4 y 6x4 también son óptimos con respecto al espacio (1.44 y 1.73 m2, respectivamente) pero la velocidad de producción está sobredimensionada en estos arreglos. A pesar de esto, el arreglo seleccionado presenta una velocidad de producción de 18 porciones/minuto, cantidad que se encuentra por encima de la mínima requerida. Por otro lado, si se llegase a diseñar cada canasta en posición longitudinal (mayor dimensión delimita el largo de la cadena), el arreglo óptimo sería 3x6, pero no es recomendable desde el punto de vista estético del equipo y ergonómico del operador por la dificultad de colocar porciones en seis columnas.

**ARREGLO TRANSVERSAL**



 **FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La máxima capacidad de la cadena es de 18 porciones/min. con una longitud mínima en la sección de remojo de 2500 mm. y un ancho mínimo de banda de 520 mm. Con estas especificaciones, al momento de operar el transportador, el operario deberá observar en el almacén o piscina donde se sumerja el lado de retorno de la cadena junto con las porciones, el número de 90 porciones.

* Dimensiones de Sección de Alimentación (1era. Sección)

Las canastas van estar distribuidas de la siguiente manera: un arreglo base va quedar a simple vista del operador, durante todo el tiempo de proceso, es aquí donde se va a llevar a cabo la cargada o alimentación del equipo a una velocidad de 18 porciones por minuto con dimensiones mínimas de 500 x 520 mm. El número de canastas que siguen a continuación, va depender del recorrido que le de el diámetro de la rueda dentada (38). Este recorrido forma el paso antes de ingresar a la piscina de remojo (Ver figura 4.2.)

* Dimensiones de piscina (2da. Sección)

Las dimensiones de esta sección van a estar definidas por el número de arreglos que van a permanecer sumergidos.

**ARREGLOS DISPUESTOS EN EL LADO DE RETORNO**



**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

El número de arreglos son cinco, lo cual da las siguientes dimensiones mínimas de cadena: 2500 x 520 mm. Con la ayuda de estas dimensiones se puede llegar a pensar en el volumen total mínimo ocupado por la piscina, con el dato de que cada canasta debe poseer una profundidad mínima de 70mm.

**REQUERIMIENTOS PARA SECCIÓN DE REMOJO**

|  |  |
| --- | --- |
| Peso máx. (Kg./porción) | 0,19 |
| # de porciones | 90 |
| Producto (Kg./5 min.) | 17,1 | Proporción (4:1) |
| S.O. (Kg./5 min.) | 68,4 |
| Densidad S.O. (Kg./lit) | 1,249 |
| Vol. S.O. (lit./5 min.) | 54,76 |
| % seguridad para S.O. | 8% | Merma |
| Vol. S.O. requerido (litros) | 59,14 | 65% |
| Vol. a ser ocupado por porciones (litros) | 31,86 | 35% |
|
| Vol. Delimitado por cadena (litros) | 91,00 | 100% |
|

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

El requerimiento mínimo, en cuanto a volumen, para la piscina de remojo es 91 litros con los porcentajes aproximados de ocupación para el producto (35%) y S.O. (65%), con respecto a ese volumen. Los mismos que satisfacen el requerimiento de tener un porcentaje de seguridad para compensar la merma promedio de S.O. que existe en cada ciclo (Ver tabla 8).

Asumiendo que es factible utilizar la misma S.O. durante 6 ciclos, se tiene un 8% de seguridad para cubrir la merma, lo que se traduce en un requerimiento real de 59.14 litros, tomando en consideración que la cantidad mínima de S.O. es aproximadamente 54.76 litros, valor que mantiene la relación de peso S.O. – producto (4:1).

El volumen mínimo mencionado es delimitado por la cadena transportadora. Al momento de sumergir las porciones, estas deben permanecer en cada uno de los compartimientos de la cadena transportadora, debido a esto en el diseño del equipo de procesado se debe considerar un espacio de almacenamiento (piscina), con dimensiones que sobre pasen las mínimas requeridas por la cadena, con la finalidad de que abarque el volumen de S.O. y el volumen ocupado por el lado de retorno de la cadena y porciones (Ver figura 4.2.)

* Dimensiones de Sección de Descarga y Escurrido (3era. Sección)

La velocidad de producción es de 18 porciones/min. lo mismo que significa 500 mm./min. (distancia mínima del arreglo base). Se definió un porcentaje de seguridad con respecto al tiempo experimental de escurrido, cuyo valor es del 70% (5), para asegurar un buen escurrido de las porciones y así minimizar la merma de S.O. durante el pesado y empacado.

**SECCIÓN DE ESCURRIDO**

|  |
| --- |
| **Especificaciones para 3era. Sección** |
| Tiempo de escurrido (min.) | 1,7 |
| Distancia de escurrido (mm.) | 850 |
| Veloc. Cadena (mm./min.) | 500 |
| Ancho mín. cadena (mm.) | 520 |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La longitud mínima de la tercera Sección será de 850 mm., distancia de cadena, que ayuda a tener un tiempo de escurrido de 1.7 min. La distancia de escurrido es considerada a partir de que las porciones dejan de estar sumergidas.

*Material de Cadena*

El material de la cadena, a parte de que debe estar en la capacidad de trabajar a bajas temperaturas (0 a 4°C), debe guardar resistencia a sustancias químicas, como por ejemplo: sal común (NaCl), sacarosa, ác. Acético, cloro, agua y jabón. Los materiales de Polietileno (baja temperatura: LT) y Polipropileno (alta temperatura: HT) tienen la mayor resistencia contra sustancias químicas (38).

Debido a que la solución osmótica, que va estar en contacto con los elementos y accesorios del equipo a diseñar, posee una T° de operación de 0 a 1°C, se necesitará un material que trabaje a bajas temperaturas. Dicho material es el polietileno (LT) que posee un margen de operación de temperatura: -100°F a +80°F (-73°C a +27°C) (38).

*Tipo de Cadena*

Se determino el uso de la cadena 5966, teniendo en cuenta que mientras mayor sea el porcentaje de área abierta, la cadena es más apropiada a las aplicaciones donde se requiere un flujo libre de líquidos a través de ella (38).

**ESPECIFICACIONES DE CADENA 5966**

|  |  |
| --- | --- |
| \*Paso de la Cadena (mm.) | **38.1** |
| Área Abierta (%) | **31%** |
| Materiales en existencia | **Polietileno (WLT)** |
| \*Resistencia (lbs) | **600** |
| Accesorios | **Aditamentos de empujador** |
| Accesorios | **Protectores laterales** |

**FUENTE:** MANUAL DE INGENIERÍA REXNORD (38)

\*Paso es la distancia entre un listón y el otro.

\*WLT: Trasluciente

\*Resistencia Por Pie del ancho de la cadena

La cadena 5966 presenta diversidad de accesorios adaptables para formar los compartimientos ó canastas (Ver Apéndice S).

* *Ruedas dentadas: Serie N5966*

La rueda está construida de material Termoplástico acetal resistente al desgaste y a la corrosión. El diámetro mas grande está definido en un valor de 150.4 mm., con un número de 12 dientes, dando la equivalencia de 150.4mm./revolución.

Al tener una distancia de transferencia de 500 mm./min., se puede decir que la velocidad mínima del transportador es 3.33 rpm., velocidad relativamente baja, de tal manera que se recomienda un motor para mover las ruedas de una velocidad menor a 5 rpm. La N5966 viene en calibre cuadrado (hex), cuyas especificaciones vienen en el manual REXNORD (38).

**Especificaciones para el Sistema de recirculación y Equipo de preparación de S.O.**

Descripción del Sistema de Recirculación

Se determinó un volumen mínimo de 60 litros de S.O. para cumplir con el volumen delimitado por cada una de las canastas diseñadas en la 2da. Sección y cubrir la merma de S.O. originada durante treinta minutos (Ver tabla 15).

Para mantener la relación S.O. – producto (4:1) y evitar que la dilución de la S.O. afecte el proceso de barreras, se debe tomar en cuenta el esquema Industrial propuesto (Ver Apéndice Q) y el siguiente procedimiento para recirculación de S.O.:

Al iniciar la producción (1500 libras/día), se debe tener disponible 120 litros de S.O. Para el llenado del Equipo de Procesado (EP), se necesitará de por lo menos 60 litros, los cuales serán bombeados desde un tanque a un flujo de 12 litros/min., abriendo la válvula de paso VA.0. Con esto se espera que el EP este lleno en 5 min.

Para preparar el sistema de recirculación deberán estar cerradas las válvulas VD.0. y VD.1.. Unavez que el EP posea la suficiente cantidad de S.O. para bañar el lado de retorno de la cadena transportadora, que llevará en su interior noventa porciones por cada 5 min., se abrirán las válvulas VR.0. y VR.1.. Con este procedimiento lo que se busca es llenar el EP y la tubería, donde se marca el inicio de la recirculación, cerrando la válvula de paso VA.0.

Se espera que la S.O. tenga un tiempo de utilización de treinta minutos. Luego de este tiempo, es muy probable que la S.O. este diluida (características físico – químicas por debajo de la media - tabla 11) y se deba realizar la reconstitución de la misma. Para reconstituir la S.O. del EP, se debe detener la alimentación de porciones al proceso.

La recirculación debe continuar mientras se esta reconstituyendo la S.O. Una vez reconstituida dicha solución (características físico – químicas entre la media y valores máximos – tabla 11), la S.O. será apta para el proceso de barreras y se volverá a procesar producto. Para compensar la disminución de S.O. en el EP, el operario deberá tomar la cantidad requerida del tanque de preparación y almacenamiento (abrir válvula D). De esta manera, el sistema de recirculación, busca que se reutilice la solución manteniendo constantes sus características físico – químicas a través del tiempo (por encima de la media).

*Equipos y accesorios auxiliares*

El sistema de recirculación va necesitar equipos y accesorios auxiliares que se detallan en la tabla 18.

**EQUIPOS Y ACCESORIOS AUXILIARES PARA EL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN**

|  |  |
| --- | --- |
| **Equipo** | **Características** |
| Bomba para S.O. de acero inoxidable grado alimenticio | Potencia: 1 hp |
| Voltaje de Alimentación: 110 V |
| Medidor de Flujo | Caudal de 10 a 30 litros/min. |
| Válvulas de ¾ | Mando Manual (esféricas) |
| Trampa |
| Regulación Precisa (globo) |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Tomando en consideración, que la bomba no requiere potencia para elevar el fluido a grandes alturas y que existen sistemas domésticos de recirculación similares al propuesto (44), se definió una potencia de 1 hp para la bomba.

Diseño de tanque

El diseño del tanque para preparar y almacenar la S.O., se basa fundamentalmente en la capacidad y dimensiones del mismo. Se seleccionó esta forma de equipo por su alto grado de utilización en la Industria de Alimentos, ya que es fácil para limpiar y mantener la asepsia de la operación, además su superficie cilíndrica debe ser de tal manera que no permita la acumulación de S.O. en sus paredes.

El tanque debe ser construido de un material grado alimenticio, tal como lo es el Acero Inoxidable, agregándose a esto, que el material no podrá intensificar el incremento de T° en la S.O., al momento de la agitación mecánica.

Para definir la capacidad mínima del tanque, se consideró el doble del volumen mencionado, originando una capacidad de utilización del tanque de 120 litros. Cuando se encuentre operando el sistema, el 50% del volumen mencionado estará almacenado en el equipo de procesado (EP), mientras que el otro 50% cubrirá la necesidad de tener el mínimo volumen que evite que el EP se quede sin S.O. (reservorio).

Es necesario definir un porcentaje de seguridad al momento de construir el equipo (24, 42); en el presente estudio se definió un 18%, dando una capacidad real de 140 litros.

Para calcular las dimensiones del tanque se utilizó el dato del volumen máximo (140 litros) y la ecuación del volumen de un cilindro que se presenta a continuación:

(Ec.4.1.)
Donde:

Volumen del tanque cilíndrico (m3.)

Radio del tanque cilíndrico (m.)

Altura del tanque cilíndrico (m.)

Asumiendo que el diámetro del tanque es de 388.5 mm. (media plancha de 2440 mm. de largo (24)), se despejo la altura, quedando la siguiente ecuación:

(Ec.4.2.)
Donde:

Diámetro del tanque cilíndrico (mm.)

Se determinó que la altura del tanque es de 1182 mm.

**CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE**

|  |  |
| --- | --- |
| **Características** | **Descripción** |
| **Material** | Acero inoxidable AISI 316 L |
| **Capacidad Volumétrica** | 140 litros |
| **Diámetro** | 388.5 mm. |
| **Altura** | 1182 mm. |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Se recomienda el uso de un agitador tipo paletas por ser uno de los más comunes en la Industria de Alimentos (42). Las características del agitador se encuentran en la tabla 20.

**CARACTERÍSTICAS DEL AGITADOR**

|  |  |
| --- | --- |
| **Características** | **Descripción** |
| **Tipo de agitador** | Paletas |
| **Material** | Acero Inoxidable AISI 316 L |
| **Motor eléctrico** | 110 V |
| **Potencia** | 0.1 hp |
| **Velocidad** | 100 rpm |
| **Longitud de paleta** | 250 mm. |
| **Altura de paleta** | 50 mm. |

**FUENTE:** TALLERES A σ H

Es necesario indicar que la presencia del agitador es con la finalidad de facilitar la etapa de mezclado de ingredientes al momento de elaborar la S.O.; al momento del proceso, se podría detener el agitador, ya que la S.O. estará en constante movimiento por la recirculación de la misma.

El tanque debe estar provisto de trampa tipo depósito que impidan el paso de materiales extraños (retención de sedimentos) y de válvulas de drenaje para realizar los respectivos controles de calidad (s.s., % NaCl, % ácido Acético, pH, T°). Además, deben poseer accesorios que indiquen el nivel de volumen y una entrada para agregar los componentes al momento de elaborar y reconstituir la S.O.

Filtración de Solución Osmótica

Dentro del sistema de recirculación, se empleará una etapa para la separación mecánica de sólidos en suspensión en la S.O. Los sólidos suspendidos que se presentaron en la solución reutilizada durante la etapa experimental, fueron en su mayoría, trozos de pescado que se desprendieron por el movimiento de las porciones dentro de la S.O. Dichos trozos, presentaron un diámetro promedio de 2 mm.

Esta etapa estará representada por mallas, tipo Tyler No. doce mesh, cuyo U.S.no es 14, que quiere decir una apertura y apertura ISO nominal de 1.41 mm., para ambos casos (39). El presente accesorio, será capaz de retener toda clase de partículas sólidas que posea un diámetro mayor o igual a

1.41 mm. El flujo de S.O., que atravesará por la malla, es de 12 litros/min. La etapa de separación mecánica se recomienda ubicarla inmediatamente después del EP, para asegurar que no pasen materiales extraños que vayan afectar el normal funcionamiento de la bomba (Ver Apéndice Q).

**Especificaciones del Equipo de Enfriamiento**

Procedimiento para mantener la temperatura de Proceso

El equipo de enfriamiento a utilizar dentro del sistema de recirculación, es un Intercambiador de Calor a Placas (ICP), cuyo diseño se basa fundamentalmente en la definición del área de transferencia de calor (Atc) requerida por el sistema.

La ubicación del ICP se recomienda entre la bomba y el EP (Ver Apéndice Q). La S.O. que fluye en la línea de entrada al EP deberá pasar antes por el equipo de enfriamiento para alcanzar la temperatura de proceso (1±1°C).

La temperatura promedio a la cual se va elaborar la S.O. es de 15°C, dicha temperatura debe disminuirse a la temperatura media de 0°C para que ingrese al EP. Hasta que se alcance la temperatura de proceso, el sistema de recirculación se mantendrá sin procesar producto. Una vez que la temperatura de S.O., monitoreada en el EP, sea de 1±1°C se procederá a dar inicio con el proceso.

Diseño del Intercambiador de Calor a Placas

Para diseñar el ICP que satisfaga los requerimientos del proceso, se debe tomar en cuenta el cálculo del Área de Transferencia de Calor (Atc), cuyo valor estará definido por las condiciones de operación: T° de S.O. (T1 = 15°C a T2 = 0°C), Flujo (12 litros/min.) y salmuera (25% NaCl) para enfriamiento proveniente del Sistema de Frío característico para Industrias Pesqueras (33).

*Propiedades físicas del fluido de interés*

Las propiedades físicas de la S.O. fueron determinadas utilizando los modelos para alimentos líquidos basados en su composición, dichos modelos fueron publicados por Choi y Okos (1986) y son los siguientes:

(Ec. 4.3.) 

Donde:

 : Conductividad Térmica del alimento (W/m °C)

 : Conductividad Térmica del componente puro (W/m °C)

 : Fracción volumétrica para cada componente

(Ec. 4.4.) 

Donde:

 : Densidad del alimento (Kg./m3)

 Fracción másica para cada componente

 Densidad del componente puro (Kg./m3)

(Ec. 4.5.) 

Donde:

 Calor especifico del alimento (KJ/Kg. °C)

: Calor especifico del componente puro (KJ/Kg. °C)

Las propiedades físicas de los componentes puros (NaCl, Sacarosa, ácido Acético y Agua) se encuentran en el Apéndice T, las mismas que están en función de la temperatura (40). La viscosidad de la S.O. se estimo a partir de la tabla titulada “Viscosidades de Soluciones” (24). En la tabla 21, se detalla las propiedades físicas de la S.O. a la temperatura media de 15°C.

**PROPIEDADES FÍSICAS DE SOLUCIÓN OSMÓTICA**

|  |  |
| --- | --- |
| **Propiedades físicas** |  |
| Densidad (Kg./m3) | 1235.025 |
| Calor especifico (KJ/Kg. °C) | 3.023 |
| Conductividad térmica (KJ/s m °C) | 5.077 x 10-4 |
| Viscosidad (Kg./m s) | 2.55 x 10-3 |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

*Propiedades físicas del fluido de servicio*

A continuación, en la tabla 22, se encuentran expuestas las propiedades físicas para el fluido de servicio a una temperatura media de 0°C. La información se obtuvo de tablas y figuras, que especifican propiedades físicas en función de la temperatura para diversos líquidos puros y soluciones (24).

**PROPIEDADES FÍSICAS DE SALMUERA (25% NaCl)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Propiedades físicas** |  |
| Densidad (Kg./m3) | 1190 |
| Calor especifico (KJ/Kg. °C) | 3.4022 |
| Conductividad térmica (KJ/s m °C) | 5.709 x 10-4 |
| Viscosidad (Kg./m s) | 2.40 x 10-3 |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

*Balance de Energía*

Para calcular la cantidad de Calor (W) que debe entregar la S.O., para lograr su enfriamiento de 15°C (T1) a 0°C (T2), se asumió que las perdidas de Calor al medio ambiente son despreciables (42).

Por lo tanto, la energía cedida por la S.O., es recibida en su totalidad por la Salmuera helada (t1= -2°C) (33). Con este balance, la información a obtener, es la temperatura a la cual el fluido de servicio sale del equipo (t2) y el flujo total de Calor existente en el mismo.

(Ec. 4.6.) 

Donde:

 : Flujo total de Calor (W)

 : Flujo másico de S.O. (Kg./s)

 : Calor especifico de S.O. (J/Kg.s)

 : Temperatura inicial y final de S.O. (°C)

 : Flujo másico del fluido de servicio (Kg./s)

 : Calor especifico del fluido de servicio (J/Kg.s)

 : Temperatura inicial y final del fluido frío (°C)

Una vez obtenido el valor de Q y t2, se empieza analizar los diferentes tipos de ICP que existen en el mercado y la respectiva literatura científica que describe el normal funcionamiento del equipo (42). De la información técnica, se obtiene que el área efectiva de transferencia de calor para equipos industriales esta alrededor de los 2 m2. Debido a esto, se tomo en consideración el ICP, marca Alfa-Laval tipo P-0, equipo que presenta 2.4 m2 como máxima superficie de calentamiento.

*Número de Corrientes en paralelo y Velocidad de Flujo*

Con el tipo de ICP, se puede considerar el espacio óptimo entre placas (e), espesor de la placa (Δx) y ancho efectivo de una placa (b) (42). Por otro lado, una buena velocidad de flujo oscila entre 0.3 a 0.9 m/s (42), con lo cual permitirá estimar el número de canales o corrientes en paralelo (np).

Se calculó, el np y la velocidad de flujo (v) para cada uno de los fluidos que intervienen en el proceso. Para esto, se utilizo las siguientes ecuaciones:

(Ec. 4.7.) 

(Ec. 4.8.) 

Donde:

 : Velocidad de Flujo para S.O. y fluido de servicio (m/s)

 : Flujo volumétrico de Proceso para S.O. (m3/s)

 : Flujo volumétrico de Proceso para fluido de servicio (m3/s)

 : Ancho efectivo de una placa (m)

 : Espacio entre dos placas (m)

 : Número de corrientes en paralelo

*Coeficientes Individuales de Transferencia de Calor*

El cálculo de los coeficientes individuales (h) se llevo a cabo en cada uno de los fluidos, originando así h1 y h2. Se denomina coeficiente individual, porque la ecuación esta en función de las propiedades físicas de cada fluido. Es necesario indicar que la ecuación para los coeficientes individuales, dependen del tipo de placa a utilizar (42). Se definió el uso de placas tipo “espina de pescado”, ya que presentan una mejor transferencia de calor (TC) y soporte muy rígido (42).

(Ec. 4.9.) 

Donde:

 : Coeficiente individual de TC, para S.O. y fluido de servicio (W/m2 °C)

 : Diámetro equivalente o hidráulico (m)

 : Viscosidad del fluido (Kg./m s)

 : Densidad del fluido (Kg./m3)

 : Número de Reynolds

 : Número de Prandtl

 : Conductividad térmica (W/m °C)

 : Viscosidad a la temperatura de la pared (Kg./m s).

*Coeficiente Global de Transferencia de calor*

Para hallar el Coeficiente Global de transferencia de calor (UD), es necesario determinar el Coeficiente limpio (UC):

(Ec. 4.10.)  ; (W/m2 °C)

Además, es muy importante tomar en consideración la resistencia por ensuciamiento (Rd) que ejerce cada fluido, cuya información, se encuentra en los manuales de ICP para fluidos muy parecidos a los del presente estudio (42). Por último, está la resistencia que ejerce al material de la placa; en la mayoría de los casos, el material es Acero Inoxidable, cuya conductividad se encuentra publicada en manuales de Ingeniería (24).

(Ec. 4.11.) 

Donde:

 : Resistencia por deposición, ejercida por la S.O. (m2 °C/W)

 : Resistencia por deposición, ejercida por fluido de servicio (m2 °C/W)

 : Espesor de la placa de transferencia (m)

 : Conductividad térmica del Acero Inoxidable (44.98 W/m °C)

*Media logarítmica de temperaturas y su factor de corrección*

La media logarítmica de temperaturas (MLDT) se la obtiene con la siguiente ecuación:

(Ec. 4.12.) 

Donde:





 : Factor de corrección (42)

*Área de Transferencia de Calor*

La ecuación general para el diseño de Intercambiadores de Calor (24, 42), lleva en uno de sus términos, el área de transferencia de calor (Atc) requerida para un determinado sistema.

(Ec. 4.13.) 

Donde:

 : Área total de transferencia de Calor (m2)

A continuación, en la tabla 23, se expone los resultados obtenidos en cada una de las etapas descritas para llegar determinar el área de transferencia de calor.

**REQUERIMIENTOS PARA EL ICP**

|  |  |
| --- | --- |
| **Descripción** | **Resultados** |
| Q (W) | 11200 |
| t2 (°C) | 9.8°C |
|  | 4 |
|  (m/s) | 0.4 |
|  (m/s) | 0.468 |
| (W/m2 °C) | 9826.212 |
|  (W/m2 °C) | 12109.376 |
| Uc (W/m2 °C) | 5424.486 |
| Rd1 (m2 °C/W) | 1.72x10-4 |
| Rd2 (m2 °C/W) | 1.29x10-4 |
| Uc (W/m2 °C) | 2005.26 |
| ΔT1 (°C) | 2 |
| ΔT2 (°C) | 5.2 |
| MLDT | 3.31 |
| Ft | 0.93 |
| **Atc (m2)** | **1.802** |

**FUENTE:** ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

***Especificaciones de Diseño***

Conociendo que el ICP, tipo P-0, presenta un área de calentamiento por placa de 0.032 m2 (42), se definió que por lo menos se necesita 57 placas de TC. Además, conociendo el arreglo base 4/4 (Fluido de interés/Fluido de servicio), se puede afirmar que existen 8 corrientes en paralelo con 7 placas de TC para dicho arreglo. Relacionando el número de placas requeridas con el número placas que define el arreglo base, se puede predecir que 8 veces se debe repetir el arreglo base para que resulte la presencia de 64 corrientes y 63 placas de transferencia de calor, las cuales definen un porcentaje de sobre diseño del 9.5%.

**Procedimiento para reconstituir S.O.**

Reutilizar S.O. en más de un ciclo de D.O. esta condicionado por los cambios de composición asociados a los cambios deseados en el producto, como una progresiva dilución de S.O., lo que provoca que después de cada ciclo disminuya el flujo de transferencia de masa (12). Por esta razón, se debe considerar un procedimiento para llevar las características físico – químicas de la S.O., que se encuentren por debajo de la media, a valores que sean mayores o iguales a la media establecida (Ver tabla 11).

El procedimiento se lo denomina reconstitución de S.O., que no es más que agregar una determinada cantidad de sal, azúcar y ácido Acético, con la finalidad de llegar a los valores medios e ideales de S.O. (20% NaCl, 20% Sacarosa y 1% ácido Acético). Para conocer las características antes, durante y después del proceso se recomienda monitorear en línea de proceso, los siguientes parámetros: Densidad, T°, pH, ss, Cloruros, Acidez y Volumen. Con esta información, se podrá conocer la cantidad de cada uno de los ingredientes presentes en la S.O. reutilizada, así como también, predecir la cantidad de ingredientes que deben ser agregados para que la solución sea nuevamente apta para el proceso.

El requerimiento de ingredientes para reconstituir la S.O., se puede predecir con balances de materia y teniendo conocimiento de los controles en línea. A continuación, se exponen las ecuaciones utilizadas para reconstitución de S.O.

REQUERIMIENTO DE SAL

(Ec. 4.14.) 

REQUERIMIENTO DE AZÚCAR

(Ec. 4.15.) 

REQUERIMIENTO DE ÁCIDO ACÉTICO

(Ec. 4.16.) 

Donde:

 NaCl requerido para reconstituir S.O. (Kg.)

 Sacarosa requerida para reconstituir S.O. (Kg.)

 Ácido Acético requerido para reconstituir S.O. (Kg.)

 Masa de S.O. reconstituida (Kg.)

 Masa de S.O. reciclada (kg.)

 Porcentaje de NaCl en S.O. reciclada

 Porcentaje de NaCl en S.O. reconstituida

 Porcentaje de Sacarosa en S.O. reconstituida

 Porcentaje de sólidos solubles en S.O. reciclada

 Porcentaje de ácido Acético en S.O. reconstituida

 Porcentaje de ácido Acético en S.O. reciclada

Utilizando estos balances de materia, se diseño una hoja electrónica en Excel, en donde se predice la cantidad de ingredientes que se deberá agregar a una determinada cantidad de S.O. reutilizada con sus respectivas características físico-químicas (Controles en Línea), teniendo en cuenta, que serán conocidos los datos de las características físico-químicas a donde se quiere llegar con la reconstitución y la cantidad de S.O. reconstituida que se necesita. Finalmente, después de agregar las cantidades requeridas de ingredientes, se procederá a realizar controles en línea para S.O. reconstituida (Ver Apéndice U). Los ingredientes como la sal y el azúcar serán agregados manualmente, para esto estarán depositados en tolvas (Ver Apéndice Q).

Almacenamiento de S.O.

En el Apéndice Q, se puede observar una línea que sirve para descargar el EP y retornar la S.O. al tanque de almacenamiento. Para que esto suceda, se debe abrir las válvulas VD.0. y VD.1., y cerrar las válvulas VR.0. y VA.1.

**Control en línea de Proceso**

Los parámetros de control, que debe tener el Sistema Industrial, están descritos a manera de procedimientos en cada una de las siguientes partes:

Equipo de Procesado

Debido a que la operación del Sistema esta en Diseño, se deben monitorear, por lo menos cada 10 min., las características físicos – químicas (% sólidos solubles, % NaCl, Acidez, pH y temperatura) de la S.O.

Tanque de Preparación y Almacenamiento de S.O.

El control de nivel y la temperatura son parámetros a monitorear en el tanque. En cada producción se debe revisar la trampa de sólidos con la finalidad de monitorear los sólidos en suspensión y el volumen de S.O. debe ser de 120 litros.

Equipo de Enfriamiento

El parámetro de control que se debe tener cuenta para monitorear el normal funcionamiento del equipo, es la temperatura. Es decir, mediciones de temperatura en las corrientes de entrada y salida del equipo.

**Análisis de Peligros**

Proceso

Los peligros potenciales que existen durante el proceso de barreras, son de naturaleza Químico (formación de histamina) y Biológico (multiplicación de patógenos), causado por el posible incremento de temperatura en las porciones de pescado, debido a la fricción con la cadena y máquina de remojo, ó por el abuso de temperatura en la S.O.

Almacenamiento de S.O.

Antes y después de cada producción, se deben realizar análisis físico – químicos y controles microbiológicos en la S.O. del tanque de almacenamiento. Debido a la naturaleza de la S.O. (pH < 4.5, aw entre 0.7 y 0.8, y T°<4°C), los microorganismos a proliferar son de origen acidotolerantes: mohos, levaduras y lactobacilos (34).

Los recuentos de tales microorganismos no precisan exceder la cifra de 104/g. después de tres días de exposición a 16°C; además, si el pH esta por debajo de 4.5, no es necesario ningún otro control de laboratorio (34).

Almacenamiento de ingredientes

Se debe tener en cuenta el control de insectos y de plagas en las tolvas de almacenamiento de sal y azúcar.

* 1. **Costo estimado de la Instalación Industrial del proceso “Tecnología de Barreras” para Empresas Empacadoras y Exportadoras de Pesca Blanca**

La inversión económica que se debe considerar para la construcción de equipos y adquisición de instrumentación industrial que va necesitar el proceso de Tecnología de Barreras, es de aproximadamente $ 14300.00 (Ver tabla 24).

**COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL**

|  |  |
| --- | --- |
| **DESCRIPCIÓN** | **COSTO ($)** |
| Equipo de Procesado a | 7000.00 |
| Tanque con agitación b | 800.00 |
| Bomba para Solución Osmótica c | 600.00 |
| Medidor de Flujo c | 200.00 |
| Intercambiador de Calor a Placas d | 3500.00 |
| Malla Tyler No. 12 mesh d | 60.00 |
| Tubería de ¾ Acero Inoxidable Cedula 40 c  | 85.80 |
| Accesorios de grifería (válvulas, T, codos, tuercas Universales) c | 650.00 |
| Termómetros c | 85.00 |
| Controladores de nivel c | 160.00 |
| Equipo para monitorear puntos de Control e | 1100.00 |
| **TOTAL** | **14240.80** |

**FUENTE: a**L.HENRIQUES & CIA. S.A.; **b**TALLER SCAN

**c**LA LLAVE S.A.; **d**IVAN BOHMAN C.A.; **e** LABORATORIOS CEVALLOS S.A. y COLE PARMER INSTRUMENT COMPANY