



Alimentos Prosalud

**“Evaluación del sistema hidráulico de agua potable de Alimentos
Prosalud”**

**Informe de anteproyecto de Práctica de Especialidad para optar por el Título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura.**

Esteban Salas Villalobos

Carné 201042284

Cartago, noviembre 2014



engineerscanada

**Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)**

Profesor guía:

Ing. Gilbert Bonilla Castillo

Asesor industrial:

Ing. Francisco Bonilla Guido

Tribunal evaluador:

Ing. Oscar Bastos Molina

Ing. Víctor Julio Hernández González

Información del estudiante y la empresa

Información del estudiante

Nombre: Esteban Salas Villalobos

Cédula: 2-0700-0269

Carné TEC: 201042284

Dirección de residencia en época lectiva: Esparza, Puntarenas, Costa Rica.

Dirección de residencia en época no lectiva: Grecia, Alajuela, Costa Rica.

Teléfono en época lectiva: 8627-5176

Teléfono época no lectiva: 8627-5176

Email: esalavillalobos@gmail.com

Información del proyecto

Nombre del Proyecto:

Profesor Asesor: Gilbert Bonilla Castillo

Horario de trabajo del estudiante: lunes a jueves de 8:00 am a 5:30 pm y viernes de 8:00 am a 3:00 pm.

Información de la empresa

Nombre: Alimentos Prosalud S.A

Zona: El Roble, Puntarenas, Puntarenas.

Dirección: Sobre la carretera Costanera, 1 km al oeste de la Intersección a Guanacaste, Barranca, Puntarenas.

Teléfono: (506) 2663-5000

Actividad Principal: Producción de conservas de atún y sardina.

Dedicatoria

A mis padres Carlos y Marielos, gracias por todo su apoyo, amor y consejo. Son mi mayor motivación para esforzarme cada día más.

A mi hermano Luis Carlos por ayudarme, escucharme y aconsejarme cada vez que lo necesité.

A mis hermanos (as) Sofía, Valeria y Sebastián, por alegrarme cada fin de semana que los visité.

Agradecimiento

A la empresa Alimentos Prosalud, por permitirme realizar la práctica de especialidad en sus instalaciones.

A los ingenieros Jonathan Campos, Hugo Oviedo, Jonathan Quesada, Jeffry Jiménez, Francisco Bonilla, Raúl González, Alexander Sequeira y Heyner Vargas, gracias por su ayuda brindada, su enseñanza, ideas y críticas durante la realización de este proyecto.

Infinitas gracias a todos mis amigos y compañeros de estudio, que siempre estuvieron presentes ofreciéndome su ayuda, en especial a Juan Claudio Zamora, Osvaldo Rojas, Edgardo Villalobos, Diego Orozco, Esteban Quesada, Abraham Hidalgo, Danny Guevara y Emanuel Aguilar, les deseo lo mejor siempre.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este proyecto, les extiendo mi más sincero agradecimiento.

Índice general

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Definición del problema	4
Metodología.....	6
Limitaciones.....	10
CAPÍTULO 1	11
1.1. Descripción de la empresa.....	11
1.1.1 Historia	11
1.1.2 Misión	12
1.1.3 Visión.....	12
1.1.4 Valores corporativos.....	12
1.1.5 Responsabilidad social.....	13
1.1.6 Responsabilidad ambiental	13
CAPÍTULO 2	15
2.1. Estimación del caudal de diseño.....	15
2.2. Estimación de diámetros de tubería.....	16
2.2.1 Pérdida de carga debido a fricción en tubería	16
2.2.2 Rango de uso de nomogramas de pérdida de carga en tubería	17
2.2.3 Limitaciones en la velocidad de flujo del fluido	17

2.3.	Software System Syzer de Bell & Gossett	18
2.4.	Pérdida de carga en válvulas y accesorios	18
2.5.	Golpe de ariete	18
2.6.	Medidores de flujo tipo Vortex.....	19
2.6.1	Distancia de tubería antes y después del flujómetro	21
2.6.2	Temperatura de proceso	22
2.6.3	Diámetro interno de tubería.....	22
2.6.4	Caudal de corte bajo (Low flow cut off)	23
CAPÍTULO 3		24
3.1.	Elaboración de planos de la red de distribución de agua potable	24
CAPÍTULO 4		26
4.1.	Priorización de la evaluación de la red de distribución de agua potable	26
4.2.	Proceso de sardina	27
4.3.	Equipos del proceso de producción de sardina enlatada.....	30
4.3.1	Descongelador de sardina.....	30
4.3.2	Glaseador.....	33
4.3.3	Clasificadora de sardina	35
4.3.4	Descamadoras de sardina.....	36
4.3.5	Cortadoras evisceradoras	37
4.3.6	Lavadoras de latas	39
4.3.7	Generadores de hielo.....	40
4.3.8	Preparación de salsas	42
4.3.9	Estación de manguera.....	43

4.4.	Elaboración de planos del ramal de distribución de agua potable del proceso de Sardina	44
4.5.	Descripción detallada y estudio de funcionamiento simultáneo del proceso de Sardina	46
4.6.	Estudio de funcionamiento simultáneo de usuarios por tramo de tubería	48
4.6.1	Tramo de tubería E – J	48
4.6.2	Tramo de tubería F – G	49
4.6.3	Tramo de tubería H – I	49
4.6.4	Tramo de tubería F – H	49
4.6.5	Tramo de tubería E – F	50
4.6.6	Tramo de tubería D – E	50
4.6.7	Tramo de tubería B – C	50
4.6.8	Tramo de tubería K – L	50
4.6.9	Tramo de tubería M – N	51
4.6.10	Tramo de tubería Q – T	51
4.6.11	Tramo de tubería R – S	51
4.6.12	Tramo de tubería Q – R	52
4.6.13	Tramo de tubería P – Q	52
4.6.14	Tramo de tubería O – P	52
4.6.15	Tramo de tubería M – O	52
4.6.16	Tramo de tubería K – M	53
4.6.17	Tramo de tubería D – K	53
4.6.18	Tramo de tubería B – D	53
4.6.19	Tramo de tubería A – B	54

4.7. Estimación de caudales de usuarios de Sardina	55
4.8. Evaluación del dimensionamiento de tubería de Sardina	61
CAPÍTULO 5	64
5.1. Ubicación de puntos de medición de consumo de agua	64
5.2. Revisión del Caudal de Corte Bajo y toma de mediciones utilizando el flujómetro ultrasónico KATflow 200	65
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÉNDICES	78
ANEXOS	79

Índice de figuras

Figura 4.1.1 Gráfico de consumo promedio semanal por departamento.	27
Figura 4.2.1 Diagrama de flujo del proceso de Sardina.	29
Figura 4.3.1 Descongeladores de sardina.	31
Figura 4.3.2 Interior de balsina del descongelador de sardina.....	32
Figura 4.3.3 Glaseador de envasado de sardina.	34
Figura 4.3.4 Aspersores del glaseador de envasado de sardina.	34
Figura 4.3.5 Cilindros de la clasificadora de sardina.....	35
Figura 4.3.6 Clasificadora de sardina.....	36
Figura 4.3.7 Descamadora de sardina #1.	37
Figura 4.3.8 Cortadora evisceradora #2.....	38
Figura 4.3.9 Cortadoras evisceradoras #1 y #2.	38
Figura 4.3.10 Lavadora de latas de oval.	40
Figura 4.3.11 Generador de hielo en escamas.	41
Figura 4.3.12 Sistema de reposición de agua del generador de hielo.	41
Figura 4.3.13 Tanques de preparación de salsas de sardina.....	42
Figura 4.3.14 Estación de manguera de agua fría y caliente.´	43
Figura 4.5.1 Horario de funcionamiento del proceso productivo de sardina.	48

Figura 5.2.1 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Limpieza de atún utilizando el medidor de flujo Vortex (FE02).....	65
Figura 5.2.2 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Limpieza de Atún utilizando el medidor de flujo ultrasónico.....	66
Figura 5.2.3 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Limpieza de atún utilizando el medidor de flujo ultrasónico y Vortex (FE02).....	66
Figura 5.2.4 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Destace utilizando el medidor de flujo ultrasónico y Vortex (FE06).	67
Figura 5.2.5 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Agua caliente utilizando el medidor de flujo ultrasónico y Vortex (FE08).	67
Figura 5.2.6 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Conservas utilizando el medidor de flujo ultrasónico y Vortex (FE11).	68
Figura 5.2.7 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Cocinado utilizando el medido de flujo ultrasónico y Magnético (FE07).	68

Índice de tablas

Tabla 3.1.1 Láminas de dibujo contenidas en el archivo “Plano planta - Red de distribución de agua potable de Alimentos Prosalud”	25
Tabla 4.4.1 Usuarios de agua potable del proceso de Sardina.	44
Tabla 4.6.1 Usuarios de agua potable asociados a cada tramo de tubería.	54
Tabla 4.7.1 Mediciones de caudal (l/s) de estaciones de manguera utilizando un recipiente graduado de 18 litros.	56
Tabla 4.7.2 Caudal teórico (l/s) a la presión de trabajo (psi) de usuarios de agua potable que utilizan aspersores.	57
Tabla 4.7.3 Estimación de caudal (l/s) de descamadora de sardina #1 y descongeladores de sardina utilizando rotámetro.	57
Tabla 4.7.4 Estimación de caudal (l/s) requerido por lavamanos según la cantidad y tramo de tubería.	58
Tabla 4.7.5 Estimación de caudal (l/s) de hidrolavora de tolvas por cubicaje de depósito.	58
Tabla 4.7.6 Estimación de caudal (l/s) de la clasificadora de sardina utilizando un recipiente graduado de 18 litros.	59
Tabla 4.7.7 Estimación de caudal (l/s) de llenado de tanque de preparación de salsas utilizando un recipiente graduado de 18 litros.	59
Tabla 4.7.8 Caudales de usuarios de agua potable (l/s) y caudales de diseño (l/s) asociados a cada tramo de tubería.	60
Tabla 4.8.1 Caída de presión (m /100 m) y velocidad del fluido (m/s) de acuerdo al caudal (l/s) y diámetro estimado e instalado en cada tramo de tubería.	62

Tabla 4.8.2 Diámetro (mm) recomendado e instalado de tramos de tubería evaluados.....	63
Tabla 5.1.1 Anomalías encontradas en el registro de consumo de agua.....	64
Tabla 5.2.1 Longitud de tubería recta actual y recomendada aguas arriba y aguas abajo de cada flujómetro.....	69
Tabla 5.2.2 Mediciones de diámetro externo (mm) y espesor (mm) de tubería de instalación de los flujómetros.....	70
Tabla 5.2.3 Diámetros internos de tubería configurados (mm) y diámetros internos de tubería medidos (mm) en los flujómetros.....	70
Tabla 5.2.4 Temperatura de proceso (°C) configurada en los flujómetros.....	71
Tabla 5.2.5 Mediciones de caudal (l/min) a diferentes valores de frecuencia (Hz) utilizando el flujómetro de Coriolis y los flujómetros ultrasónicos de Alimentos Prosalud y Elvatron.....	72

RESUMEN

Con el transcurso del tiempo Alimentos Prosalud ha realizado variaciones en sus procesos productivos, se han instalado nuevos equipos y se han realizado movimientos en la ubicación de los equipos ya existentes. La instalación y el movimiento de los equipos se han efectuado sin documentación y sin tomar en consideración que los cambios en la red de distribución de agua potable, pueden generar cambios en el régimen de operación del sistema de bombeo.

Para documentar la instalación y los cambios en la posición de los equipos, se elaboran los planos de la red de distribución de agua potable.

Con el objetivo de evaluar el impacto de los cambios en la red de agua potable, se evalúa el dimensionamiento del ramal de distribución de agua potable del proceso productivo de Sardina, de acuerdo a las recomendaciones dadas por CIHSECR y ASHRAE.

Existen treinta flujómetros instalados en la red de distribución de agua potable, uno de ellos corresponde al flujómetro general y registra el consumo total de agua de la empresa. La suma de los consumos registrados por los flujómetros restantes es menor en un 40% respecto al dato registrado por el flujómetro general, esto evidencia que los registros de consumo de agua por departamento y la distribución de costos de acuerdo a las unidades de negocio establecidas, no son confiables.

Con el fin de evaluar el funcionamiento de los flujómetros, se realiza una verificación, utilizando un flujómetro ultrasónico y se revisan las condiciones de instalación y configuración de los flujómetros de la red. Se realizan pruebas en el laboratorio de calibración de flujómetros de Elvatron para determinar la precisión de un flujómetro ultrasónico y un flujómetro tipo Vortex en diferentes condiciones de instalación y flujo.

Palabras claves: Alimentos Prosalud, evaluación, red, agua potable, consumo, ultrasónico, Vortex, electromagnético.

ABSTRACT

With the passage of time Alimentos Prosalud has made variations in their production processes, new equipment has been installed and there have been movements at the location of the existing equipment. The installation and movement of equipment have been made without documentation and without considering that, changes in the distribution of potable water, can cause changes in the regime of operation of the pumping system.

To document the installation and changes in the position of equipment, new drawings of the distribution of drinking water were made.

In order to assess the impact of changes in the potable water, the sizing of branch of water distribution of sardine production process was evaluated, according to the recommendations given by ASHRAE and CIHSECR.

There are thirty flowmeters installed in the potable water distribution network, one of them corresponds to the general flow meter and record the total water consumption of the company. The sum of the consumption recorded by the others flowmeters is lower by 40% compared to the data recorded by the main flowmeter, this evidence, that records of water usage by department and cost distribution in accordance with established business units, are not reliable.

In order to evaluate the performance of flowmeters, a check is made using an ultrasonic flow meter, and the network installation conditions and configuration of flowmeters are reviewed. Tests were performed in the flowmeter calibration laboratory of Elvatron company, to determine the accuracy of an ultrasonic flowmeter, and a vortex flowmeter type, in different installation and flow conditions

Keywords: Alimentos Prosalud, evaluation, network, potable water consumption, ultrasonic, vortex, electromagnetic.

INTRODUCCIÓN

Objetivo general

Evaluar el ramal de distribución de agua potable del proceso de sardina y el funcionamiento de los flujómetros instalados en la red general de agua potable.

Objetivos específicos

1. Elaborar planos de la red de distribución de agua potable.
2. Verificar la ubicación de la instalación de los flujómetros de agua potable.
3. Determinar los equipos cuyo consumo de agua potable no es registrado por los flujómetros instalados.
4. Dimensionar el ramal de distribución de agua potable del proceso de sardina, de acuerdo a las recomendaciones del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones de Costa Rica (CIHSECR) y de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE).
5. Comparar la caída de presión por fricción en tubería y la velocidad del agua, producida por los diámetros de tubería recomendados e instalados.
6. Verificar la distancia de tubería antes y después de los flujómetros, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
7. Revisar los parámetros configurados de temperatura de proceso y diámetro interno tubería, en los flujómetros de limpieza de atún, destace, cocinado, agua caliente y conservas.
8. Verificar la precisión del flujómetro ultrasónico Katronic KATflow 200 y de un flujómetro Vortex serie 8800 de Rosemount.

Definición del problema

La empresa Alimentos Prosalud carece de planos de la red de distribución de agua potable, esto ocasiona que la instalación de nuevos equipos o el movimiento de los equipos existentes no puedan ser documentados ni controlados.

La red de distribución de agua potable es aérea y se encuentra en un área, entre el techo de la planta y los cuartos de proceso, llamada pasarela. La inexistencia de los planos de la red de distribución de agua potable también perjudica la ejecución de las tareas de mantenimiento, principalmente cuando se debe realizar reparaciones en las tuberías de alimentación de los equipos. Al ingresar al sector de pasarela, se desconoce cuál tubería de alimentación está asociada a cada equipo por lo que se dificulta interrumpir el suministro de agua del equipo para efectuar la reparación.

Por otro lado, se desconoce si el dimensionamiento de la red de distribución de agua potable es adecuado de acuerdo a la ubicación y a los requerimientos de caudal de los equipos actualmente instalados. Garantizar el correcto dimensionamiento de la red de distribución de agua potable brinda un menor consumo de energía por parte del sistema de bombeo y prolonga el tiempo de vida útil de la tubería y valvulería.

Adicionalmente, existen treinta flujómetros con el objetivo registrar el consumo de cada uno de los departamentos de Alimentos Prosalud. La medición del consumo de agua permite también la correcta distribución del costo del agua de acuerdo a las unidades de negocio establecidas.

Se cuenta con un flujómetro instalado en la tubería de descarga del sistema de bombeo, este flujómetro registra el consumo total de agua de la empresa. Los flujómetros restantes fueron instalados en toda la red de distribución de agua potable para medir el consumo de los distintos departamentos y de tal forma que la suma de todos los consumos dé también como resultado el consumo total de la empresa.

La suma de los consumos de agua registrados por cada uno de los flujómetros instalados en la red de distribución de agua potable es menor hasta en un 40% en comparación con la medición registrada por el flujómetro instalado en la tubería de descarga del sistema de bombeo. Lo anterior evidencia que los flujómetros no cumplen a cabalidad con el propósito de su instalación.

Metodología

1. Elaboración de planos as built de la red de tubería de distribución de agua potable.

En primer lugar, se elaboran los planos de la red de distribución de agua potable. La elaboración de los planos permite conocer la ubicación de los flujómetros y de los usuarios en todos los ramales que componen la red general de distribución de agua potable.

La medición de tubería se efectúa utilizando cinta métrica, se procedió a ubicar un primer ramal de tubería, se realizan las mediciones necesarias y se dibuja en AutoCAD 2013 las mediciones efectuadas del primer ramal de tubería. Una vez culminadas las mediciones en un ramal, se continúa con otro ramal y se agrega al dibujo inicial las mediciones realizadas. El proceso se repite en todos los ramales hasta culminar la red completa de distribución de agua potable.

Adicionalmente, se realizan planos de la instalación de los flujómetros. Se recabó información de diámetros de tubería, valvulería y distancia de tubería recta aguas arriba y aguas debajo de cada medidor.

2. Estudio de funcionamiento simultáneo de usuarios del ramal de distribución de agua potable del proceso de Sardina.

El estudio de funcionamiento simultáneo permite determinar los equipos que funcionando al mismo tiempo, generan el consumo máximo esperado a través de una sección de tubería.

El estudio de funcionamiento simultáneo se realiza con la ayuda del personal del Departamento de Mantenimiento e Ingeniería, los cuales poseen amplio conocimiento de los horarios de funcionamiento de los equipos del proceso de Sardina.

3. Recolección de información técnica y medición de caudales de equipos consumidores de agua potable.

Se utiliza la información técnica disponible del fabricante para determinar los caudales de los equipos. En los casos donde no se logra obtener información técnica, los caudales se determinan utilizando un rotámetro, en los casos donde se encuentre instalado en la tubería de alimentación del equipo, o utilizando un recipiente graduado. Ambos métodos se explican a continuación:

- a. Utilizando un recipiente graduado de 18 litros y un cronómetro: El equipo se pone en funcionamiento por un determinado tiempo, se mide el tiempo de funcionamiento. Se capta el volumen desplazado en el recipiente graduado de 18 litros o en otro depósito donde permita posteriormente verterlo al recipiente graduado para realizar la medición del volumen de agua desplazado. El caudal se obtiene al dividir el volumen de agua medido entre el tiempo de funcionamiento del equipo. El procedimiento descrito anteriormente se resume en la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Caudal (l/s)

V = Volumen medido (l)

t = Tiempo de funcionamiento del equipo (s)

- b. Utilizando un cronómetro y un rotámetro en la tubería de alimentación del equipo: Se toma una primera lectura en el rotámetro, se pone el equipo en funcionamiento por un periodo de tiempo que garantice un funcionamiento normal, el tiempo de funcionamiento debe ser medido con el cronómetro. Una vez apagado el equipo se toma la segunda lectura en el rotámetro. El caudal del equipo se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\text{Lectura 2} - \text{Lectura 1}}{t}$$

Donde:

Q = Caudal (l/s)

Lectura 1 = Primer lectura tomada en el rotámetro (l)

Lectura 2 = Segunda lectura tomada en el rotámetro (l)

t = Tiempo de funcionamiento del equipo (s)

4. Evaluación del diseño actual del sistema de distribución de agua potable de Sardina.

Utilizando el software System Syzer de Bell and Gossett y el caudal de diseño de cada tramo de tubería (caudal máximo esperado dado por el estudio de funcionamiento simultáneo), se estima para cada sección de tubería un diámetro recomendado y se compara este con el diámetro instalado. El diámetro de tubería recomendado se selecciona siguiendo las recomendaciones de pérdida de carga por fricción en tubería y velocidad, dadas por el CIHSECR y la ASHARAE.

5. Recolección de información de las condiciones de instalación de los flujómetros y toma de mediciones utilizando un medidor de flujo ultrasónico.

Se utiliza un flujómetro ultrasónico Katronic KATflow 200 como patrón para corroborar el correcto funcionamiento de los flujómetros Vortex y electromagnéticos instalados en la red de distribución de agua potable. Se configura el flujómetro ultrasónico para que registre valores de caudal, velocidad y totalizado cada 4 segundos. La toma de mediciones se realiza durante 24 horas con el fin de mapear de forma completa el proceso productivo, ya que el consumo de agua no es constante en todo el proceso.

Se realizan mediciones con el flujómetro ultrasónico en la tubería de alimentación de los departamentos de Limpieza de atún, Destace, Cocinado, Agua caliente y Conservas. Los flujómetros instalados para registrar el consumo de los departamentos mencionados anteriormente son tipo Vortex excepto el del departamento de Cocinado que corresponde a un electromagnético.

Realizada la toma de mediciones con el flujómetro ultrasónico en cada uno de los departamentos se procede a graficar los valores obtenidos para realizar la comparación. Las mediciones de caudal del flujómetro ultrasónico difieren significativamente respecto a las registradas por los flujómetros tipo Vortex.

Ante esta situación se procede a revisar en los equipos Vortex las condiciones de instalación y de configuración que pueden afectar el correcto funcionamiento. La revisión se realiza de acuerdo a recomendaciones del fabricante.

Se realizan además pruebas de laboratorio para determinar la exactitud de las mediciones de los equipos Vortex y del medidor ultrasónico.

Limitaciones

Al inicio de la ejecución del proyecto, se estudian los planos existentes de la red de distribución de agua potable para posteriormente realizar la actualización. Con el estudio se concluye que no existe información en planos de parte de la red de distribución de agua potable, específicamente del área de los procesos productivos. Esto provoca realizar un levantamiento completo de planos de tubería y no una actualización como era previsto.

Por otro lado, algunos equipos pueden ser operados solamente por personal calificado, para realizar las mediciones de caudal se debió esperar de acuerdo a la disponibilidad del personal lo que provocó que la estimación de caudales se extendiera más allá del tiempo planificado.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

1.1. Descripción de la empresa

1.1.1 Historia

La empresa Alimentos Prosalud fue fundada bajo el nombre de Sardimar S.A. en el año 1973 en la provincia de Puntarenas, Costa Rica. Su nombre inicial obedece a que en sus inicios el objetivo principal era procesar y comercializar sardinas en el mercado costarricense.

A mediados de Octubre del año 1975, Sardimar se asocia a una empresa de origen estadounidense e incursiona en el mercado de atún; la comercialización de este producto tuvo una aceptación asombrosa e inesperada por parte del consumidor costarricense.

A partir del año 1983, Sardimar pasa a ser una empresa 100% costarricense. Entre los años 1983 y 2002 la empresa logró un crecimiento importante en su producción y en sus ventas, lo que le permitió a la empresa desarrollar niveles importantes de consumo en la región centroamericana.

En el año 2002, Sardimar inauguró una nueva planta de procesamiento de atún, sardinas y harina de pescado en el Roble de Puntarenas, utilizando tecnología de alta calidad para el cocinado de atún y envasado de conservas.

En el año 2011 la compañía decide cambiar su razón social y convertirse en Alimentos Prosalud para contar con un nombre corporativo que amplíe el panorama y le permita incursionar en nuevas categorías de

negocios y alimentos, más allá de solo productos del mar. Actualmente Sardimar se mantiene como una de sus principales marcas.

Hoy en día, Alimentos Prosalud es una de las mayores compañías procesadoras y comercializadoras de productos del mar en la región. Exporta una amplia variedad de productos a más de 20 países en América y Europa. Sus productos incluyen conservas de atún, sardinas, mejillones, pulpo, calamar, salmón, comidas preparadas, salsas para mezclar, harina de pescado y aceite de pescado.

1.1.2 Misión

“Satisfacer y deleitar, de manera innovadora, a nuestros consumidores con soluciones alimenticias saludables.”

1.1.3 Visión

“Fortaleceremos el liderazgo de nuestras marcas y aumentaremos el consumo per cápita en América Central, desarrollaremos el mercado gourmet en EEUU y diversificaremos la oferta de productos.”

1.1.4 Valores corporativos

Orgullo: Sentimos orgullo por nuestra compañía y nuestros productos.

Integridad: Demostramos solidaridad e integridad en nuestros actos e interactuamos mostrando respeto los unos por los otros.

Responsabilidad y compromiso: Actuamos con responsabilidad y compromiso, promoviendo el desarrollo sostenible.

Pasión: Trabajamos con pasión para mantener nuestro liderazgo comercial.

Alto desempeño: Promovemos un ambiente laboral seguro y dinámico; orientado a resultados y mejora continua.

Innovación y cambio: Retamos el estatus quo; siendo la innovación una constante para el cambio y mejora continua.

1.1.5 Responsabilidad social

Educación: Beneficiar centros educativos relacionados con la población laboral (mayor impacto) y contribuir con la formación de niños y jóvenes con potencial técnico y profesional para la compañía.

Ambiente: Concientizar al personal en el uso de recursos, sistematizar la disposición de los residuos y apoyar iniciativas nacionales para la protección del medio ambiente.

Sociedad: Aumentar la proyección social a nivel local y nacional apoyando actividades de alto impacto.

1.1.6 Responsabilidad ambiental

Alimentos Prosalud solamente compra atún provisto por barcos registrados en la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), y que cumplen con los requisitos documentales para ser catalogados como Dolphin Safe. Esta compañía no adquiere atún, sardinas ni otra materia prima que sea capturada en forma ilegal.

Con respecto a los barcos que proveen la materia prima, se verifica que el pabellón del barco se encuentre en el listado de países colaboradores con la Unión Europea, según el reglamento 1005/2008 relacionado con la Pesca Ilegal No Declarada y No Reglamentada (INDNR).

En Alimentos Prosalud se aprovecha el 100% de los desechos orgánicos que se generan durante el procesamiento de atún y sardina,

transformándolos en sub-productos: abonos orgánicos, aceite y harina de pescado.

Con respecto al agua, se realiza un tratamiento del 100% de las aguas resultantes del proceso productivo, para convertirlas en aguas limpias que cumplen a cabalidad con los requisitos legales establecidos en el país.

Se cuenta con un centro de acopio para el manejo responsable de los residuos, se realizan campañas internas de reciclaje de materiales, y permanentemente se realizan inversiones para generar ahorros energéticos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Un dimensionamiento apropiado de tubería debe tomar en cuenta factor como el ruido, la erosión, el costo de los materiales y el costo de operación del sistema hidráulico. Si los tamaños de tubería son demasiado grandes los costos de instalación y de materiales son excesivos mientras que si los tamaños de tubería son muy pequeños los niveles de ruido, erosión y costos de bombeo pueden ser perjudiciales. Los diámetros de tubería han de seleccionarse para minimizar el costo inicial y evitar los efectos no deseados de altas velocidades y pérdidas de carga.

2.1. Estimación del caudal de diseño

La estimación del diámetro de tubería se realiza de acuerdo al caudal máximo probable a través de la tubería o caudal de diseño. El caudal máximo probable consiste en el caudal máximo instantáneo que puede ser esperado debido a un uso normal de los equipos.

El CIHSECR recomienda en el Artículo 6.19 (b) el Método de Hunter para estimar el caudal máximo probable. La ASHRAE también recomienda en su publicación “2001 ASHRAE Fundamentals Handbook” el mismo método para la estimación del caudal máximo probable.

El Método de Hunter es un método probabilístico de tipo empírico el cual asigna a cada pieza sanitaria “unidades de accesorio de abastecimiento de agua” las cuales están basadas en el gasto promedio requerido por la pieza sanitaria, la duración normal de cada uso de la pieza y la frecuencia de uso de la misma (CIHSECR, 2010).

La Figura B.1.1 (véase anexos) muestra los valores de unidades de accesorio para diferentes piezas sanitarias y de acuerdo a diferentes condiciones de servicio.

Para determinar el caudal máximo probable en un ramal de alimentación, se deben sumar las unidades de accesorio de las piezas alimentadas por el ramal y por medio de la Tabla B.1.1 (véase anexos) se establece una relación entre las unidades de accesorios totales y el caudal máximo probable.

Para determinar el caudal máximo probable se debe tener en cuenta si el sistema es un sistema con predominancia de inodoros con tanque o inodoros con fluxómetro ya que en la Tabla B.1.1 (véase anexos) los valores de caudal, hasta 1000 unidades de accesorio, difieren en ambos tipos de sistemas. Si el sistema no abastece ningún inodoro, se tomará como predominancia de inodoros con tanque.

En el caso de equipos que tienen un servicio continuo, se debe calcular el caudal de cada uno de ellos y este debe sumarse a la demanda calculada de las piezas sanitarias.

2.2. Estimación de diámetros de tubería

2.2.1 Pérdida de carga debido a fricción en tubería

Para el dimensionamiento de tubería es fundamental el cálculo de la caída de presión debida a la fricción del fluido con la tubería, la cual varía de acuerdo al flujo o caudal a trasegar.

Para el cálculo de la caída de presión por fricción en tubería existen ecuaciones como la de Darcy-Weisbach, Colebrook o Hazen Williams. ASHRAE (2001) recomienda el uso de los nomogramas de las Figuras B.2.1, B.2.2 y B.2.3 (véase anexos) los cuales se basan en las ecuaciones anteriormente mencionadas y proveen una fácil determinación de la caída de presión para diferentes caudales y materiales de tubería.

2.2.2 Rango de uso de nomogramas de pérdida de carga en tubería

Según ASHRAE (2001) el rango general de pérdida de carga por fricción en tubería para el diseño de sistemas hidráulicos se encuentra entre 1 m/100m y 4 m/100m de tubería. Un valor de 2,5 m/100m representa la media a la cual la mayoría de sistemas hidráulicos son diseñados.

2.2.3 Limitaciones en la velocidad de flujo del fluido

Variedad de recomendaciones dictan la velocidad mínima y máxima del agua a través de la tubería. ASHRAE (2001) establece la recomendación de un límite de velocidad de 1,2 m/s para tubería de diámetro hasta 50 mm y un límite de caída de presión de 4 m/100m en tubería de diámetro mayor a 50 mm. Por otro lado, CIHSECR (2010) establece una velocidad del fluido mínima de 0,6 m/s y una velocidad máxima de 2,0 m/s.

La recomendación de velocidad límite brindada por ASHRAE se encuentra dentro del rango también recomendado por la normativa nacional; se tomará en cuenta para el dimensionamiento la recomendación del rango de caída de presión proporcionada por CIHSECR. Este límite de velocidad y rango de caída de presión se toma en consideración para controlar los niveles de ruido en válvulas y tubería, erosión, sedimentación, golpe de ariete y por razones económicas.

2.3. Software System Syzer de Bell & Gossett

La herramienta System Syzer de Bell & Gossett es un software gratuito, basado en recomendaciones del ASHRAE Fundamentals Handbook. Permite calcular caídas de presión y velocidades del fluido basado en los nomogramas de pérdida de carga en tubería por fricción de ASHRAE. La herramienta se presenta como una forma rápida y confiable para el dimensionamiento de tubería.

2.4. Pérdida de carga en válvulas y accesorios

ASHRAE (2001) proporciona la pérdida de carga para codos de 90° de distintos diámetros como longitud en metros de tubería equivalente. En la Figura B.2.4 (véase anexos) se puede observar los valores de longitud equivalente para los distintos diámetros de codos de 90°.

Las válvulas y demás accesorios pueden ser convertidos a un equivalente de codos de 90° (ASHRAE, 2001). En la Figura B.2.5 (véase anexos) se muestra la equivalencia de válvulas y accesorios de hierro y cobre en codos de 90°.

2.5. Golpe de ariete

El golpe de ariete corresponde a un incremento momentáneo de la presión el cual se produce debido a un cambio repentino de dirección o velocidad de flujo del fluido.

Cuando una válvula se cierra rápidamente de forma manual o automática (válvulas solenoides), se detiene el paso del agua que fluye por la tubería, y la energía de presión es transferida a la válvula y a la pared de la tubería.

El aumento de la presión debido al golpe de ariete puede fatigar la tubería, producir daños en accesorios y válvulas, provocar fugas y romper la tubería en el peor de los casos.

Cualquier cambio mayor en el diseño del sistema principal o cambio en la operación, tales como aumento en la demanda de flujo, deben incluir la consideración de los problemas debidos al golpe de ariete. (Lahlou)

2.6. Medidores de flujo tipo Vortex

Cuando un fluido rodea un obstáculo, efectos relacionados con la viscosidad producen constantemente vórtices en el fluido, estos vórtices poseen una frecuencia proporcional a la velocidad del fluido.

Los flujómetros Vortex poseen un obstáculo de tal forma que causan un efecto de bloqueo en el fluido, el cual es obligado a rodear el obstáculo. El fluido cercano al obstáculo experimenta fricción con la superficie del mismo y por consiguiente disminuye su velocidad. Debido a la reducción de área, el fluido que está más alejado del obstáculo se acelera para que pueda pasar la cantidad suficiente de fluido por el obstáculo. Atravesado el obstáculo, el fluido se mueve para rellenar el espacio que se ha producido detrás de él que a su vez produce un movimiento rotatorio en el fluido que produce un vórtice.

La velocidad del fluido producida por el obstáculo no es constante en ambos lados del mismo, si aumenta la velocidad en un lado disminuye en el otro. De forma contraria sucede con la presión, en el lado de alta velocidad la presión es baja y en el lado de baja velocidad la presión es alta. Las diferencias de presión provocan que se tienda a dar una redistribución de presiones por lo que la zona de alta presión se mueve hacia la zona de baja presión, las zonas de presión se alternan de lugar y se producen vórtices en ambos lados del obstáculo.

La frecuencia de los vórtices y la velocidad del fluido tienen una relación casi lineal cuando se encuentran las condiciones adecuada. La frecuencia de los vórtices es proporcional al número de Strouhal, a la velocidad del fluido e inversamente proporcional al diámetro obstáculo. La ecuación que describe la frecuencia de los vórtices se muestra a continuación.

$$f = \frac{St \times V_d}{d}$$

Donde:

f = Frecuencia de vórtices (Hz).

St = Número de Strouhal.

V_d = Velocidad media del fluido (m/s).

d = Diámetro del obstáculo (m).

El número de Strouhal permanece constante en un rango amplio de números Reynolds, lo que indica que la frecuencia de vórtices seguirá siendo la misma si cambia la densidad y que es directamente proporcional a la velocidad para cualquier diámetro de obstáculo. Por tanto se tiene que:

$$f = k \times V_d$$

Donde: k = Factor de calibración, corresponde a una constante para todos los fluidos de un determinado medidor.

La frecuencia de los vórtices es medida utilizando sensores piezoeléctricos los cuales detectan los cambios de presión ocasionados por los vórtices, la señal de presión se transmite a la electrónica y por medio de la constante k se obtiene el valor de la velocidad del fluido.

Por tanto,

$$V_d = \frac{f}{k}$$

De esta manera el caudal Q_v en la tubería se puede calcular de este modo:

$$Q_v = A \times V_d = A \times \frac{f}{k}$$

Donde: A = Área del orificio del medidor (m^2).

El factor de calibración o la constante k posee un valor propio de cada medidor. Este valor es dado por fábrica y se introduce en la electrónica del medidor.

Parámetros de configuración como la temperatura del fluido y el diámetro interno de la tubería así como las vibraciones a las que está sometida la tubería y las turbulencias causadas por accesorios y válvulas, pueden causar alteraciones en la velocidad del fluido y en la frecuencia de vórtices lo que se traduce a una pérdida de precisión en las mediciones. Estas alteraciones se pueden mitigar realizando correcciones en el factor k, según lo recomiende cada fabricante.

Por esta razón, es de gran importancia conocer las condiciones de operación, instalación y configuración de los flujómetros para así garantizar un correcto funcionamiento del equipo.

2.6.1 Distancia de tubería antes y después del flujómetro

Los flujómetros tipo Vortex deben instalarse con una longitud de tubería recta equivalente a 35 diámetros de tubería aguas arriba y 10 diámetros de tubería aguas abajo. Por debajo de estas distancias se requiere realizar correcciones en el factor k dado por fábrica, en la mayoría de los casos la corrección del factor k no es exacta y de igual forma afecta la precisión del medidor. La distancia mínima permitida, corrigiendo el factor k, es de 10 diámetros de tubería aguas arriba y 5 diámetros aguas abajo (Reference Manual of Rosemount 8800D Series Vortex Flowmeter, 2012).

En el caso de los flujómetros electromagnéticos, se debe instalar el medidor previendo una distancia mínima de 5 diámetros de longitud de tubería recta antes y 2 diámetros de longitud de tubería recta después del plano del sensor. Es posible realizar instalaciones del medidor con longitudes de tubería recta de 0 a 5 diámetros antes del plano del sensor (aguas arriba), la velocidad variará cerca de un 0,5% sin embargo los caudales medidos seguirán siendo confiables (Reference Manual of Rosemount 8750WA Magnetic Flowmeter System, 2009).

2.6.2 Temperatura de proceso

Los medidores de flujo Vortex 8800 de Rosemount poseen un sistema que calcula automáticamente el efecto de la temperatura del proceso en las variaciones del factor k (Rosemount 8800 Vortex Installation Effects, 2006).

No se requiere realizar correcciones del factor k siempre y cuando la temperatura configurada en el medidor sea igual a la temperatura del proceso.

Los flujómetros electromagnéticos no poseen una variación significativa en la precisión debido la temperatura de proceso configurada, siempre y cuando la diferencia no sea muy marcada.

2.6.3 Diámetro interno de tubería

Las variaciones en el diámetro interno de tubería afectan el perfil de velocidad a través de medidor de flujo. De igual manera que en el caso de la variación de temperatura, el Vortex 8800 y el flujómetro electromagnético 8750 realizan las correcciones necesarias de acuerdo al diámetro de tubería configurado por el usuario (Rosemount 8800 Vortex Installation Effects, 2006).

2.6.4 Caudal de corte bajo (Low flow cut off)

El Caudal de Corte Bajo corresponde al caudal mínimo que un flujómetro Vortex es capaz de medir con precisión. Caudales por debajo del Caudal de Corte Bajo no son medibles por parte del flujómetro.

Este parámetro puede ser modificado en todo el rango del flujómetro siempre y cuando las condiciones de instalación del medidor lo permitan (Reference Manual of Rosemount 8800D Series Vortex Flowmeter, 2012).

CAPÍTULO 3

ELABORACIÓN DE PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

3.1. Elaboración de planos de la red de distribución de agua potable

Al inicio del desarrollo del proyecto se prevé realizar una actualización de los planos existentes de la red de tubería de agua potable, la actualización de planos tiene como objetivo documentar los cambios que se han efectuado en la red desde el año 2003; esta actualización consistiría en realizar una comparación en sitio de los planos existentes con el diseño actual de la red de tubería de distribución de agua potable y así determinar los cambios que se han realizado en la misma.

Los planos de tubería actualizados permiten conocer el diseño actual de la red de tubería y ofrecen una forma rápida de visualizar la red para la toma de decisiones en caso de instalación de nuevos equipos o al realizar modificaciones en la red. Además, agiliza la ubicación de las tuberías de alimentación de los equipos por lo que facilita las labores de mantenimiento.

Otro requerimiento de la elaboración de los planos es que representa el primer paso en la evaluación de la red de distribución de agua potable de Sardina. Los planos ofrecen longitudes de tubería y dan a conocer los accesorios y valvulería instalados en la red lo que permite determinar las caídas de presión necesarias en la evaluación. Además, para realizar el dimensionamiento de la tubería es necesario conocer cuales equipos están asociados a los distintos tramos de tubería.

Al examinar los planos existentes se observa que estos únicamente poseen información de parte de la red de distribución de agua potable, específicamente

del área administrativa; los planos se encuentran incompletos y no se detalla información de las tuberías del área del proceso productivo.

Ante esta situación se procede a realizar el levantamiento de los planos faltantes de la red de distribución de agua potable. Se realizan mediciones de tubería utilizando cinta métrica y se recaba información de accesorios (codos, tees, reducciones), valvulería, diámetro de tuberías, accesorios en la red, ubicación de equipos y flujómetros. Los planos se dibujan utilizando AutoCAD 2013 y se utilizan las normas de simbología establecidas en el Artículo 6.4 del CIHSECR.

Los planos de tubería se encuentran adjuntos junto a este documento con el nombre de “Plano planta - Red de distribución de agua potable de Alimentos Prosalud”. En la Tabla 3.1.1 se puede observar las láminas de dibujo contenidas en el archivo de planos.

Tabla 3.1.1 Láminas de dibujo contenidas en el archivo “Plano planta - Red de distribución de agua potable de Alimentos Prosalud”.

Número de lámina	Descripción
1	Índice de láminas, índice de detalles y tabla de simbología.
2	Red de tuberías lámina # 1
3	Red de tuberías lámina # 2
4	Red de tuberías lámina # 3
5	Red de tuberías lámina # 4
6	Red de tuberías lámina # 5
7	Red de tuberías lámina # 6
8	Red de tuberías lámina # 7
9	Red de tuberías lámina # 8
10	Red de tuberías lámina # 9
11	Detalles parte A
12	Detalles parte B
13	Detalles parte C
14	Secciones ampliadas

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE RAMAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE SARDINA

4.1. Priorización de la evaluación de la red de distribución de agua potable

La red de distribución de agua potable se compone de distintos ramales lo cuales abastecen de agua potable a departamentos o procesos productivos, existe un único sistema de bombeo para toda la red de distribución de agua potable.

La selección del ramal de distribución de agua potable para efectuar la evaluación se prioriza de acuerdo al consumo de agua potable del departamento, a la cantidad de usuarios consumidores y a la lejanía respecto del sistema de bombeo. Estos factores ayudan a encontrar el ramal donde existen mayores oportunidades de mejora y de esta forma realizar la evaluación con un mayor impacto.

El gráfico de la Figura 4.1.1 muestra el consumo promedio semanal de agua por departamento entre el 19 de mayo y el 20 de julio de 2014.

Se selecciona para efectuar la evaluación el ramal de distribución de agua potable del departamento de Sardina debido a que presenta mayor cantidad de equipos consumidores, abarca todo un proceso productivo, presenta uno de los mayores consumos de agua y corresponde al segundo ramal más lejano respecto del sistema de bombeo.

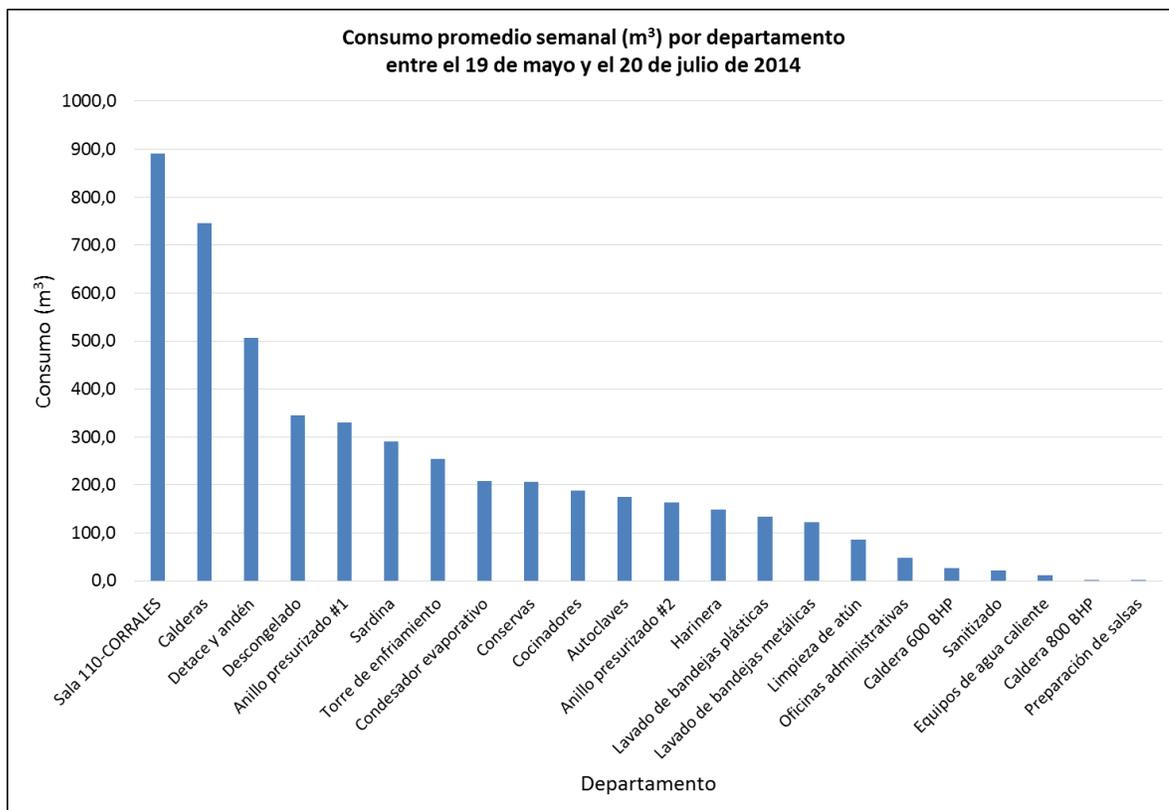


Figura 4.1.1 Gráfico de consumo promedio semanal por departamento.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

4.2. Proceso de sardina

El proceso de sardina inicia al recibir la materia prima la cual proviene de dos fuentes: sardina local fresca que se recibe directamente en la planta, y sardina importada congelada, proveniente de México y Ecuador, que se recibe en las cámaras frigoríficas.

Una vez la materia prima llega a la planta de proceso, la sardina local fresca se clasifica de acuerdo a su tamaño, luego pasa al proceso de transformación, donde se corta en trozos y se le eliminan las escamas y vísceras para después colocarse en recipientes térmicos numerados que permiten darle continuidad al proceso de trazabilidad. En el caso de la sardina importada congelada, ésta se descongela antes de la etapa siguiente del proceso.

La sardina se coloca en bandejas que pasan a través de un detector de metales, con lo cual se garantiza la no presencia de materiales metálicos extraños en el producto final. El siguiente paso es el envasado, donde el personal coloca las sardinas en latas, controlando rigurosamente el peso y la calidad del producto.

Posteriormente, la sardina envasada pasa al proceso de cocción, donde se somete a temperaturas elevadas.

Una vez cocinada, ésta pasa por la dosificación de los líquidos, que pueden ser salsa de tomate, chile dulce, mostaza u otros, según el plan de producción del día. Seguidamente, el producto se envía a las selladoras y se codifica para establecer el lote de producción y su fecha de vencimiento.

Después el producto se traslada a las autoclaves, donde se esteriliza, lo que permite alargar la vida del producto sin tener necesidad de agregar preservantes.

Finalmente, las latas se colocan en tarimas que se envían al Centro de Distribución para el proceso de etiquetado y despacho.

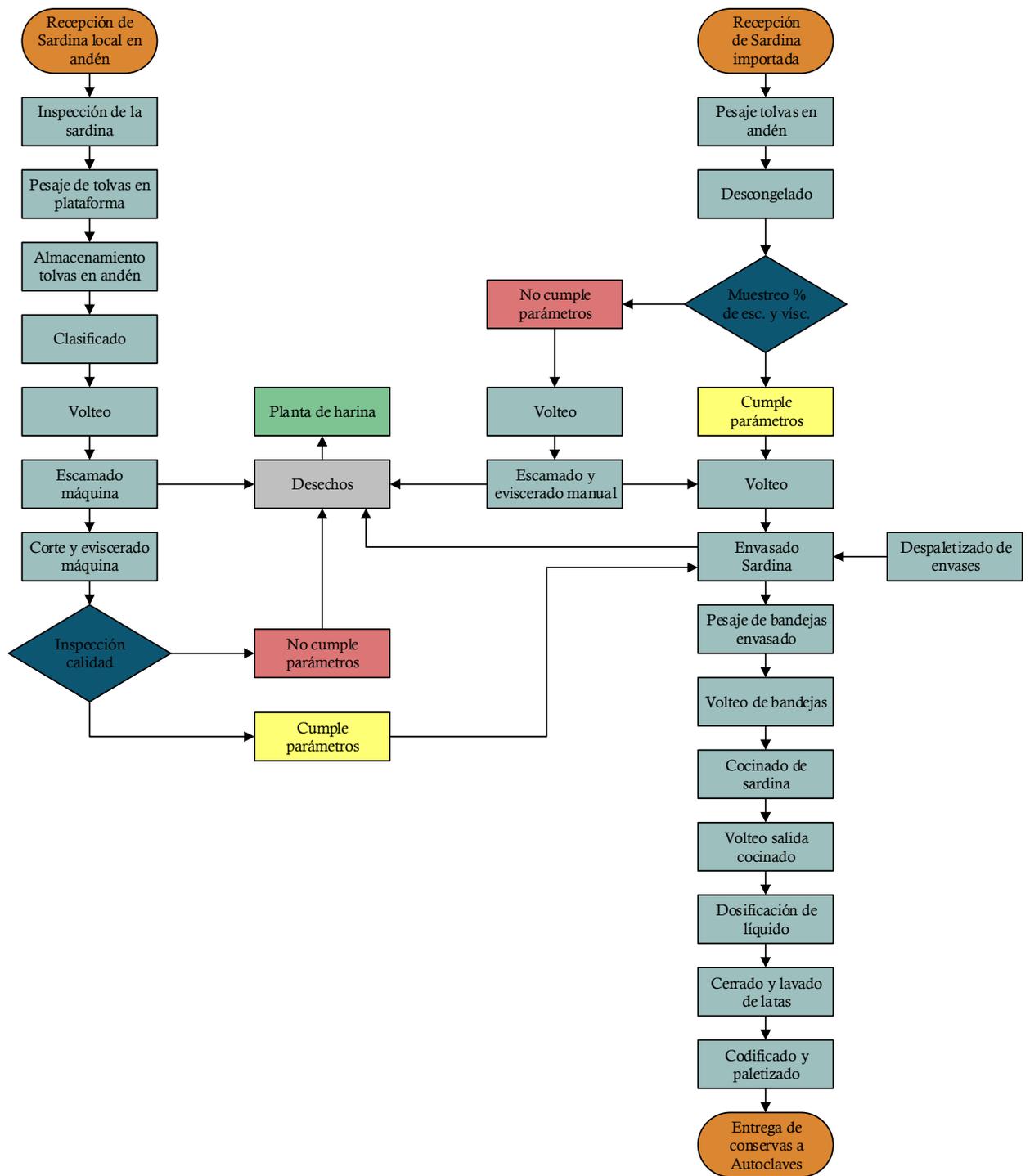


Figura 4.2.1 Diagrama de flujo del proceso de Sardina.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Visio 2013.

4.3. Equipos del proceso de producción de sardina enlatada

Seguidamente se detallará el funcionamiento y la aplicación de los equipos que intervienen en el proceso de producción de sardina enlatada.

4.3.1 Descongelador de sardina

El descongelador de sardina posee cuatro cubículos también conocidos como balsinas. La balsina corresponde a un depósito de aproximadamente 7 m³ donde se sumerge la sardina para su descongelamiento. Cada balsina cuenta con un serpentín de vapor situado en el fondo, este serpentín se encarga de calentar el agua de la balsina hasta la temperatura de descongelación que corresponde a 4 °C aproximadamente.

Se incluye además en cada balsina un soplador y un serpentín con agujeros, ubicado de igual forma en el fondo de cada balsina. El soplador genera un burbujeo el cual tiene la función de separar la sardina mientras se da el descongelamiento. El burbujeo también ayuda a reducir el tiempo de descongelación.

La utilización del número de balsinas depende de la cantidad de sardina a procesar, las balsinas se llenan una a la vez y cada tres periodos de descongelado se realiza un recambio total o parcial del volumen de la balsina.



Figura 4.3.1 Descongeladores de sardina.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.



Figura 4.3.2 Interior de balsina del descongelador de sardina.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.

4.3.2 Glaseador

El glaseador es un tanque de almacenamiento donde se deposita el producto para ser llevado por medio de una banda transportadora a otro proceso de la cadena productiva. Poseen la función de mantener la cadena de frío en el producto y a su vez el producto es escurrido mientras es llevado sobre la banda transportadora. Para mantener la cadena de frío, el glaseador se llena hasta con agua, además puede adicionarse hielo en algunos casos.

Existen tres glaseadores en el proceso productivo de Sardina, los cuales son: Glaseador de clasificadora de sardina, glaseador de alimentación a descamadoras y glaseador de envasado de sardina.

Los glaseadores de clasificadora de sardina y de envasado de sardina se llenan una vez diaria con agua potable mientras que el glaseador de alimentación a descamadoras se llena dos veces diarias.

El glaseador de envasado de sardina difiere en los demás glaseadores al tener 14 aspersores tipo FULLJET 2 los cuales se encargan de lavar la sardina previo a que esta sea envasada.



Figura 4.3.3 Glaseador de envasado de sardina.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.



Figura 4.3.4 Aspersores del glaseador de envasado de sardina.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.

4.3.3 Clasificadora de sardina

La clasificadora de sardina posee siete cilindros situados uno junto a otro y de tal manera que el espacio entre los cilindros aumenta a lo largo de la longitud de los mismos. En la Figura 4.3.5 se puede observar la disposición de los cilindros. El equipo puede clasificar la sardina en tres tamaños distintos. El clasificado se realiza por medio de mecanismos de vibración, al ingresar la sardina al área de los rodillos ésta pasará por el espacio entre los rodillos ya sea al inicio o al final de los mismos, según sea su tamaño.

La clasificadora de sardina cuenta con 8 aspersores para el lavado del producto, no se cuenta con información técnica de los aspersores.



Figura 4.3.5 Cilindros de la clasificadora de sardina.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.



Figura 4.3.6 Clasificadora de sardina.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.

4.3.4 Descamadoras de sardina

Las descamadoras de sardina están compuestas por un cilindro donde se deposita el producto y por un depósito el cual se llena con agua una vez diaria. El cilindro posee un motor en uno de sus extremos y las paredes del cilindro están construidas con malla porosa. Al hacer girar el cilindro, la fricción de la sardina con la malla porosa ocasiona el desprendimiento de las escamas las cuales son lavadas por medio del agua en el depósito.

Existen dos descamadoras en el proceso, descamadora #1 y descamadora #2 pero generalmente la descamadora #1 es la más utilizada. La descamadora #1 y #2 poseen 8 y 7 aspersores respectivamente. Estos aspersores ayudan a retirar las escamas adheridas al pescado.



Figura 4.3.7 Descamadora de sardina #1.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.

4.3.5 Cortadoras evisceradoras

Dos cortadoras evisceradoras se encargan de retirar la cabeza, la cola y ajustar el tamaño del cuerpo de la sardina de acuerdo al envase a utilizar.

Primeramente, la sardina es colocada manualmente por el personal operativo en la banda transportadora la cual traslada la sardina hacia tres cuchillas. Estas cuchillas se encargan de retirar la cabeza, en caso de que sea necesario cortan una pequeña porción del cuerpo para ajustarlo a un tamaño específico y la última cuchilla se encarga de cortar la cola.

Posteriormente, por medio de un circuito de recirculación de agua un sistema de vacío se encarga de retirar las vísceras por el lado del corte de la cabeza.

Una vez extraídas las vísceras, la sardina pasa a una cuchilla adicional la cual tiene la función de cortar la panza longitudinalmente.

Las cortadoras evisceradoras poseen cada una otro circuito de recirculación de agua. Este circuito adicional se encarga de abastecer una serie de aspersores los cuales se utilizan para limpiar la sardina en el proceso de corte y eviscerado, además de limpiar las cuchillas de corte y evitar un rápido desfilado de las mismas.



Figura 4.3.8 Cortadora evisceradora #2.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.



Figura 4.3.9 Cortadoras evisceradoras #1 y #2.

Fuente: Tomada en Alimentos Prosalud.

4.3.6 Lavadoras de latas

Las lavadoras de latas se sitúan posterior a la dosificación de líquidos y cumplen la función de lavar las impurezas presentes en la lata debido al proceso de envasado y a la dosificación de líquidos.

Existen dos lavadoras de latas, la de tipo tinapa y la de tipo oval. Ambas lavadoras tienen el mismo principio de funcionamiento el cual consiste en un circuito de recirculación que bombea el agua desde el tanque de la lavadora hasta los aspersores que inciden sobre la lata. Después de esto el agua es llevada por gravedad nuevamente al tanque. El tanque posee un serpentín por el que se trasiega vapor para el calentamiento del agua de recirculación, el agua debe mantenerse entre 80 °C y 90 °C.

Cada lavadora de latas tiene un segundo circuito de aspersores situado al final del recorrido de la lata por la lavadora. Estos aspersores son abastecidos por una conexión de agua aparte y no por el circuito de recirculación.

Una bomba dosifica pequeñas cantidades de Vapen a la línea de alimentación de estos aspersores; el Vapen es un producto biodegradable inhibidor de la corrosión.

Para la dosificación de Vapen, la presión mínima es de 20 psig medidos en la tubería que abastece al circuito de aspersores. El circuito para la dosificación de Vapen en la lavadora de latas de oval posee 5 aspersores VEEJET H1/4U 316SS y 8 aspersores del mismo tipo en el caso de la lavadora de latas de tinapa.



Figura 4.3.10 Lavadora de latas de oval.

Fuente: Tomada en Alimentos Prosalud.

4.3.7 Generadores de hielo

Dos generadores de hielo en escamas se utilizan para producir aproximadamente 37000 kg de hielo diarios. Este hielo se produce como requerimiento en el proceso de sardina, atún y almacenamiento de producto en frigoríficos.

Los generadores de hielo utilizan amoníaco como refrigerante, la alimentación de agua se realiza por medio de una bomba propia de cada generador. Un depósito es llenado constantemente por acción de una válvula de boya, la bomba toma el agua del depósito y la envía al generador de hielo, el agua que no es convertida en hielo regresa de nuevo al depósito, esto con el fin eliminar desperdicios.



Figura 4.3.11 Generador de hielo en escamas.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.



Figura 4.3.12 Sistema de reposición de agua del generador de hielo.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.

4.3.8 Preparación de salsas

Este proceso se encarga de preparar los líquidos o salsas que llevará la conserva de sardina, se conoce también como líquidos de gobierno.

La cantidad y tipo de líquido de gobierno que se prepara para agregar a la sardina depende del plan de producción diario el cual puede rondar entre 1800 y 3000 cajas de sardina (48 unidades por caja). La cantidad de agua utilizada para preparar los diferentes tipos de salsa es aproximadamente la misma y corresponde a 454,2 litros (120 galones) por tanda. Cada tanda cubre la producción de 146 cajas de sardina, con esto se puede estimar que se produce entre 12 y 21 tandas de salsa diariamente.



Figura 4.3.13 Tanques de preparación de salsas de sardina.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.

4.3.9 Estación de manguera

Las estaciones de manguera son utilizadas por el personal operativo; sin embargo, comúnmente es el personal del departamento de sanitización el cual las utiliza regularmente para las labores de aseo y desinfección. Existen estaciones de manguera con agua a temperatura ambiente y agua caliente o únicamente con agua a temperatura ambiente.



Figura 4.3.14 Estación de manguera de agua fría y caliente.

Fuente: Fotografía en Alimentos Prosalud.

4.4.Elaboración de planos del ramal de distribución de agua potable del proceso de Sardina

Para efectuar la evaluación del ramal de distribución de agua potable de Sardina es necesario antes conocer cómo están distribuidos los equipos en los distintos ramales de alimentación, esto permite determinar el caudal necesario para la valoración de cada uno de los tramos de tubería del ramal.

La distribución de los usuarios en el ramal de distribución de agua potable de Sardina se conoce gracias a la elaboración de los planos de la red de distribución de agua potable.

El esquema de la Figura x (véase apéndices) muestra los equipos y la distribución de los mismos en el ramal de Sardina. El esquema posee una codificación de “A” a “T”, la cual indica los tramos de tubería a evaluar. Los equipos poseen además una numeración de 1 a 43 que hace referencia al número de usuario y por consiguiente a las tuberías de alimentación de los mismos.

En la Tabla 4.4.1 se muestran los usuarios de agua potable del proceso de Sardina junto con el código de usuario asignado.

Tabla 4.4.1 Usuarios de agua potable del proceso de Sardina.

Código de tubería de alimentación	Usuario
1	Estación de manguera de agua fría
2	Estación de manguera de agua fría
3	Sin usuario
4	Estación de manguera de agua fría
	Estación de manguera de agua fría

Continúa

Código de tubería de alimentación	Usuario	
5	Descamadora #1	Estación de manguera de agua fría
		8 Aspersores (No se cuenta con información de aspersores)
		Llave de chorro de 1/2 in (tanque de descamadora #1)
6	Descamadora #2	Estación de manguera de agua fría
		7 Aspersores (No se cuenta con información de aspersores)
		Llave de chorro de 1 in (tanque de descamadora #2)
7	Estación de manguera de agua fría	
8	Cortadora evisceradora de sardina #2 (reposición bomba de vacío)	
	Estación de manguera de agua fría	
9	Cortadora evisceradora de sardina #1 (reposición bomba de vacío)	
	Estación de manguera de agua fría	
10	Cortadora evisceradora de sardina #2 (circuito de aspersores)	
11	Cortadora evisceradora de sardina #1 (circuito de aspersores)	
12	Llave de chorro de 1/2 in	
13	Estación de manguera de agua fría	
14	Llave de chorro de 1/2 in (andén harinera)	
15	Hidrolavadora de lavado de tolvas (andén harinera)	
	Estación de manguera de agua fría	
16	Clasificadora de sardina (8 aspersores, no se cuenta con información de aspersores)	
17	Estación de manguera de agua fría	
18	Glaseador de clasificadora de sardina (Llave de chorro de 1 1/2 in)	
19	Lavamanos con sensor	
	Tanque de solución repelente (andén harinera)	
20	Estación de manguera de agua fría	
21	Aspersores de rampa de montacargas (20 aspersores Lechler 632.766)	
22	Glaseador de alimentación a descamadoras (Llave de chorro de 1 1/2 in)	
23	Tres lavamanos con sensor	
24	Glaseador de envasado de sardina	14 Aspersores (S.S. CO. FULLJET 2)
		Llave de chorro de 3/4 in (tanque)
		Estación de manguera de agua fría
25	Lavamanos sin sensor	
26	Estación de manguera de agua fría	
27	Máquinas de hielo #1 y #2	
28	Nueve lavamanos con sensor	

Continúa

Código de tubería de alimentación	Usuario
29	Pediluvio (Envasado de sardina)
30	Estación de manguera de agua fría y caliente
31	Estación de manguera de agua fría y caliente
32	Estación de manguera de agua fría y caliente
33	Pediluvio (Sellado de sardina)
34	Tres lavamanos con sensor
35	Lavadora de latas de oval (Llenado de tanque de lavadora y dosificación de Vapen con 5 aspersores VEEJET H1/4U 80/20 316SS)
	Estación de manguera de agua fría
36	Lavadora de latas de tinapa (Llenado de tanque)
37	Lavadora de latas de tinapa (Dosificación de Vapen con 8 aspersores VEEJET H1/4U 80/20 316SS)
38	Estación de manguera de agua fría y caliente
39	Lavamanos con sensor
	Lavamanos sin sensor
40	Estación de manguera de agua fría y caliente
41	Aspersor cerradora de latas de sardina (VEEJET H1/4U 80/20 316SS)
42	Preparación de salsas sardina
	Estación de manguera de agua fría
43	Descongeladores de sardina

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

4.5. Descripción detallada y estudio de funcionamiento simultáneo del proceso de Sardina

El proceso de sardina inicia un domingo a las 8:00 pm cuando la materia prima se recibe en la planta de proceso. Al recibirse el producto se inicia el proceso de transformación que consiste en descongelar, clasificar, descamar y eviscerar la sardina; la transformación se extiende aproximadamente hasta las 3:00 am del lunes la cual finaliza al almacenar en hielo y en un cuarto frío todo el producto procesado listo para envasar.

Los equipos que intervienen en el proceso de transformación de sardina son el descongelador de sardina, glaseador de clasificadora de sardina, clasificadora de sardina, glaseador de alimentación a descamadoras, descamadora #1, descamadora #2, cortadora evisceradora #1 y cortadora evisceradora #2.

A lo largo del proceso de transformación de sardina, todos los equipos mencionados anteriormente llegan, a partir de un determinado momento, a ser utilizados simultáneamente, excepto la descamadora #2 ya que comúnmente solo se utiliza la descamadora #1.

Una vez finalizada la transformación de sardina, el personal de sanitización inicia las labores de lavado, limpieza y desinfección del lugar para ello utilizan de tres a cuatro estaciones de manguera simultáneamente. El periodo de sanitización se extiende desde las 3:00 am del lunes hasta las 5:00 am del mismo día.

A partir de las 7:00 am se va retirando de la cámara de frío el producto listo para envasar y se pasa al glaseador de envasado de sardina. El glaseador de envasado de sardina mueve el producto a una banda transportadora circular donde el personal envasa la sardina para posteriormente llevar el producto al cocinador de sardina.

Después del proceso de cocción, el producto envasado pasa por la dosificación de líquidos de gobierno. Seguidamente los envases se envían a las cerradoras para luego pasar por las lavadoras de latas, oval y tinapa según sea el caso.

El proceso de envasado se extiende hasta las 5:00 pm del día lunes mientras que cocinado, dosificación de líquidos, cerrado y lavado finaliza a las 5:30 pm del mismo día.

Concluido el proceso de envasado, cerrado y lavado, el personal de sanitización ingresa para dar aseo al lugar, extendiéndose hasta las 8:00 pm del lunes.

El proceso de sardina da inicio nuevamente con la recepción de materia prima en la planta de proceso el lunes a las 8:00 pm, repitiendo así el mismo horario.

La producción de hielo da inicio el lunes a las 7:00 am y continúa produciéndose hasta el jueves a las 10:00 pm. La producción diaria de hielo es aproximadamente de 25600 kg.

La Figura 4.5.1 se muestra de forma resumida los horarios de funcionamiento de los procesos de Sardina mencionados anteriormente.

En la sección 4.6 se describen las consideraciones tomadas y los equipos incluidos en el dimensionamiento de cada uno de los tramos de tubería.

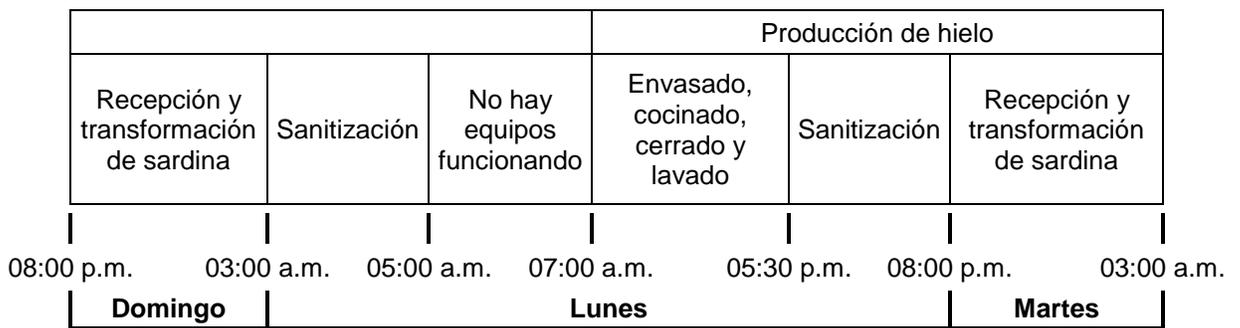


Figura 4.5.1 Horario de funcionamiento del proceso productivo de sardina.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2013.

4.6. Estudio de funcionamiento simultáneo de usuarios por tramo de tubería

4.6.1 Tramo de tubería E – J

El dimensionamiento de este tramo de tubería se realiza únicamente para el consumo de la descamadora #1. Normalmente se utiliza para el proceso de descamado solamente una descamadora y corresponde a la descamadora #1.

Las cortadoras evisceradoras #1 y #2 no se consideran en el análisis ya que aunque el caudal es considerable, el tiempo de consumo diario es muy bajo. Este caudal únicamente se utiliza para llenar los depósitos de agua de recirculación una vez diaria y realizar algunas reposiciones en el transcurso del día.

4.6.2 Tramo de tubería F – G

Este tramo de tubería se dimensiona únicamente para el caudal de la hidrolavadora de tolvas en andén y harinera. La estación de manguera no se utiliza simultáneamente con la hidrolavadora; la hidrolavadora posee un caudal mayor al de la estación de manguera. La llave de chorro de 1/2 (código 14) se encuentra en desuso.

4.6.3 Tramo de tubería H – I

El tramo H – I se dimensiona para el lavamanos (código 19) y para la estación de manguera (código 20). Los aspersores de la rampa del montacargas (código 21) no se toma en cuenta ya que el consumo de la estación de manguera es mayor que el de los aspersores.

Los tanques de solución repelente tienen una frecuencia baja de llenado, el caudal y el volumen requerido por los mismos es bajo por lo que no se tomarán en cuenta como un caudal significativo en la evaluación.

4.6.4 Tramo de tubería F – H

El caudal para dimensionar el tramo de tubería F – H corresponde al caudal requerido por la clasificadora de sardina (código 16) y el caudal del tramo H – I.

4.6.5 Tramo de tubería E – F

El caudal de diseño para el tramo E – F corresponde a la suma de los caudales F – G y F – H.

4.6.6 Tramo de tubería D – E

El tramo de tubería D – E se dimensiona para la suma de los caudales de los tramos E – J y E – F.

4.6.7 Tramo de tubería B – C

El caudal de diseño para el dimensionamiento del tramo de tubería B – C corresponde a la suma de los caudales de las dos estaciones de manguera de agua fría (código 1 y 2) abastecidas.

4.6.8 Tramo de tubería K – L

Como se menciona en la descripción del equipo, los depósitos de los glaseadores se llenan una o dos veces diarias. Aunque el caudal es significativo, el tiempo de uso para el llenado del depósito es bajo; para efectos de la evaluación, este caudal de llenado no se considera.

Aunque el caudal de llenado de los tanques de los glaseadores no se tome en cuenta para el dimensionamiento de los ramales de alimentación, en este caso, el tramo de tubería K – L únicamente abastece al glaseador de alimentación a descamadoras (código 22) por lo que la tubería se dimensiona para este equipo.

4.6.9 Tramo de tubería M – N

Similar al caso del glaseador de alimentación a descamadoras, el tramo de tubería M – N únicamente abastece a los descongeladores de sardina (código 43) por lo que el caudal de diseño es igual al consumo de este equipo.

4.6.10 Tramo de tubería Q – T

Para dimensionar este tramo de tubería solamente se toma en consideración el caudal de la tubería de alimentación del tanque de preparación de salsas de sardina. El consumo del tanque de preparación de salsas (código 42) supera por mucho al consumo del aspersor de la cerradora de latas de sardina (código 41), el consumo de los tanques de preparación de salsa no es continuo y en caso de que el llenado del tanque coincida con el uso del aspersor, el caudal aportado por el aspersor no afectaría significativamente.

4.6.11 Tramo de tubería R – S

En las lavadoras de latas se tomará únicamente en cuenta el caudal de agua trasegado por los aspersores utilizados para dosificar el Vapen. El llenado de los tanques de recirculación de las lavadoras es máximo dos veces diarias por lo que de igual forma el consumo de estos equipos no se considera en la evaluación.

El dimensionamiento del tramo de tubería R – S se realiza entonces con la suma de los caudales del circuito de dosificación de Vapen de la lavadora de latas de tinapa (código 37) y los dos lavamanos abastecidos (código 39).

4.6.12 Tramo de tubería Q – R

El caudal de diseño del tramo de tubería Q – R es igual al del tramo R – S.

4.6.13 Tramo de tubería P – Q

El caudal de diseño de este tramo corresponde a la suma de los caudales del circuito de dosificación de Vapen de la lavadora de latas de oval (código 35) y de la lavadora de latas de tinapa (código 37), 5 lavamanos (código 34 y 39) y el caudal del tramo Q – T.

4.6.14 Tramo de tubería O – P

El caudal de diseño del tramo O – P corresponde únicamente al caudal del tramo del tramo P – Q.

En el caso de los dos pediluvios, el caudal de llenado es significativo pero el volumen necesario de agua en los pediluvios es bajo por lo que el tiempo de funcionamiento de este usuario es muy corto además, los pediluvios se llenan solamente dos veces diarias. Este consumo se despreciará de la evaluación.

4.6.15 Tramo de tubería M – O

El tramo de tubería se dimensiona para 18 lavamanos (códigos 23, 25, 28, 34 y 39), el glaseador de envasado de sardina (código 24), la estación de manguera de agua fría (código 26), las máquinas de hielo #1 y #2 (código 27), los circuitos de dosificación de Vapen de las lavadoras de latas de oval (código 35) y tinapa (código 37) y el tanque de preparación de salsas de sardina (código 42).

Como se menciona anteriormente, el caudal para el llenado del depósito del glaseador no se toma en consideración. El glaseador posee 14 aspersores FULLJET 2, este caudal sí se toma en consideración para la evaluación.

4.6.16 Tramo de tubería K – M

El tramo de tubería K – M abastece a los descongeladores de sardina (código 43) y a los equipos asociados al proceso de envasado, cocinado, sellado y lavado.

El caudal de diseño del tramo M – O equivale al caudal de los equipos de envasado, cocinado, sellado y lavado.

Debido a que los descongeladores de sardina poseen diferente horario de funcionamiento que los equipos de envasado, cocinado, sellado y lavado, el caudal de diseño del tramo K – M equivale al caudal mayor entre los descongeladores de sardina y el caudal de diseño del tramo M – O (caudal de los equipos de envasado, cocinado, sellado y lavado).

4.6.17 Tramo de tubería D – K

El tramo de tubería D – K se dimensiona para el mismo caudal de diseño que el tramo K – M ya que el caudal requerido para el llenado del glaseador de alimentación a descamadoras no se considera para la evaluación.

4.6.18 Tramo de tubería B – D

El caudal de diseño de este tramo de tubería equivale al caudal mayor entre el caudal del tramo M – O y las suma de los caudales de los tramos D – E y M – N, esto debido al uso no simultaneo de los equipos de transformación de sardina y de envasado, cocinado, sellado y lavado.

4.6.19 Tramo de tubería A – B

El tramo de tubería A – B se dimensiona para el mismo de caudal de diseño del tramo B – D.

En la Tabla 4.6.1 se detalla en forma resumida los usuarios para el dimensionamiento de los tramos de tubería anteriormente expuestos.

Tabla 4.6.1 Usuarios de agua potable asociados a cada tramo de tubería.

Tramo	Código de tubería de alimentación	Usuario
E - J	5	Descamadora #1 (8 Aspersores)
F - G	15	Hidrolavadora (andén de harinera)
H - I	19	Lavamanos
	20	Estación de manguera de agua fría
F - H		Caudal del tramo H - I
	16	Clasificadora de sardina (8 aspersores)
E - F		Caudal del tramo F - G
		Caudal del tramo F - H
D - E		Caudal del tramo E - F
		Caudal del tramo E - J
K - L	22	Glaseador de alimentación a descamadoras (Llave de chorro de 1 ½ in)
B – C	1	Estación de manguera de agua fría
	2	Estación de manguera de agua fría
M – N	43	Descongeladores de sardina
Q – T	42	Tanque de preparación de salsas de sardina
R – S	37	Lavadora de latas de tinapa (Dosificación de Vapen con 8 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)
	39	2 Lavamanos
Q – R		Caudal del tramo R – S
P – Q		Caudal del tramo Q – T
	35	Lavadora de latas de oval (Dosificación de Vapen con 5 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)
	37	Lavadora de latas de tinapa (Dosificación de Vapen con 8 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)
	34 – 39	5 Lavamanos

Continúa

Tramo	Código de tubería de alimentación	Usuario	
O - P		Caudal del tramo P - Q	
M - O	23 - 25 - 28 34 - 39 *	18 Lavamanos	
	24	Glaseador de envasado de sardina	14 Aspersores (S.S. CO. FULLJET 2)
	26	Estación de manguera de agua fría	
	27	Máquinas de hielo #1 y #2	
	35	Lavadora de latas de oval (Dosificación de Vapen con 5 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)	
	37	Lavadora de latas de tinapa (Dosificación de Vapen con 8 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)	
	42	Tanque de preparación de salsas de sardina	
K - M		Caudal del tramo M - N	
D - K		Caudal del tramo K - M	
B - D		Caudal del tramo D - E + M - N	
A - B		Caudal del tramo B - D	

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

4.7. Estimación de caudales de usuarios de Sardina

Una de las principales limitantes en el dimensionamiento de tubería es la obtención del caudal de cada uno de los usuarios. El dato teórico de consumo de agua suministrado por el fabricante del equipo en las condiciones de operación del mismo corresponde al dato más adecuado para el dimensionamiento; sin embargo, se carece de información técnica de algunos equipos. Los caudales desconocidos se determinan experimentalmente utilizando un rotámetro (en aquellos casos donde se encuentre instalado en la tubería de alimentación) o un recipiente graduado de 18 litros.

En la Tabla 4.7.1 se muestran las mediciones de caudal de las estaciones de manguera de la Tabla 4.6.1 requeridas para el dimensionamiento.

Tabla 4.7.1 Mediciones de caudal (l/s) de estaciones de manguera utilizando un recipiente graduado de 18 litros.

Código tubería alimentación	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
1	18	64,39	0,280
2	18	48,35	0,372
5	18	40,10	0,449
20	18	49,36	0,365
26	18	49,05	0,367

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

En los aspersores de la rampa del montacargas, el glaseador de envasado de sardina, la lavadora de latas de oval y tinapa y el aspersor de la cerradora de latas el caudal se determina teóricamente de acuerdo al tipo de aspersor y presión de trabajo. La Tabla 4.7.2 presenta la cantidad y tipo de aspersores para los equipos anteriormente mencionados, así como el caudal teórico resultante a la presión de trabajo. Véase en anexos la información técnica de cada aspersor.

En el caso de la descamadora #1 y los descongeladores de sardina, la determinación del caudal se realiza por medio de un rotámetro instalado en la tubería de alimentación de cada uno de los equipos. La Tabla 4.7.3 muestra los resultados obtenidos de las mediciones. En el caso de la descamadora #1, se toma como caudal del equipo el menor resultante.

El caudal requerido por lavamanos se determina por medio del Método de Hunter (véase anexos). En la Tabla 4.7.4 se determina el caudal requerido por los lavamanos de acuerdo a la cantidad de piezas a alimentar por tramo de tubería.

Tabla 4.7.2 Caudal teórico (l/s) a la presión de trabajo (psi) de usuarios de agua potable que utilizan aspersores.

Usuario	Aspersor	Cantidad	Presión (psi)	Caudal (l/s)	Caudal total (l/s)
Glaseador de sardina de envasado	S.S. CO. FULLJET 2	14	20,00	0,018	0,247
Lavadora de latas de oval	VEEJET H1/4U 80/20 316SS	5	22,05	0,093	0,467
Lavadora de latas de tinapa	VEEJET H1/4U 80/20 316SS	8	22,05	0,093	0,467
Aspersor de cerradora de latas	VEEJET H1/4U 80/20 316SS	1	22,05	0,093	0,467

Nota: Véase en apéndices la información técnica de cada aspersor.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

Tabla 4.7.3 Estimación de caudal (l/s) de descamadora de sardina #1 y descongeladores de sardina utilizando rotámetro.

	Lectura del rotámetro (m ³)	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
Descamadora #1	12603,8180			
	12603,8410	23,00	20,19	1,139
	12603,8615	20,50	17,41	1,177
	12603,8817	20,20	17,71	1,141
Descongeladores de sardina	7715,1345			
	7715,2640	129,50	15,07	8,593

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

Tabla 4.7.4 Estimación de caudal (l/s) requerido por lavamanos según la cantidad y tramo de tubería.

Tramo	Código de tubería de alimentación	Cantidad	Pieza sanitaria	Unidad de consumo frío	Total de unidades de consumo frío	Caudal (l/s)
R - S	39	2	Lavamanos	1,5	3,0	0,160
P - Q	34 - 39	5	Lavamanos	1,5	7,5	0,385
M - O	23 - 25 - 28 34 - 39	18	Lavamanos	1,5	27,0	1,146

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

Las máquinas de hielo #1 y #2 producen aproximadamente 25632 kg diarios de hielo. Por balance de masa, la cantidad de hielo producida equivale a la cantidad de agua necesaria. Aunque el caudal de agua requerido no es constante en toda la producción hielo, la tasa de producción de hielo representa un dato confiable del caudal requerido por los equipos. De este modo, el caudal requerido por las máquinas de hielo corresponde a 0,29667 l/s.

En la hidrolavadora de tolvas el caudal se estima al cubicar el depósito de alimentación y medir el tiempo de llenado del mismo al mantener totalmente abiertas las válvulas de boya. La Tabla 4.7.5 muestra el caudal resultante de la medición realizada.

Tabla 4.7.5 Estimación de caudal (l/s) de hidrolavora de tolvas por cubicaje de depósito.

Usuario	Código de tubería de alimentación	Dimensiones tanque alimentación (m)	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
Hidrolavadora de lavado de tolvas (andén harinera)	15	0,22 x 0,24 x 0,42	22,18	78,47	0,776

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

La estimación de caudal requerido por la clasificadora de sardina se determina utilizando un recipiente graduado, se estima el caudal para un aspersor y se supone este para los aspersores restantes. En la Tabla 4.7.6 se muestra el resultado obtenido.

Tabla 4.7.6 Estimación de caudal (l/s) de la clasificadora de sardina utilizando un recipiente graduado de 18 litros.

Usuario	Código de tubería de alimentación	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal por aspersor (l/s)	Cantidad de aspersores	Caudal total (l/s)
Clasificadora de sardina	16	3,00	22,10	0,136	8	1,086

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

El caudal de llenado del tanque de preparación de salsas se determina al vaciar el tanque completamente y abrir la válvula de llenado por cierto tiempo. Se mide el tiempo de apertura de la válvula y posteriormente se traslada el agua del tanque al recipiente graduado para poder realizar la medición del volumen. La Tabla 4.7.7 muestra el caudal de llenado del tanque de preparación de salsas.

Tabla 4.7.7 Estimación de caudal (l/s) de llenado de tanque de preparación de salsas utilizando un recipiente graduado de 18 litros.

Usuario	Código de tubería de alimentación	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
Tanque de preparación de salsas	42	28,00	6,44	4,348

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

La obtención de los caudales de los usuarios de la Tabla 4.6.1 permite determinar los caudales asociados a cada tramo de tubería. En la Tabla 4.7.8 se muestran los tramos de tubería, los usuarios asociados a cada tramo y el caudal con el cual se efectúa el dimensionamiento.

Tabla 4.7.8 Caudales de usuarios de agua potable (l/s) y caudales de diseño (l/s) asociados a cada tramo de tubería.

Tramo	Código de tubería de alimentación	Usuario	Caudal (l/s)	Caudal de diseño (l/s)
E - J	5	Descamadora #1 (8 Aspersores)	1,139	1,139
F - G	15	Hidrolavadora (andén de harinera)	0,283	0,283
H - I	19	Lavamanos	0,063	0,428
	20	Estación de manguera de agua fría	0,365	
F - H		Caudal del tramo H - I	0,428	1,514
	16	Clasificadora de sardina (8 aspersores)	1,086	
E - F		Caudal del tramo F - G	0,283	1,796
		Caudal del tramo F - H	1,514	
D - E		Caudal del tramo E - F	1,796	2,936
		Caudal del tramo E - J	1,139	
K - L	22	Glaseador de alimentación a descamadoras (Llave de chorro de 1 1/2 in)	0,000	0,000
B - C	1	Estación de manguera de agua fría	0,280	0,652
	2	Estación de manguera de agua fría	0,372	
M - N	43	Descongeladores de sardina	8,593	8,593
Q - T	42	Tanque de preparación de salsas de sardina	4,348	4,348
R - S	37	Lavadora de latas de tinapa (Dosificación de Vapen con 8 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)	1,053	1,213
	39	2 Lavamanos	0,160	
Q - R		Caudal del tramo R - S	1,213	1,213
P - Q		Caudal del tramo Q - T	4,348	6,444
	35	Lavadora de latas de oval (Dosificación de Vapen con 5 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)	0,658	
	37	Lavadora de latas de tinapa (Dosificación de Vapen con 8 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)	1,053	
	34 - 39	5 Lavamanos	0,385	
O - P		Caudal del tramo P - Q	6,444	6,444

Continúa

Tramo	Código de tubería de alimentación	Usuario		Caudal (l/s)	Caudal de diseño (l/s)
M - O	23 - 25 - 28 34 - 39 *	18 Lavamanos		1,146	7,618
	24	Glaseador de envasado de sardina	14 Aspersores (S.S. CO. FULLJET 2)	0,247	
	26	Estación de manguera de agua fría		0,367	
	27	Máquinas de hielo #1 y #2		0,297	
	35	Lavadora de latas de oval (Dosificación de Vapen con 5 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)		0,467	
	37	Lavadora de latas de tinapa (Dosificación de Vapen con 8 aspersores VEEJET H1/4U 316SS)		0,747	
	42	Tanque de preparación de salsas de sardina		4,348	
K - M		Caudal del tramo M - N		8,593	8,593
D - K		Caudal del tramo K - M		8,593	8,593
B - D		Caudal del tramo D - E + M - N		11,529	11,529
A - B		Caudal del tramo B - D		11,529	11,529

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

4.8. Evaluación del dimensionamiento de tubería de Sardina

El dimensionamiento de los tramos de tubería de la Tabla 4.7.8 se realiza utilizando el software System Syzer V4.4 de Bell & Gossett. El dimensionamiento se efectúa utilizando tubería de acero y agua como fluido a una temperatura de 25 °C. Como dato de entrada se tiene el caudal de diseño de cada uno de los tramos de tubería, se selecciona en el software un diámetro de tal forma que la caída de presión por fricción en tubería y la velocidad cumplan con las recomendaciones de ASHRAE y el CIHSECR (rango de caída de presión de 1 a 4 m/100m de tubería y velocidad de 0,6 a 2 m/s).

La Tabla 4.8.1 muestra los diámetros estimados en cada tramo de tubería de acuerdo al caudal de diseño, a su vez muestra la caída de presión por fricción en tubería y la velocidad del fluido para los diámetros estimados y para los diámetros actualmente instalados.

Tabla 4.8.1 Caída de presión (m /100 m) y velocidad del fluido (m/s) de acuerdo al caudal (l/s) y diámetro estimado e instalado en cada tramo de tubería.

Sección de tubería	Caudal (l/s)	Diámetro		Pérdida de carga		Velocidad	
		Estimado (in)	Instalado (in)	Estimada (m /100 m)	Actual (m / 100 m)	Estimada (m/s)	Actual (m/s)
E - J	1,082	1 1/2	2	2,14	0,62	0,82	0,50
F - G	0,268	1	1/2	1,38	18,51	0,48	1,37
H - I	0,406	1	1/2	2,93	40,43	0,73	2,07
F - H	1,438	1 1/2	1 1/4	3,63	7,86	1,09	1,49
E - F	1,707	2	1 1/4	1,44	10,87	0,79	1,77
D - E	2,789	2	2 1/2	3,60	1,49	1,29	0,90
B - C	0,619	1 1/4	1/2	1,64	90,76	0,64	3,16
M - N	8,164	3	2	3,79	28,04	1,71	3,77
Q - T	4,130	2 1/2	2	3,10	7,57	1,34	1,91
R - S	1,153	1 1/2	1 1/4	2,40	5,18	0,88	1,20
Q - R	1,153	1 1/2	2	2,40	0,70	0,88	0,53
P - Q	6,122	3	2	2,20	16,08	1,28	2,83
O - P	6,122	3	2 1/2	2,20	6,54	1,28	1,98
M - O	7,237	3	3	3,01	3,01	1,52	1,52
K - M	8,164	3	3	3,79	3,79	1,71	1,71
D - K	8,164	3	3	3,79	3,79	1,71	1,71
B - D	10,952	4	3	1,69	6,64	1,34	2,30
A - B	10,952	4	3	1,69	6,64	1,34	2,30

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

En la Tabla 4.8.1 se recomienda para los tramos de tubería A – B y B - D diámetros en los cuales la caída de presión supera la recomendación de ASHRAE. Esta recomendación de diámetros se realiza con la justificación de que la caída de presión por fricción en la tubería no justifica el costo monetario del cambio de la tubería de acero inoxidable.

La Tabla 4.8.2 muestra los diámetros recomendados para cada tramo de tubería así como la condición actual de los diámetros instalados.

Tabla 4.8.2 Diámetro (mm) recomendado e instalado de tramos de tubería evaluados.

Sección de tubería	Diámetro		Condición
	Estimado (in)	Instalado (in)	
E - J	1 1/2	2	Adecuado
F - G	1	1/2	Subdimensionado
H - I	1	1/2	Subdimensionado
F - H	1 1/2	1 1/4	Subdimensionado
E - F	2	1 1/4	Subdimensionado
D - E	2	2 1/2	Adecuado
B - C	1 1/4	1/2	Subdimensionado
M - N	3	2	Subdimensionado
Q - T	2 1/2	2	Subdimensionado
R - S	1 1/2	1 1/4	Adecuado
Q - R	1 1/2	2	Adecuado
P - Q	3	2	Subdimensionado
O - P	3	2 1/2	Subdimensionado
M - O	3	3	Adecuado
K - M	3	3	Adecuado
D - K	3	3	Adecuado
B - D	4	3	Adecuado
A - B	4	3	Adecuado

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LOS FLUJÓMETROS DE AGUA POTABLE

5.1. Ubicación de puntos de medición de consumo de agua

La red de distribución de agua potable se compone de diferentes ramales los cuales brindan el suministro de agua a las distintas áreas del proceso productivo. La ubicación de los flujómetros debe ser tal que todo el consumo de agua a través de los ramales sea medido, es decir cada flujómetro debe estar ubicado en la tubería principal del ramal y ningún equipo consumidor de agua potable puede ser abastecido antes del flujómetro.

La elaboración de los planos de la red de distribución de agua potable permite identificar los flujómetros que no se encuentran correctamente ubicados. También se logra determinar los equipos en los que el consumo no está siendo asociado a ningún flujómetro. La Tabla 5.5.1 muestra las situaciones descritas anteriormente.

Tabla 5.1.1 Anomalías encontradas en el registro de consumo de agua.

Flujómetro	Observación
	Los consumos de agua del daff de autoclaves y los talleres de soldadura, mecánico, eléctrico y auxiliar de mantenimiento no son registrados por ningún flujómetro.
FE06	El flujómetro de Destace (cortes y andén) se encuentra ubicado de tal forma que registra la suma de los consumos de los flujómetros de Descongelado y de Lavado de bandejas plásticas.
FE16	La ubicación del flujómetro de Sardina no permite registrar el consumo total de los usuarios de este ramal. Existen usuarios alimentados antes del flujómetro.
	El consumo de agua de la autoclave #6 no es medido por ningún flujómetro

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

5.2.Revisión del Caudal de Corte Bajo y toma de mediciones utilizando el flujómetro ultrasónico KATflow 200

Con el objetivo de corroborar si el valor configurado de caudal de corte bajo de los flujómetros es adecuado de acuerdo a los caudales trasegados y a la vez para evaluar el correcto funcionamiento de los flujómetros instalados en la red, se utiliza un flujómetro ultrasónico Katronic KATflow 200.

Se realizan mediciones de caudal con el flujómetro ultrasónico en los ramales de Limpieza de atún, Destace, Cocinado, Agua caliente y Conservas. Se comparan los resultados de las mediciones del flujómetro ultrasónico con los registros tomados por cada uno de los flujómetros de los ramales previamente mencionados. Los resultados se observan a continuación.

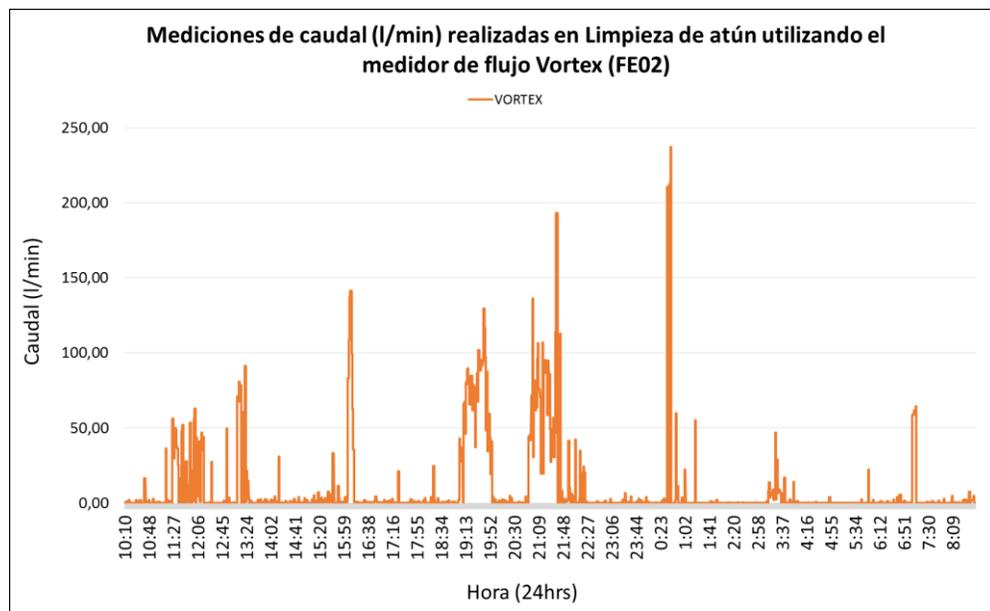


Figura 5.2.1 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Limpieza de atún utilizando el medidor de flujo Vortex (FE02).

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2013.

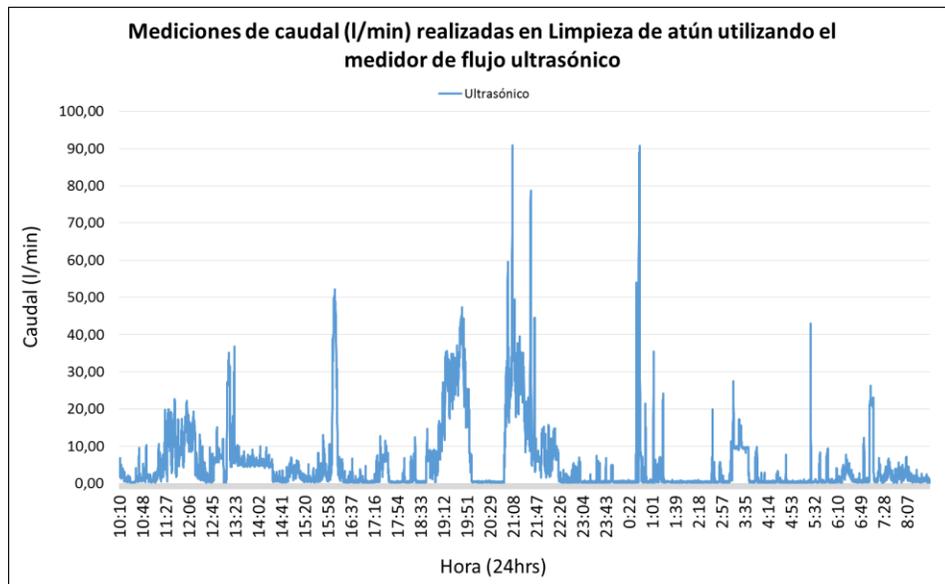


Figura 5.2.2 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Limpieza de Atún utilizando el medidor de flujo ultrasónico.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2013.

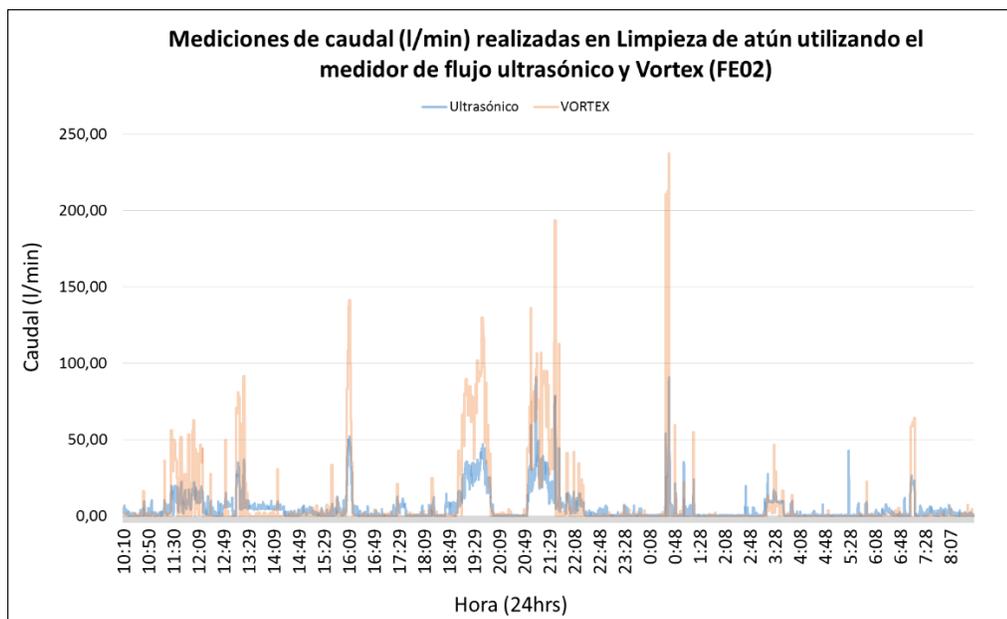


Figura 5.2.3 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Limpieza de atún utilizando el medidor de flujo ultrasónico y Vortex (FE02).

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2013.

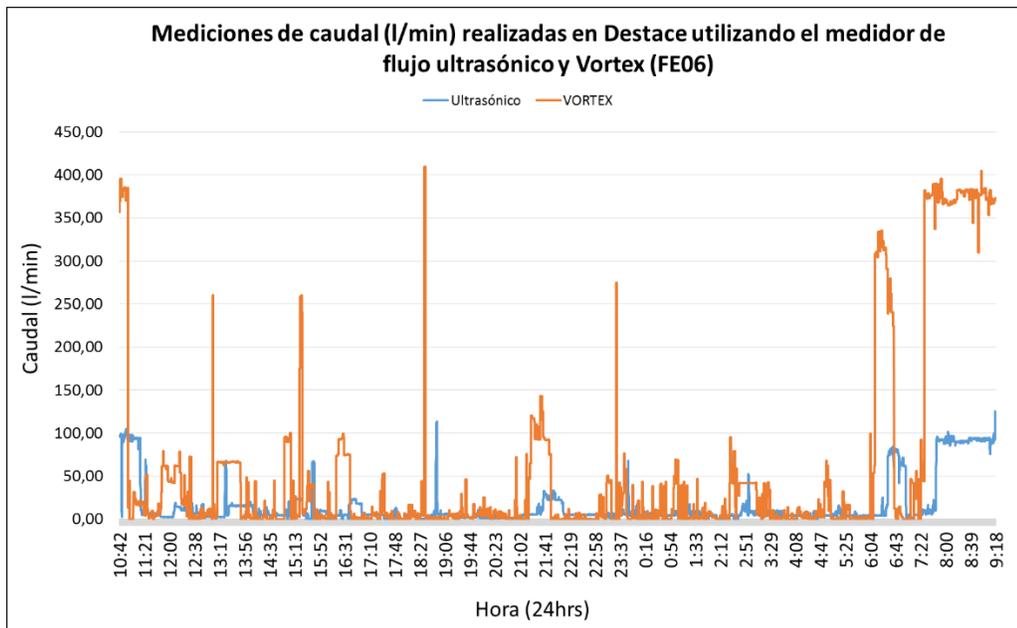


Figura 5.2.4 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Destace utilizando el medidor de flujo ultrasónico y Vortex (FE06).

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2013.

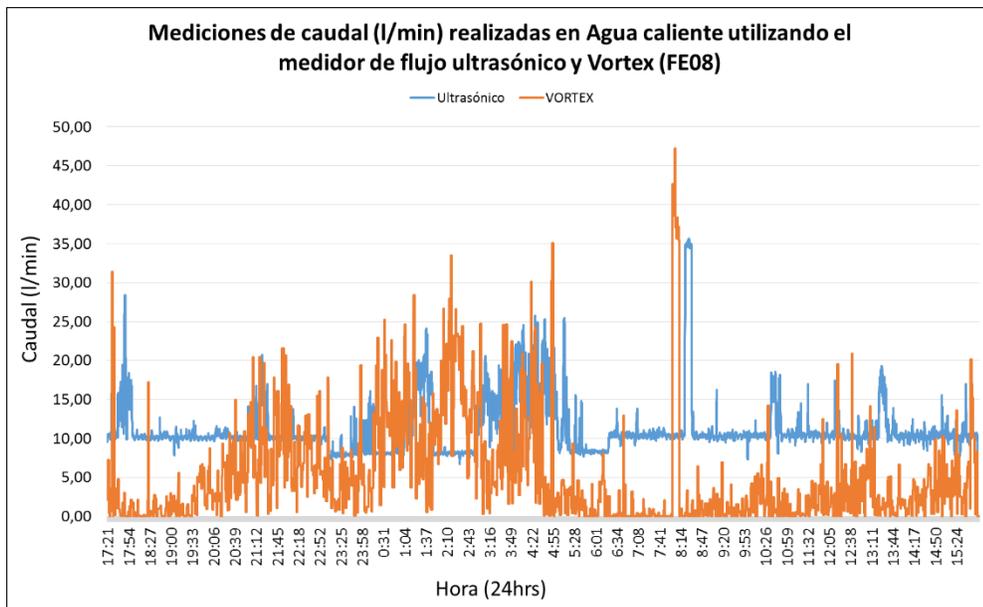


Figura 5.2.5 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Agua caliente utilizando el medidor de flujo ultrasónico y Vortex (FE08).

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2013.

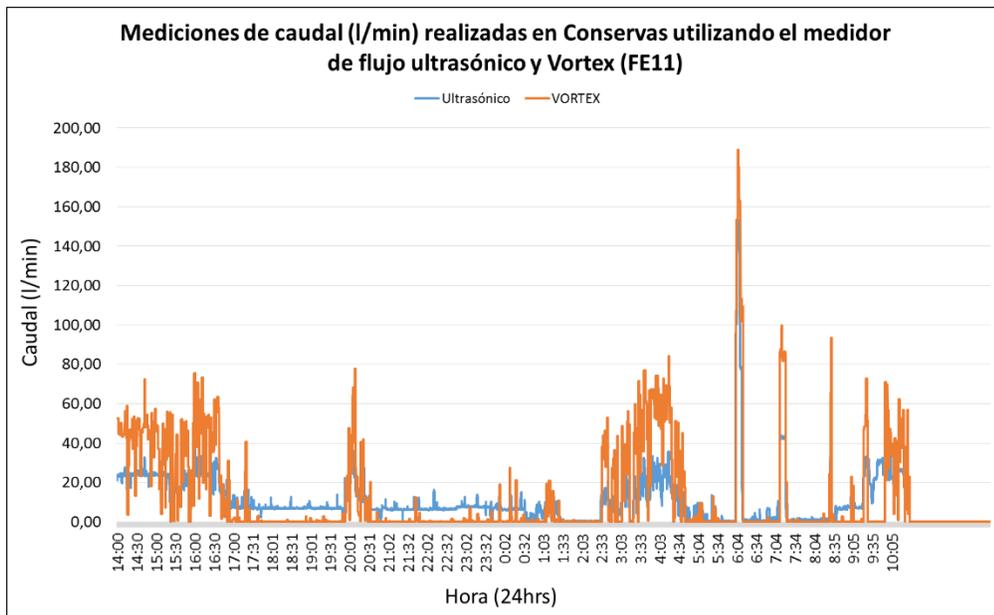


Figura 5.2.6 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Conservas utilizando el medidor de flujo ultrasónico y Vortex (FE11).

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2013.

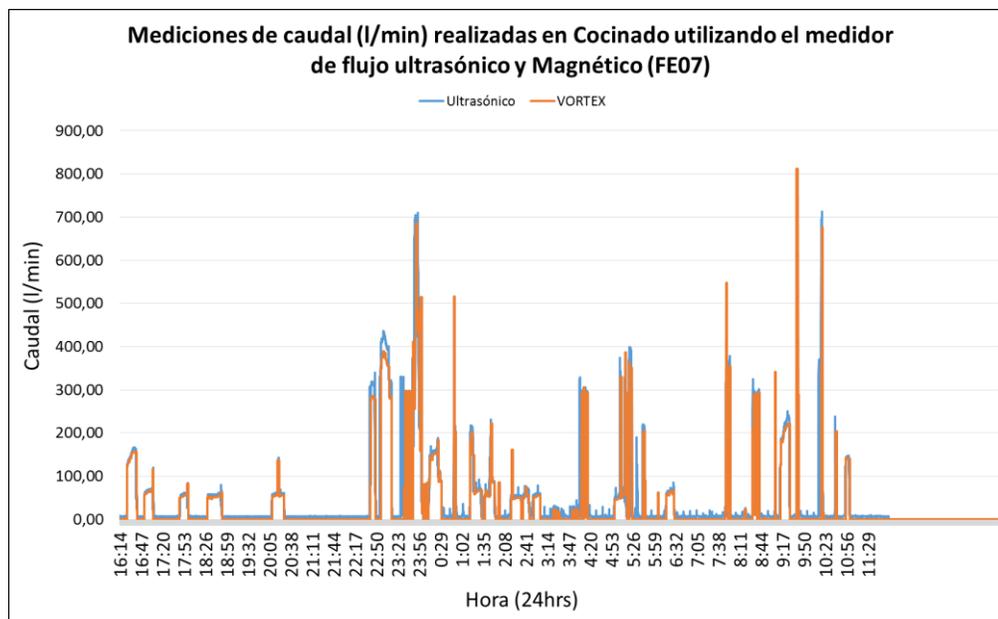


Figura 5.2.7 Mediciones de caudal (l/min) realizadas en Cocinado utilizando el medido de flujo ultrasónico y Magnético (FE07).

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2013.

En la comparación de las mediciones realizadas se aprecia un comportamiento similar en las variaciones de caudal pero se evidencian valores distintos de caudal.

La comparación de las mediciones de caudal efectuadas en el flujómetro electromagnético de Cocinado coinciden satisfactoriamente.

Se procede a revisar las condiciones de instalación y configuración de cada uno de los flujómetros en estudio. Malas condiciones de instalación y/o configuración del equipo pueden causar la variación de las mediciones efectuadas.

Se corrobora que la longitud de tubería recta antes y después del flujómetro esté acorde a las recomendaciones del fabricante. Se realiza además la medición del espesor de tubería donde se encuentra instalado cada flujómetro, esto con el objetivo de revisar el parámetro de Diámetro interno (Pipe ID) configurado en los flujómetros Vortex. Se revisa también que la temperatura configurada en los flujómetros sea de 25 °C ya que ningún flujómetro de los ramales estudiados opera bajo condiciones distintas de temperatura.

La Tabla 5.2.1 muestra la longitud de tubería recta actual y recomendada que debe mantenerse aguas arriba y aguas abajo en cada flujómetro.

Tabla 5.2.1 Longitud de tubería recta actual y recomendada aguas arriba y aguas abajo de cada flujómetro.

Ubicación	Tipo	Tubería (mm)	Longitud de tubería aguas arriba (mm)		Longitud de tubería recta aguas abajo (mm)	
			Fabricante	Actual	Fabricante	Actual
Limpieza de atún	Vortex	40	1333,5	1333,50	381,0	381,0
Destace (cortes y andén)	Vortex	40	1333,5	1320,8	381,0	381,0
Cocinado	Magnético	80	381,0	1244,6	152,4	571,5
Agua caliente	Vortex	40	1333,5	1320,8	381,0	368,3
Conservas	Vortex	40	1333,5	1333,50	381,0	850,9

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

Utilizando un calibrador se mide el diámetro externo de la tubería donde se encuentra instalado cada flujómetro y por medio del flujómetro ultrasónico se realiza la medición de espesor, conocidos estos valores es posible determinar el diámetro interno de la tubería. En la Tabla 5.2.2 se muestran las mediciones realizadas de diámetro externo y espesor de tubería. Los valores del parámetro de Diámetro interno (Pipe ID) configurado en los flujómetros y los resultados de las mediciones se muestran en la Tabla 5.2.3.

Tabla 5.2.2 Mediciones de diámetro externo (mm) y espesor (mm) de tubería de instalación de los flujómetros.

Flujómetro	Ubicación	Diámetro externo (mm)	Espesor (mm)
FE02	Limpieza de atún	48,48	3,40
FE06	Destace (cortes y andén)	48,48	3,40
FE08	Agua caliente	48,48	3,40
FE11	Conservas	48,48	3,40

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

Tabla 5.2.3 Diámetros internos de tubería configurados (mm) y diámetros internos de tubería medidos (mm) en los flujómetros.

Flujómetro	Ubicación	Diámetro interno de tubería (mm)	
		Configurado	Medido
FE02	Limpieza de atún	40,894	41,680
FE06	Destace (cortes y andén)	40,894	41,680
FE08	Agua caliente	40,894	41,680
FE11	Conservas	40,894	41,680

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

Por último, en la Tabla 5.2.4 se muestra la temperatura de proceso configurada en los flujómetros.

Tabla 5.2.4 Temperatura de proceso (°C) configurada en los flujómetros.

Flujómetro	Ubicación	Temperatura del proceso (°C)
FE02	Limpieza de atún	35
FE06	Destace (cortes y andén)	25
FE08	Agua caliente	90
FE11	Conservas	35

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

Se puede observar en la Tabla 5.2.3 que en los flujómetros en estudio existe una diferencia entre el valor de diámetro interno medido y configurado. Por otro lado, la temperatura configurada en los flujómetros de Limpieza de atún, Agua caliente y Conservas no corresponden a la temperatura real de proceso.

Las anomalías encontradas en la configuración del diámetro interno de tubería y en la temperatura de proceso ocasionan mediciones menos precisas por parte de los flujómetros de la red, sin embargo, estas anomalías no son tan influyentes en las variaciones de los gráficos anteriormente presentados.

Ante esta situación se procede a realizar mediciones en el laboratorio de calibración de flujómetros de la empresa Elvatron. Se utiliza como patrón un flujómetro másico de Coriolis, el cual es utilizado por Elvatron para la calibración de los flujómetros. Se instala el flujómetro ultrasónico junto al flujómetro másico, adicionalmente Elvatron provee un flujómetro ultrasónico Katronic KATflow 100, el cual es fabricado con la misma precisión que la del Katronic KATflow 200 de Alimentos Prosalud.

Se realizan distintas mediciones variando el caudal trasegado, el caudal se varía cambiando la frecuencia en el motor de la bomba. La Tabla 5.2.5 muestra los resultados obtenidos y el gráfico de la figura

Tabla 5.2.5 Mediciones de caudal (l/min) a diferentes valores de frecuencia (Hz) utilizando el flujómetro de Coriolis y los flujómetros ultrasónicos de Alimentos Prosalud y Elvatron.

Frecuencia (Hz)	Caudal flujómetro Coriolis (l/min)	Caudal flujómetro ultrasónico APS (l/min)	Caudal flujómetro ultrasónico Elvatron (l/min)	Error relativo flujómetro APS (%)	Error relativo flujómetro Elvatron (%)
2	54,42	61,41	61,20	12,84	12,46
4	114,70	194,10	131,70	69,22	14,82
8	238,33	286,30	263,70	20,13	10,64
10	299,80	343,62	322,00	14,62	7,40
15	455,50	512,85	482,00	12,59	5,82
18	550,10	614,59	583,00	11,72	5,98
24	738,50	829,97	780,00	12,39	5,62
30	926,00	1061,28	968,80	14,61	4,62

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Office Excel 2013.

Se observa un porcentaje de error relativo considerable por parte de las mediciones efectuadas por el flujómetro ultrasónico de Alimentos Prosalud, este porcentaje de error se introduce de igual forma en las mediciones de los ramales de Limpieza de atún, Destace, Agua caliente y Conservas.

La razón por la cual la comparación de las mediciones de caudal en el ramal de Cocinado coincide adecuadamente es debido a que la superficie plana de los transductores, la cual emite la señal ultrasónica, tiene mayor área de contacto al ser instalados en tuberías de mayor diámetro.

Finalmente, se instala un medidor Vortex de 40 mm correctamente calibrado el cual se desinstala del departamento de Líquidos de Gobierno de Alimentos Prosalud con el fin de realizar pruebas en el laboratorio de calibración.

Las pruebas incluyen la medición de caudales trasegados hasta 720 l/min (límite superior de medición del flujómetro), medición de caudales bajo condiciones de cavitación (caudal trasegado mayor al límite superior de medición) y desalineamiento en la instalación del flujómetro. En las pruebas realizadas, el porcentaje de error respecto a la medición patrón del flujómetro másico fue de 4 % en condiciones de desalineamiento y cavitación y de un 1% en condiciones de instalación adecuadas y flujos dentro del rango de medición.

Se comprueba que la vibración en la tubería no afecta la precisión del flujómetro, sin embargo, la precisión sí se ve grandemente afectada por la vibración al realizar mediciones de cercanas al caudal de corte bajo.

Con la realización de estas pruebas se determina que se debe configurar el caudal de corte bajo de modo tal que en condiciones de flujo mínimo la vibración de la tubería no afecten las mediciones realizadas.

CONCLUSIONES

1. Se elaboraron los planos de la red de distribución de agua potable de Alimentos Prosalud.
2. La ubicación del flujómetro de sardina no registra el total de agua consumido por el ramal.
El flujómetro de destace se encuentra ubicado de tal forma que registra la suma de los consumos de los flujómetros de descongelado y de lavado de bandejas plásticas.
3. Los consumos de agua del daff de autoclaves, los talleres de mantenimiento (mecánico, eléctrico, soldadura y auxiliar de mantenimiento) y de la autoclave # 6 (respaldo), no son registrados por ningún flujómetro.
4. Se determinan los diámetros de tubería adecuados del ramal de distribución de agua potable del proceso de sardina, de acuerdo a las recomendaciones del CIHSECR y la ASHRAE.
5. El ramal de distribución de agua potable del proceso de sardina posee tramos de tubería con diámetros menores a los recomendados.
6. La longitud de tubería recta antes y después del flujómetro de preparación de salsas es menor a la recomendada. La instalación de los flujómetros restantes de la red, cumple con la recomendación de longitud de tubería recta propuesta por el fabricante.
7. El parámetro configurado de diámetro interno de tubería, es correcto en los flujómetros de los departamentos de limpieza de atún, destace, cocinado, agua caliente y conservas.
El parámetro configurado de temperatura de proceso, en el flujómetro de agua caliente es incorrecto.

8. Las mediciones de caudal del flujómetro ultrasónico Katronic KATflow 200, presentan mayor precisión en tuberías de diámetro igual o mayor a 80 mm.
Los flujómetros Vortex instalados en la red de distribución de agua potable, realizan registros de consumo de agua con una precisión aceptable.
La diferencia entre el volumen registrado por el flujómetro del tanque principal y la suma de los flujómetros instalados en la red de distribución de agua potable, se debe a los equipos cuyo consumo de agua no es registrado.

RECOMENDACIONES

1. Establecer un proceso de gestión de cambios en las tuberías de la red de distribución de agua potable, que permita la actualización de los planos previo a la realización de modificaciones en la red, instalación de nuevos equipos o cambios en la posición de los equipos.
2. Efectuar un estudio previo a la instalación de nuevos equipos consumidores de agua potable, que permita determinar el punto idóneo de conexión a la red.
3. Extender la evaluación realizada al proceso de Sardina a toda la red de distribución de agua potable, con el fin de determinar oportunidades de ahorro energía en el sistema de bombeo por redimensionamiento de tubería.
4. Realizar pruebas de verificación y calibración de los flujómetros, utilizando una herramienta de diagnóstico avanzado, con el fin de garantizar que la precisión de las mediciones se mantenga cuando se trasieguen caudales cercanos al valor de caudal de corte bajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. (2001). *ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)*.
- Bell & Gossett. (2012). *Hidronic System Design with the Bell & Gossett System Syzer*.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica . (2010). *Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Emerson Process Management. (2006). *Rosemount 8800 Vortex Installation Effects*.
- Emerson Process Management. (2009). *Reference Manual of Rosemount 8750WA Magnetic Flowmeter System*.
- Emerson Process Management. (2012). *Reference Manual of Rosemount 8800D Series Vortex Flowmeter*.
- Hunter, R. (1940). *Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems*. Washington: United States Government Printing Office.
- Lahlou, Z. M. (s.f.). Golpe de Ariete. *Tecnología en Breve*, 1-4.
- Lechler. (s.f.). *Flat Fan Nozzles*. Obtenido de <http://www.lechler.de/>
- Spraying Systems Co. (2013). *Industrial Hydraulic Spray Products*. Obtenido de www.spray.co

APÉNDICES

Apéndice A.1 Distribución de equipos en el ramal de agua potable del proceso de Sardina.

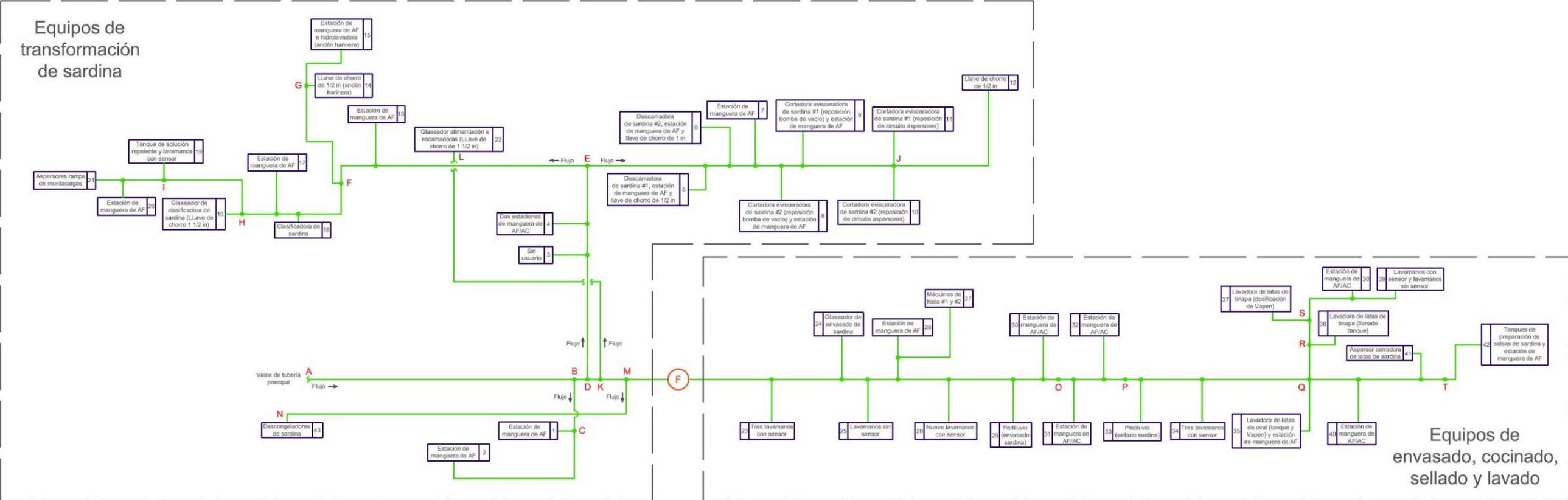


Figura A.1.1 Distribución de equipos en el ramal de agua potable del proceso de Sardina.

Fuente: Elaboración propia en AutoCAD 2013.

ANEXOS

Anexo B.1 Glosario

APS: Alimentos Prosalud.

CIHSECR: Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones de Costa Rica.

ASHRAE: Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.

Anexo B.2 Estimación de caudales por Método de Hunter.

**TABLE E101B
LOAD VALUES ASSIGNED TO FIXTURES^a**

FIXTURE	OCCUPANCY	TYPE OF SUPPLY CONTROL	LOAD VALUES, IN WATER SUPPLY FIXTURE UNITS (wsfu)		
			Cold	Hot	Total
Bathroom group	Private	Flush tank	2.7	1.5	3.6
Bathroom group	Private	Flush valve	6.0	3.0	8.0
Bath tub	Private	Faucet	1.0	1.0	1.4
Bath tub	Public	Faucet	3.0	3.0	4.0
Bidet	Private	Faucet	1.5	1.5	2.0
Combination fixture	Private	Faucet	2.25	2.25	3.0
Dishwashing machine	Private	Automatic	—	1.4	1.4
Drinking fountain	Offices, etc.	$\frac{3}{8}$ " valve	0.25	—	0.25
Kitchen sink	Private	Faucet	1.0	1.0	1.4
Kitchen sink	Hotel, restaurant	Faucet	3.0	3.0	4.0
Laundry trays (1 to 3)	Private	Faucet	1.0	1.0	1.4
Lavatory	Private	Faucet	0.5	0.5	0.7
Lavatory	Public	Faucet	1.5	1.5	2.0
Service sink	Offices, etc.	Faucet	2.25	2.25	3.0
Shower head	Public	Mixing valve	3.0	3.0	4.0
Shower head	Private	Mixing valve	1.0	1.0	1.4
Urinal	Public	1" flush valve	10.0	—	10.0
Urinal	Public	$\frac{3}{4}$ " flush valve	5.0	—	5.0
Urinal	Public	Flush tank	3.0	—	3.0
Washing machine (8 lbs.) <i>HB</i>	Private	Automatic	1.0	1.0	1.4
Washing machine (8 lbs.)	Public	Automatic	2.25	2.25	3.0
Washing machine (15 lbs.)	Public	Automatic	3.0	3.0	4.0
Water closet	Private	Flush valve	6.0	—	6.0
Water closet	Private	Flush tank	2.2	—	2.2
Water closet	Public	Flush valve	10.0	—	10.0
Water closet	Public	Flush tank	5.0	—	5.0
Water closet	Public or private	Flushometer tank	2.0	—	2.0

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 pound = 0.454 kg.

a. For fixtures not listed, loads should be assumed by comparing the fixture to one listed using water in similar quantities and at similar rates. The assigned loads for fixtures with both hot and cold water supplies are given for separate hot and cold water loads and for total load, the separate hot and cold water loads being three-fourths of the total load for the fixture in each case.

Figura B.2.1 Unidades de accesorio asignadas a piezas sanitarias.

Fuente: Código de Plomería del Estado de Nueva York.

Tabla B.2.1 Relación entre caudal y unidades de accesorio.

Unidades accesorios	Sistemas con tanques de lavado	Sistemas con fluxómetro
	Demanda (l/s)	Demanda (l/s)
6	0,31	-
8	0,41	-
10	0,50	1,70
12	0,58	1,80
14	0,66	1,90
16	0,74	2,00
18	0,81	2,11
20	0,88	2,21
25	1,07	2,40
30	1,26	2,59
35	1,42	2,76
40	1,56	2,93
45	1,70	3,09
50	1,83	2,35
60	2,02	3,47
70	2,21	3,69
80	2,40	3,91
90	2,57	4,09
100	2,74	4,26
120	3,03	4,57
140	3,31	4,89
160	3,60	5,20
180	3,85	5,49
200	4,10	5,77
225	4,42	6,12
250	4,73	6,37
275	5,05	6,66
400	6,62	7,95
500	7,89	8,96
750	10,73	11,23
1000	13,12	
1250	15,14	
1500	16,85	

Continúa

Unidades accesorios	Sistemas con tanques de lavado	Sistemas con fluxómetro
	Demanda (l/s)	Demanda (l/s)
1750	18,55	
2000	20,25	
2250	21,96	
2500	23,66	
2750	25,36	
3000	27,25	
4000	33,12	
5000	37,41	
6000	40,57	
7000	43,22	
8000	45,30	
9000	47,00	
10000	48,52	

Fuente: Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones de Costa Rica 2010.

Anexo B.3 Estimación de pérdida de carga en tubería y accesorios

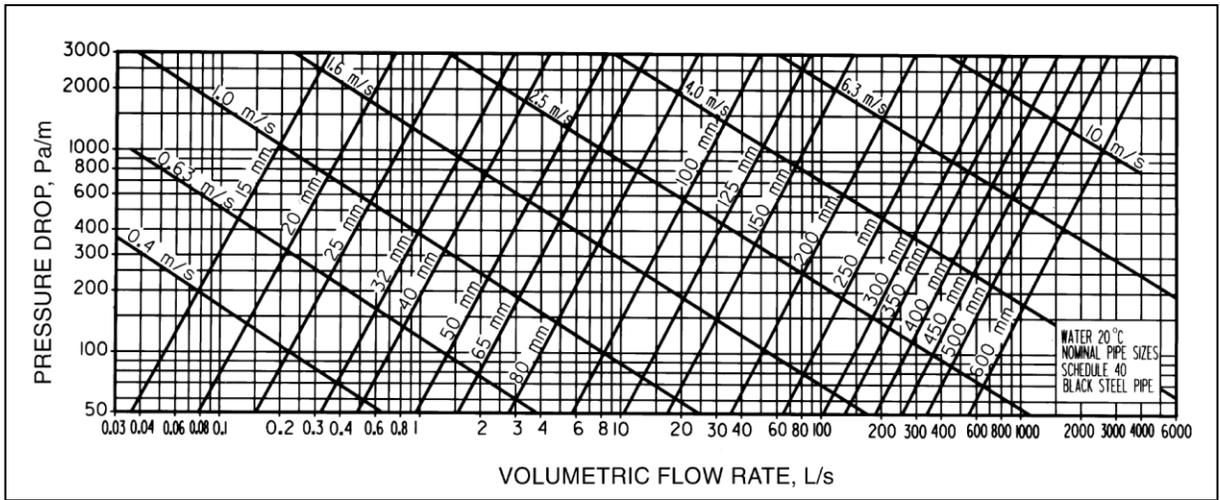


Figura B.3.1 Pérdida de carga por fricción en tubería de hierro negro (cédula 40).

Fuente: 2001 ASHRAE Fundamental Handbook (SI).

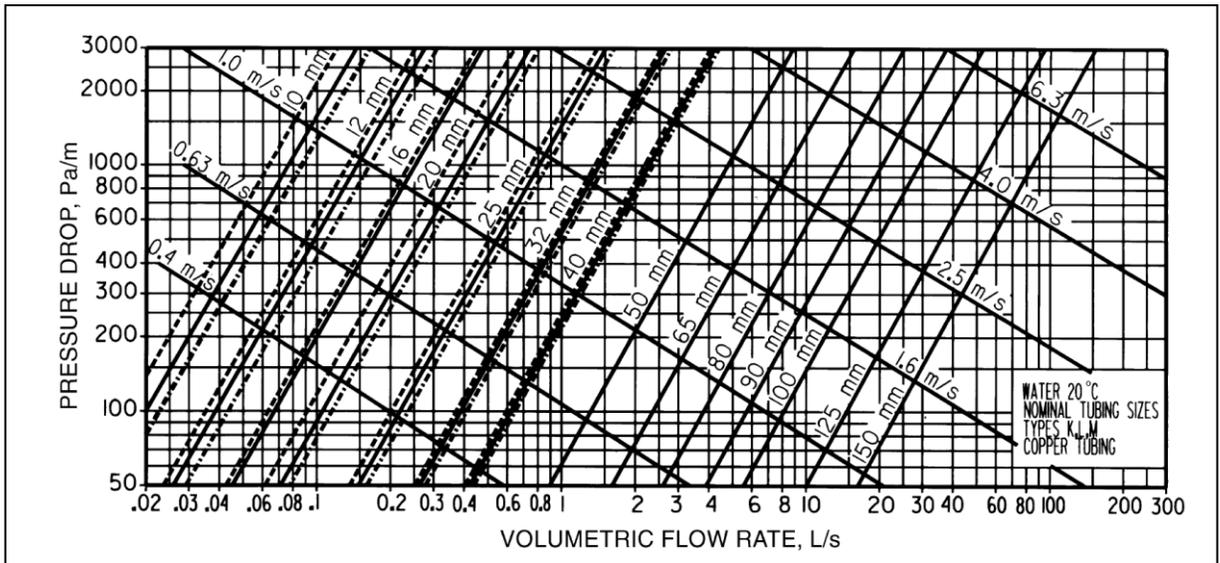


Figura B.3.2 Pérdida de carga por fricción en tubería de cobre tipo K, L, W.

Fuente: 2001 ASHRAE Fundamental Handbook (SI).

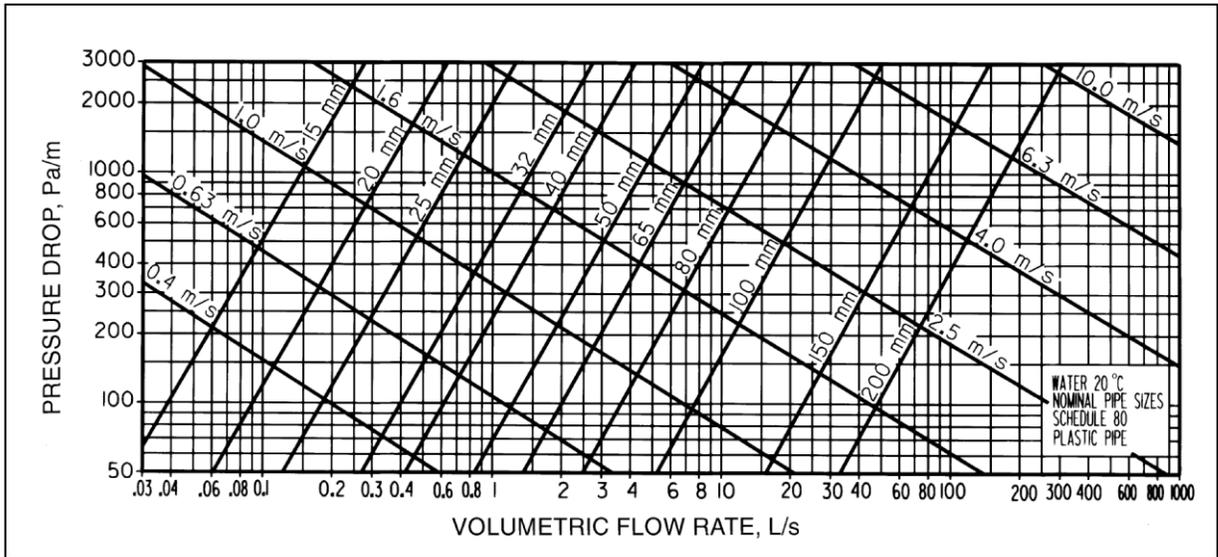


Figura B.3.3 Pérdida de carga por fricción en tubería plástica (cédula 80).

Fuente: 2001 ASHRAE Fundamental Handbook (SI).

Table 8 Equivalent Length in Metres of Pipe for 90° Elbows

Velocity, m/s	Pipe Size, mm													
	15	20	25	32	40	50	65	90	100	125	150	200	250	300
0.33	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	2.0	2.6	3.2	3.7	4.7	5.7	6.8
0.67	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.3	2.9	3.6	4.2	5.3	6.3	7.6
1.00	0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.6	1.9	2.5	3.1	3.8	4.5	5.6	6.8	8.0
1.33	0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.7	2.0	2.5	3.2	4.0	4.6	5.8	7.1	8.4
1.67	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.8	2.1	2.6	3.4	4.1	4.8	6.0	7.4	8.8
2.00	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.8	2.2	2.7	3.5	4.3	5.0	6.2	7.6	9.0
2.35	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.8	3.6	4.4	5.1	6.4	7.8	9.2
2.67	0.5	0.7	0.9	1.3	1.5	1.9	2.3	2.8	3.6	4.5	5.2	6.5	8.0	9.4
3.00	0.5	0.7	0.9	1.3	1.5	1.9	2.3	2.9	3.7	4.5	5.3	6.7	8.1	9.6
3.33	0.5	0.8	0.9	1.3	1.5	1.9	2.4	3.0	3.8	4.6	5.4	6.8	8.2	9.8

Figura B.3.4 Longitud equivalente en metros de tubería para codos de 90°.

Fuente: 2001 ASHRAE Fundamental Handbook (SI).

Fitting	Iron Pipe	Copper Tubing
Elbow, 90°	1.0	1.0
Elbow, 45°	0.7	0.7
Elbow, 90° long-radius	0.5	0.5
Elbow, welded, 90°	0.5	0.5
Reduced coupling	0.4	0.4
Open return bend	1.0	1.0
Angle radiator valve	2.0	3.0
Radiator or convector	3.0	4.0
Boiler or heater	3.0	4.0
Open gate valve	0.5	0.7
Open globe valve	12.0	17.0

Source: Giesecke (1926) and Giesecke and Badgett (1931, 1932a).
^aSee Table 8 for equivalent length of one elbow.

Figura B.3.5 Longitud equivalente en metros de tubería para codos de 90°.

Fuente: 2001 ASHRAE Fundamental Handbook (SI).

Anexo B.4 Información técnica de aspersores.



Figura B.4.1 Catálogo de aspersores VeeJet y FullJet.

Fuente: www.spray.com/cat75/hydraulic/index.html