

CASO DE ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE PML EN UN MATADERO

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El presente caso de estudio ha sido desarrollado en la empresa Procesadora de Carnes (**PROCAR**)¹. Este estudio de caso tiene como objetivo analizar las oportunidades de PML que pueden existir en un matadero de tamaño mediano.

PROCAR cuenta con un total de 53 empleados quienes trabajan en un solo turno durante 26 días laborales todos los meses del año. Se dedica a dar servicio de maquila de matanza de reses y cerdos, cuya producción es destinada al mercado local.

Proceso productivo

PROCAR sacrifica un total de 9834 reses al año con un peso promedio de 300 kg y 1262 cerdos al año con un peso promedio de 70 kg. El proceso de matanza es como sigue:

Matanza: El proceso de matanza se divide en dos etapas: la matanza de reses y la matanza de cerdos. Ambos procesos son aéreos y se unen en la salida de las canales hacia los cuartos de refrigeración. A continuación se describen ambos procesos:

Una vez que los animales son enjuagados en el área de corrales, pasan a las instalaciones de matanza. Antes de entrar, son más humedecidos a través de la aplicación de agua por tuberías aéreas mientras atraviesan el pasadizo previo a las instalaciones de matanza (Faja).

Dentro de la planta de matanza los animales son aturridos, en el caso de las reses éstas se aturden a través de un disparo, mientras los cerdos se aturden con golpes al cráneo. Una vez aturridos se procede al degüelle donde se descarga la mayor cantidad de sangre. En ambos animales, la sangre representa alrededor del 3% del peso total del animal.

Posterior al degüelle se retiran los cachos y patas de la res, y luego se desprende la cabeza, la cual pasa a la limpieza e inspección veterinaria; las patas luego de separar los cascos, se limpian y ya que son consideradas productos comercializables; los cachos y cascos son desechados al botadero municipal.

Los cerdos una vez desangrados pasan al proceso de caldeo, el cual consiste en la inmersión del animal en agua caliente por alrededor de 5 minutos. Este proceso los prepara para la depilación, la cual se hace a través de una máquina depiladora que separa los pelos los cuales son desechados a través del agua residual.

Posterior a dichos pasos, se realiza el corte ventral, tanto para la res y el cerdo; en el caso del cerdo, éste aún posee la cabeza, la cual es retirada al mismo tiempo que se realiza el corte ventral del cerdo y sigue un proceso de tratamiento igual que la cabeza de la res; ambos subproductos son comercializables y pasan a refrigeración para luego su entrega a los dueños de los animales.

El proceso de eviscerado se realiza en ambos animales una vez hecho el corte ventral. Tanto las

¹ Nombre ficticio.

vísceras del cerdo como las de la res, pasan a ser lavados e inspeccionados. Estos elementos comestibles representan el 9% del peso total para el caso de la res y 14 % del peso total para el caso del cerdo. Los elementos no comestibles son desechados, parte de ellos a través del agua residual mientras algunos logran ser recolectados durante el proceso y se entregan a los dueños de los animales. Estos elementos junto con el resto de desechos que salen a lo largo del proceso representan el 6 % del peso de la res y 3% del peso del cerdo.

La piel de la res es retirada una vez eviscerada, la cual representa el 7% del peso total de la res; este proceso no es necesario en el cerdo ya que la presentación "Canal" como es comercializado, mantiene la piel. Las pieles de las reses son entregadas a los dueños, como parte del servicio de maquila.

Posterior al eviscerado, los cerdos y las reses son cortados en Canales, las cuales son luego enjuagadas con abundante agua e inspeccionadas por médicos veterinarios. La presentación final en Canal representa un 75 % de rendimiento en el caso de las reses, mientras en el caso de los cerdos es de 80%. La empresa no cuenta con etapa de deshuese por lo que el producto final son las canales de ambos animales, las cuales pasan a ser refrigeradas para entrega a los dueños.

Características de funcionamiento

Consumo de Agua:

Todas las etapas del proceso se realizan en medio de lavados constantes del animal. Las operaciones de lavado post matanza y previas a la misma son también importantes demandantes de este recurso, así como los lavados de los corrales y los animales previo a la matanza. Se pudo observar que dichas operaciones de lavado no se realizan de arriba hacia debajo de las instalaciones, lo que hace que se dupliquen algunos enjuagues.

El consumo de agua de PROCAR es de 22.7 m³/día, equivalentes 7085.52 m³/año, la cual es bombeada desde un pozo propio. No existe un medidor de agua por lo que no se controla indicadores de agua. Los consumidores principales son las operaciones de lavado durante y post matanza, para las cuales se cuenta con un total de 8 mangueras distribuidas a lo largo de la planta de matanza, las cuales no utilizan reductores de flujo a la salida (ver foto 1).

Además se tienen los siguientes consumidores:

- Operaciones de lavado de vísceras de cerdos y reses.
- Caldeo de los cerdos
- Máquina de lavado de mondongos.
- Separación de cachos y patas.
- Lavamanos.

Además de los consumidores internos a la planta de matanza, se tiene otros consumidores de agua.

El consumo de agua se ve incrementado como consecuencia de fugas, desde el pozo) como en la planta de matanza

Las fugas cuantificadas hasta la fecha son las siguientes:



Foto 1: Manguera sin pistola de presión y descarga de sangre en el efluente.

No. De Fuga	Observación	Volumen (l)	Tiempo (min)
1	área de matanza	5.5	1
2	área de matanza	4	1
3	área de matanza	6	1
4	área de matanza	37.85	1
5	área de matanza	10	1
6	área de mondongo	4	1
7	área de mondongo	18.9	2.15
8	tanque de caldeo	3.15	1
9	Área posterior al depilado	0.105	0.35
10	Fuga en corrales	0.105	0.28
11	Fuga en corrales	12	1

Se estima que estas fugas representan el 70 % del total de fugas presentes en toda la planta de proceso por tuberías y mangueras, a partir del cual se puede estimar el 100 % de fugas en planta de proceso. A este consumo por fugas se debe adicionar una fuga presente en la bomba de alimentación general, la cual se estima por el personal de mantenimiento de máximo el 20% del consumo total que demanda la planta. Cabe señalar que el tanque de alimentación al que bombea la bomba de alimentación general no tiene controlador de nivel.

Costo del agua:

El costo del agua por bombeo y tratamiento es de 10 \$/m³. Este sistema está formado por los siguientes equipos:

Bomba	HP	Horas de trabajo /día	U\$/kWh
Alimentación general	7.5	14	0.097688
Alimentación pozo - planta 1	2	14	0.097688
Alimentación pozo - planta 2	7.5	14	0.097688

Manejo de desechos

A pesar que la característica de ofrecer un servicio de maquila hace que todas las partes resultantes de la res y el cerdo sean entregadas a los dueños de los animales, el manejo durante la matanza ocasiona desechos sólidos que no cuentan con un sistema de retención ni rejillas que evite su descarga por el agua residual, aumentando en gran medida la carga contaminante conservada en las lagunas de oxidación de la empresa, y evitando el buen funcionamiento de las mismas; problema que se ve acrecentado con la no separación de la sangre que también descarga en dichas lagunas.

Consumo de energía:

El consumo de energía eléctrica está dado por los siguientes consumidores:

- Cuartos fríos
- Iluminación
- Calderas

- Bombas
- Tecles y equipos varios
- Servicios auxiliares
- Aires acondicionados

De éstos, los principales consumidores son los cuartos fríos. Las observaciones al respecto del consumo eléctrico son:

- Oportunidad de optimizar el consumo de energía eléctrica a través de la supervisión de la iluminación.
- Optimización del consumo de energía en cuartos fríos a través de la reducción de infiltraciones en puertas y disminución del nivel de humedad.
- Oportunidad de reducir el tiempo de utilización de los cuartos fríos en temporadas de matanza baja.

En cuanto a la energía térmica a través de la generación de vapor, el consumo está dado por lo siguiente:

- Operaciones de Lavados
- Lavado de mondongo
- Caldeo de los cerdos
- Separación de cascotes y cachos

Actualmente ninguna de estas operaciones presenta recuperación de condensado, ya que funcionan a través de intercambiadores de calor abiertos donde se da el contacto directo con el vapor. Las oportunidades de mejora en el aprovechamiento del vapor están dadas por la reducción de fugas en tuberías de distribución y mejora de las condiciones de funcionamiento de la caldera.

REALICE LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES:

- a) Realice los diagramas de flujo del proceso de matanza de reses y matanza de cerdos
- b) Realice el balance de materiales de la matanza de reses y la matanza de cerdos.
- c) Calcule la pérdida por fugas de agua en volumen y en dinero para la empresa, según el balance de agua general que pueda armar según los datos.
- d) Según la descripción de las características de funcionamiento de la empresa, ¿qué buenas prácticas de PML pueden recomendarse a la empresa?
- e) Asumiendo que el 70% del consumo de agua sin fugas ($7,085.52 \text{ m}^3/\text{año}$) son usados para actividades y todas las otras actividades son desarrolladas usando mangueras. ¿Qué opciones de optimización pueden reducir el consumo y cuanto serían los ahorros?

SOLUCIÓN AL CASO DE ESTUDIO EN PROCAR

- Realice los diagramas de flujo del proceso de matanza de reses y matanza de cerdos.
- Realice el balance de materiales de la matanza de reses y la matanza de cerdos.

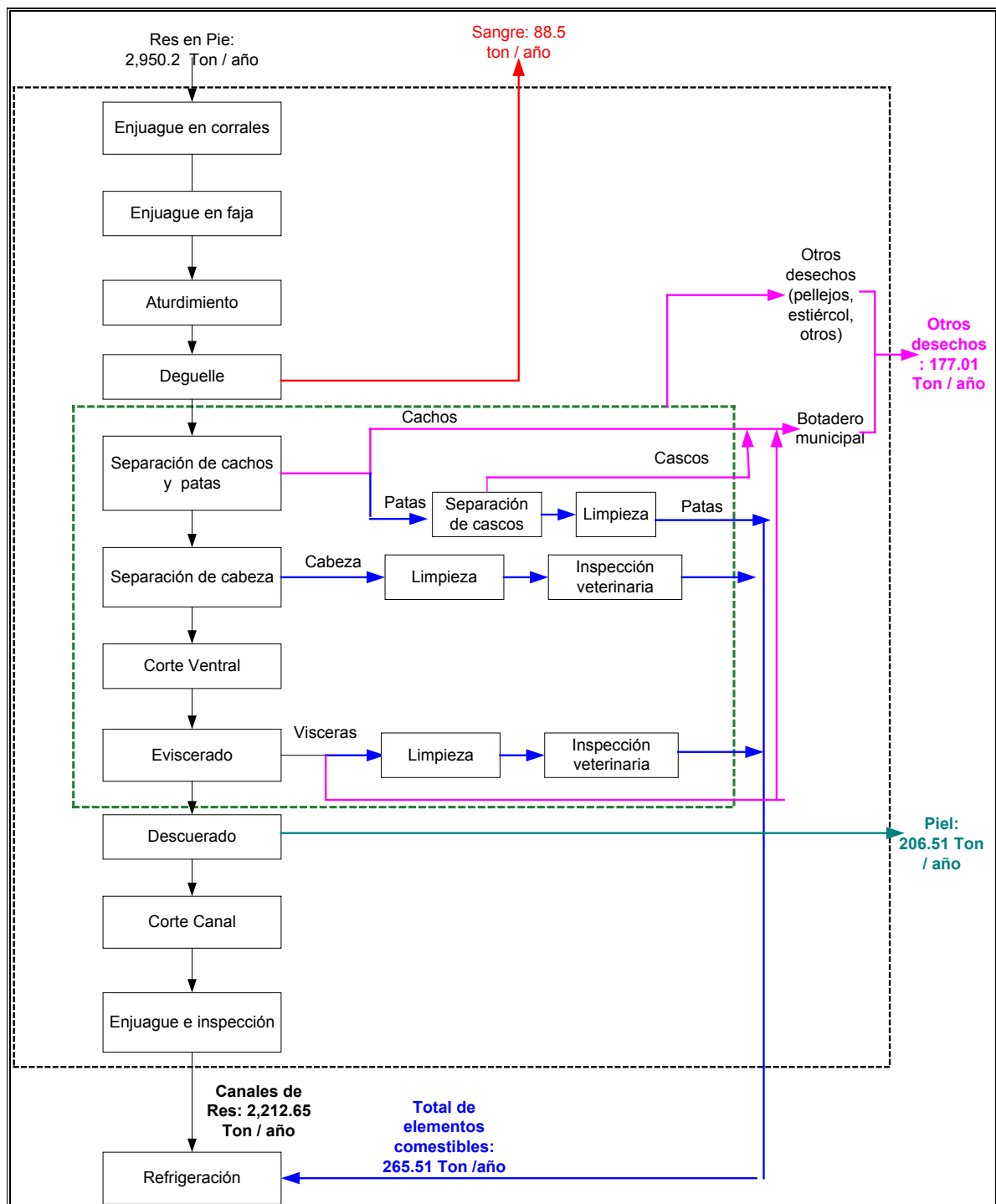
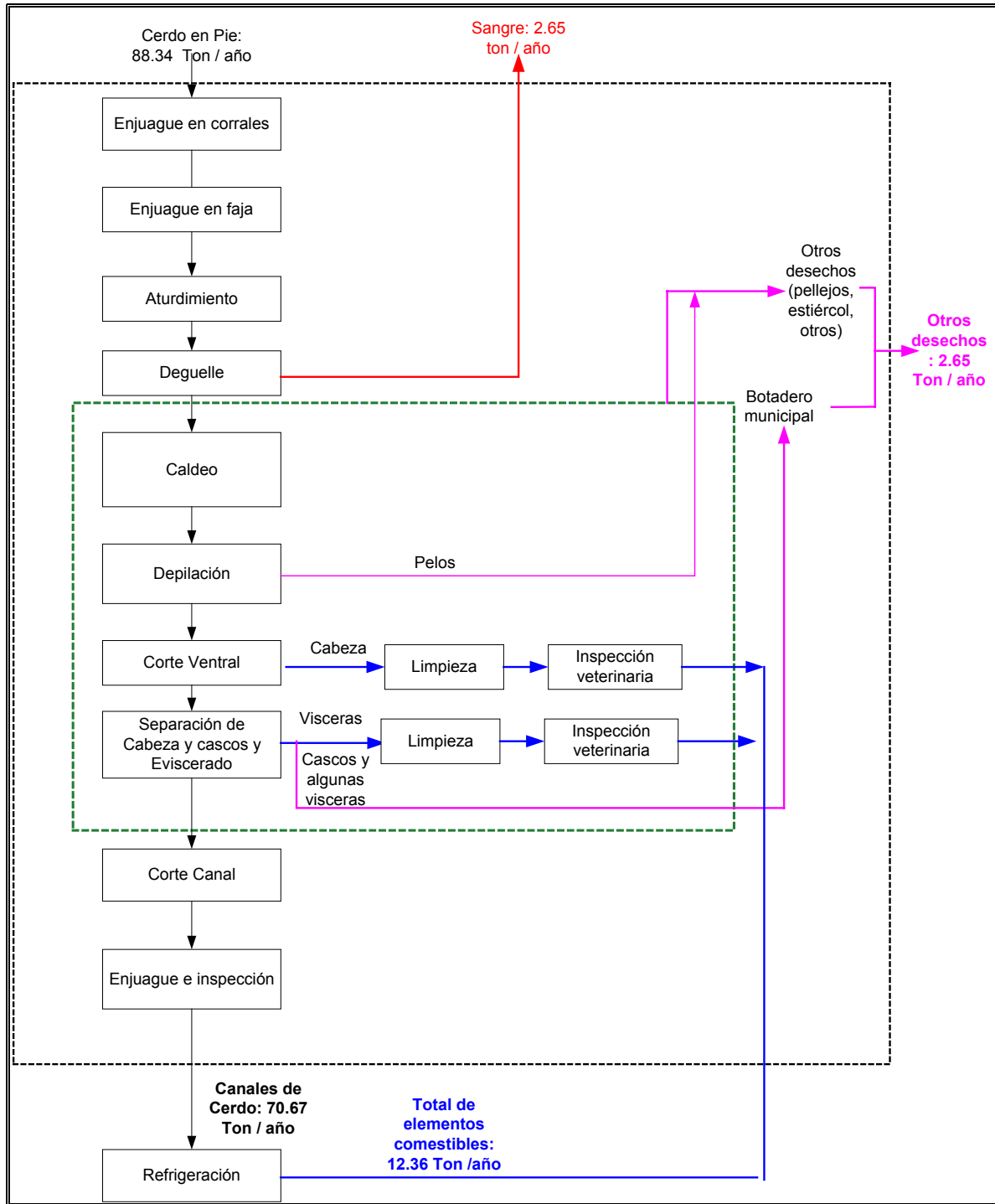


Diagrama de Flujo y Balance de materiales de matanza de Reses



Diagrama

de Flujo y Balance de materiales de la matanza de cerdos.

Resumen del balance de materiales de la matanza de reses:

Entradas	Ton /año	%	Salidas	Ton /año	%
Reses en pie	2950.2	100	Canales	2212.67	75
			Sangre	88.5	3
			Piel	206.51	7
			Elementos comestibles	265.51	9
			Desechos no comestibles	177.01	6
Total	2,950.2	100	Total	2,950.2	100

Resumen del balance de materiales de la matanza de cerdos:

Entradas	Ton /año	%	Salidas	Ton /año	%
Cerdo en pie	88.34	100	Canales	70.67	80
			Sangre	2.5	3
			Elementos comestibles	12.36	14
			Desechos no comestibles	2.65	3
Total	2,950.2	100	Total		100

c) Calcule la pérdida por fugas de agua en volumen y en dinero para la empresa, según el balance de agua general que pueda armar según los datos.

No. De Fuga	Observación	A Volumen (l)	B Tiempo (min)	C = A / B Caudal (l/min)	D ² Tiempo total (min)	E = C * D Consumo (l/día)	F = E / 1000 (consumo (m3/día))	G ³ = F * 26* 12 consumo total (m3/año)
1	Área de matanza	5.5	1	5.5	840	4620	4.62	1441.44
2	Área de matanza	4	1	4	840	3360	3.36	1048.32
3	Área de matanza	6	1	6	840	5040	5.04	1572.48
4	Área de matanza	37.85	1	37.85	840	31794	31.794	9919.728
5	Área de matanza	10	1	10	840	8400	8.4	2620.8
6	Área de mondongo	4	1	4	840	3360	3.36	1048.32
7	Área de mondongo	18.9	2.15	8.7907	840	7384	7.4	2303.87
8	Tanque de caldeo	3.15	1	3.15	840	2646	2.646	825.552
9	Área posterior al depilado	0.105	0.35	0.3	840	252	0.252	78.624
10	Fuga en corrales	0.105	0.28	0.375	840	315	0.315	98.28
11	Fuga en corrales	12	1	12	840	10080	10.08	3144.96
total						77251	77.3	24102.37

² Asumiendo 14 horas de trabajo al día del sistema de bombeo, tal como lo dice el texto.

³ Asumiendo los 26 días laborales al mes por 12 meses, tal como lo dice el texto.

Según la descripción del problema las fugas medidas en la tabla anterior representan el 70 % del total de fugas en la planta de proceso. Para estimar el 100 % se hace una regla de tres, la cual eleva el valor de fugas a **34,431.96 m³/año**.

$$x = \frac{24102.37 \times 100}{70} = 34.431,96$$

El consumo total de la empresa (7085.52 m³/año) más el consumo por fugas, lo que da un valor de 41,514.5 m³/año. Este es la demanda de la planta, lo cual representa el 80 % de lo que actualmente bombea la bomba principal que tiene una fuga del 20%,

$$x = \frac{41,514.5 \times 100}{80} = 51,893.13$$

Esto hace que el total de consumo sea **51893.13 m³/año**, con un total de fugas distribuidas como sigue:

- Fugas por tuberías y mangueras en planta de proceso: 34,431.96 m³/año.
- Fuga en la bomba de alimentación: 10,378.63 m³/año
- **Total de fugas: 44,810.6 m³/año.**

Consumo y costo de energía estimado de las bombas							
Bomba	HP	KW	Horas/día	KWH /día	kWh/año	U\$/kWh	importe U\$/año
Alimentación general	7.5	5.625	14	78.75	24570	0.097688	2400.19
Alimentación pozo - planta 1	2	1.5	14	21	6552	0.097688	640.051
Alimentación pozo - planta 2	7.5	5.625	14	78.75	24570	0.097688	2400.19
Total							5440.43

Considerando que las fugas representan el 86 % del consumo total, se puede decir que la demanda de energía por el sistema de bombeo que es desperdiciado en fugas es de **4,678.8 U\$ / año**.

d) Según la descripción de las características de funcionamiento de la empresa, ¿qué buenas prácticas de PML pueden recomendarse a la empresa?.

- Reparar fugas de agua en tuberías y bombas de alimentación a través de cambio de válvulas y tramos de tuberías muy deterioradas.
- Reparar la bomba de alimentación y analizar la posibilidad de sobre diseño de la bomba de alimentación principal.
- Utilizar pistolas de presión en las mangueras para lavado.

- Utilizar escurridores de piso para la limpieza post matanza para evitar utilizar el agua como medio recolección de desechos. Así mismo utilizar cepillos para la limpieza de corrales
- Instalar un medidor de agua y controlador de nivel en el tanque de almacenamiento.
- Controlar indicadores de consumo de agua y energía.
- Separar la sangre del efluente a través de la construcción de un canal independiente para las norias de degüelle de las dos zonas de matanza.
- Mejorar la hermeticidad de las puertas de los cuartos fríos a través de la revisión de los empaques y la nivelación de las puertas.
- Escurrir los cuartos fríos con escurridores de piso para reducir el nivel de humedad.
- Aprovechar el nivel de iluminación natural.
- Reparar las fugas de vapor y aislar tuberías. Mejorar el aislamiento existente.

a) Uso de pistolas de presión en las mangueras:



El uso de las pistolas de presión en las mangueras de lavado reduce el consumo de agua en un 20%. Esto significa que usando este sistema se puede reducir el consumo en **991,97 m³/year**