



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Influencia de la Combinación de Técnicas de Manufactura en la  
Aceleración del Proceso Curado-Madurado de Jamón de Cerdo  
Blanco (Landrace, Yorkshire y Duroc Jersey)”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN  
(TESIS DE GRADO)**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERAS DE ALIMENTOS**

Presentado por:

**RAISA IRENE KAVIEDEZ HERNÁNDEZ  
MARÍA GABRIELA LOYOLA MATAMOROS**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2014**

## **AGRADECIMIENTO**

Estoy profundamente agradecida con DIOS, porque siempre ha estado a mi lado guiándome y cuidándome. También de manera especial a mi mami y a mi abuelita, dos pilares fuertes en mi vida. A mis tíos y amigos que de alguna manera contribuyeron en mis estudios.

Raisa Kaviedez Hernández.

# DEDICATORIA

A MI PADRE CELESTIAL

A MI MAMI

A LA MAMITA

A MIS HERMANOS

A MIS TIOS

A MIS AMIGOS

A MIS MAESTROS

Raisa Kaviedez Hernández

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por ser el pilar fundamental de mi vida, a mis padres por su apoyo incondicional desde siempre, a mi familia Loyola Matamoros, mis maestros y a todos aquellos que han intervenido para formar a la persona que hoy en día soy.

Gabriela Loyola Matamoros.

# DEDICATORIA

A DIOS Y LA VIRGEN

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ABUELITA PILLA

Gabriela Loyola Matamoros.

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

MSc. Patricio Cáceres C.  
DIRECTOR DEL TFG

---

MSc. Priscila Castillo S.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Raisa I. Kaviedez Hernández

---

María G. Loyola Matamoros

## RESUMEN

El jamón curado es un producto cárnico obtenido a partir del salado, secado y madurado, utilizando la pierna posterior del cerdo. Generalmente la materia prima para su elaboración, proviene de cerdos de raza ibérica, en donde la duración del proceso productivo es de 8 a 24 meses. Debido al gran tiempo que requiere el proceso tradicional de elaboración de jamón curado, se presento la oportunidad de disminuir el tiempo de manufactura de jamón curado y a su vez aumentar la capacidad productiva.

El objetivo de esta trabajo final fue acelerar el proceso de obtención de jamón curado de cerdo blanco (LANDRACE, YORKSHIRE Y DUROC JERSEY), con materia prima ecuatoriana, mediante la inclusión de técnicas de manufactura como: la eliminación de la piel y grasa superficial, deshuesado de las piernas, salado al vacío, empacado al vacío durante el reposo e incremento de la temperatura.

Los resultados de las características físico químicas que se estudiaron indican que el valor de pH fue 6, mientras que el valor de contenido de sal fue 7.77% y la aw se encuentro en 0.85, por lo consiguiente los resultados obtenidos demostraron que no existe diferencia significativa entre el método seguido y el método tradicional.



Las características microbiológicas del producto final estuvieron dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1338, para productos cárnicos curados - madurados. Los resultados obtenidos fueron: ausencia de Salmonella, Clostridium Perfringens con un valor de  $< 1 \times 10^3$  y Staphylococcus Aureus con un valor de  $< 1 \times 10^2$ .

El rendimiento del jamón curado fue del 47%, sin tomar en cuenta la grasa, hueso y piel retirados, cabe recalcar que el rendimiento del jamón curado por el método tradicional oscila entre 55 - 70%, lo que indica que el método tradicional tiene un mayor rendimiento de producto, pero incluye grasa y hueso.

La implementación de estas técnicas redujo el tiempo de elaboración de jamón curado a 4 meses con un producto de características similares a las del mercado actual. A través de la aceleración del proceso se logró duplicar los ciclos productivos/ año a 3 versus los 1.5 ciclos del proceso tradicional, lo que a su vez significa un incremento de la capacidad de producción del 100%.

Se analizó la viabilidad de la implementación de la línea de proceso de elaboración de jamones curados, mediante el análisis de costos, determinación de precio de venta al público y cálculo de utilidades.

Mediante la reducción del tiempo en los ciclos, se dio un ahorro en los costos de producción teniendo una utilidad de 12.42%, la misma que puede incrementarse al 39.3%, si este producto se vendiera a un precio similar del mercado actual.

Al final de este trabajo, se propuso un layout para la implementación de la línea de proceso; Se seleccionaron los equipos y materiales, además, se establecieron condiciones, parámetros de proceso y mano de obra requerida, considerando la capacidad necesaria para satisfacer la demanda del mercado objetivo.

# ÍNDICE GENERAL

	Pag
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	v
ABREVIATURAS.....	vii
SIMBOLOGÍA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. GENERALIDADES.....	4
1.1. Materias primas.....	4
1.2. Proceso tradicional del jamón curado-madurado.....	13
1.3. Mercado local.....	21
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	31
2.1 Técnicas para acelerar el proceso del jamón curado.....	31
2.2 Proceso para la obtención acelerada del jamón curado.....	41
2.3 Corridas experimentales.....	50
2.4 Variables de respuesta.....	64

2.5 Materiales y Métodos.....	84
-------------------------------	----

### **CAPÍTULO 3**

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	90
3.1. Resultados físicos químicos y microbiológicos.....	94
3.2. Formulación.....	103
3.3. Caracterización.....	105

### **CAPÍTULO 4**

4 DISEÑO DEL PROCESO.....	107
4.1 Etapas del proceso.....	108
4.2 Selección de equipos.....	110
4.3 Costos de fabricación.....	112
4.4 Distribución de la planta (Layout).....	121

### **CAPÍTULO 5**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133
--	-----

### **ANEXOS**

### **BIBLIOGRAFÍA**

## ABREVIATURAS

Aw	Actividad de agua
ASPE	Asociación de Porcicultores del Ecuador
cm	Centímetro
cm <sup>3</sup>	Centímetro cubico
D	Coeficiente de difusión
Cma	Concentración equilibrio en el tiempo
Co/Ci	Concentración inicial
Cf /Cm	Concentración final
Desv. Est	Desviación estándar
dc	Dimensión del objeto de la superficie al centro
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EEUU	Estados Unidos
Na	Flujo de difusión
E	Fracción no eliminada
°C	Grados Celsius
g	Gramos
g sal	Gramos sal
h	Hora
HR	Humedad Relativa
IDA	Ingesta Diaria Admisible
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
Kg	Kilogramos
KPa	Kilo Pascal
l	Litros
Max.	Máximo
m <sup>2</sup>	Metros cuadrado
µm	Micrómetros
mg	miligramos
Min.	Mínimo
MNPC	Muy numeroso para contar
NO <sub>3</sub>	Nitrato
E-251	Nitrato sódico

E-252	Nitrato potásico
NO <sub>2</sub>	Nitrito
E-250	Nitrito sódico
E-249	Nitrito potásico
NBV	Nitrógeno Básico Volátil
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
Nº	Número
OMS	Organización Mundial de la Salud
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
DFD	Oscura, Dura y Seca
PSE	Pálida, Blanda y Exudativa
ppm	Partes por millón
P/P	Peso/ peso
C	Piernas d cerdo
LDPE	Polietileno de baja densidad
pH	Potencial de hidrogeno
r	Radio
S	Sal
seg	Segundo
TIR	Tasa interna de retorno
T	Tiempo
tm	Toneladas métricas
UFC	Unidades formadoras de colonias
VAN	Valor neto agregado
rpm	Velocidad de rotación
Vs	Versus

## SIMBOLOGÍA

NaCl	Cloruro de Sodio
$\mu d$	Datos del parámetro
\$	Dólares
$H_i$	Hipótesis alterna
$H_o$	Hipótesis nula
=	Igual
>	Mayor que
<	Menor que
$\geq$	Mayor o igual que
$\leq$	Menor o igual que
$\neq$	No es igual a
#	Número
%	Porcentaje
$p$	Probabilidad de aceptación
$n$	Tamaño de la muestra

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 2.1 Ejemplo de distribución de piernas de cerdo en sistemas de enfriamiento.....	47
Figura 2.2 Corridas experimentales.....	51
Figura 2.3 Etapas de planeación y ejecución de corridas experimentales.....	52
Figura 2.4 Evolución de la temperatura de la cámara.....	57
Figura 2.5 Evolución del pH de las piernas.....	58
Figura 2.6 Evolución del peso de las piernas.....	59
Figura 2.7 Evolución de actividad de agua de las piernas.....	62
Figura 2.8 Acondicionamiento de las piernas de cerdo.....	87
Figura 2.9 Amarrado de las piernas de cerdo antes del salado.....	88
Figura 2.10 Salado de las piernas de cerdo.....	88
Figura 2.11 Empacado de las piernas de cerdo.....	89
Figura 3.1 Gráfica de probabilidad normal para parametro pH.....	95
Figura 3.2 Gráfica de probabilidad normal para parametro contenido de sal.....	97
Figura 3.3 Gráfica de probabilidad normal para parametro rendimiento...	99
Figura 4.1 Flujo del proceso acelerado para la elaboracion de jamón curado.....	109
Figura 4.2 Diseño de planta incluido el flujo de personas y materiales.....	124



## ÍNDICE DE TABLAS

		Pag
Tabla 1	Comparación de atributos de razas de cerdo en Ecuador.....	9
Tabla 2	Especificación de sal de consumo humano.....	10
Tabla 3	Composición de la pierna posterior de cerdo blanco.....	14
Tabla 4	Volumen de importaciones del Ecuador de productos porcinos de acuerdo al país de origen.....	23
Tabla 5	Volumen de importaciones del Ecuador de productos porcinos provenientes de E.E.U.U.....	26
Tabla 6	Segmentación de mercado ecuatoriano.....	28
Tabla 7	Características físico- químicas de la materia prima.....	42
Tabla 8	Condiciones de proceso: etapa de salado.....	44
Tabla 9	Composición de la salmuera.....	45
Tabla 10	Permeabilidad de algunos materiales plástico.....	46
Tabla 11	Condiciones de proceso: etapa de reposo.....	47
Tabla 12	Condiciones de proceso: etapa de secado.....	48
Tabla 13	Condiciones de proceso: etapa de madurado.....	50
Tabla 14	Condiciones de proceso: corrida 1.....	55
Tabla 15	Caracterización del producto final en corrida 1.....	56
Tabla 16	Merma post-acondicionamiento.....	60
Tabla 17	Datos experimentales: etapa de salado.....	68
Tabla 18	Datos para el cálculo de difusión molecular.....	73
Tabla 19	Concentración final de sal (%) y difusividad de la sal en el jamón curado.....	78
Tabla 20	Rendimiento de los Jamones curados.....	79
Tabla 21	Análisis microbiológicos.....	82
Tabla 22	Equipos utilizados para manufacturar el jamón curado.....	85
Tabla 23	Análisis físico- químicos.....	86
Tabla 24	Proceso tradicional vs proceso acelerado.....	91

Tabla 25	pH proceso acelerado vs proceso tradicional.....	96
Tabla 26	Contenido de sal (%) proceso acelerado vs proceso tradicional.....	98
Tabla 27	Rendimiento proceso acelerado vs proceso tradicional.....	100
Tabla 28	Resultados microbiológicos del producto final: Jamón curado.....	103
Tabla 29	Formulación.....	104
Tabla 30	Caracterización de los jamones curados.....	105
Tabla 31	Resultados de análisis de N.B.V en muestras de jamón curado.....	106
Tabla 32	Capacidad requerida en la planta de jamones curados.....	107
Tabla 33	Necesidades y costos de cámaras armario del proceso.....	110
Tabla 34	Necesidades y costo de equipo por área.....	111
Tabla 35	Capacidad de producción de los equipos.....	112
Tabla 36	Costo de mano de obra.....	114
Tabla 37	Costo de materia prima e insumos.....	115
Tabla 38	Inversión estimada para la producción de jamón curado.....	118
Tabla 39	Ingreso mensual estimado para la producción de jamón curado.....	118
Tabla 40	Gastos mensuales estimados para la producción de jamón curado.....	119
Tabla 41	Necesidades de mano de obra.....	129
Tabla 42	Capacidad de la planta.....	130
Tabla 43	Dimensiones iniciales y finales de los departamentos.....	132

# INTRODUCCIÓN

El consumo de jamón curado, sin duda, se ha incrementado en los últimos tiempos en la gastronomía ecuatoriana. Su fácil combinación con distintos alimentos, su buen sabor o su composición lo hacen apto para consumirlo no solo en ocasiones especiales, sino durante el año.

La elaboración de jamón curado pasa por etapas imprescindibles como salado, reposo, secado y madurado. La finalidad de estos procedimientos es conseguir una consistencia sólida y de fácil corte, la coloración roja, un gusto ligeramente salado y la estabilidad del producto a temperatura ambiente. La manufactura de este producto único en su especie, requiere de 8 a 24 meses, para obtener un producto final de mayor calidad.

En el capítulo 1 se detallan las materias primas empleadas para la elaboración de jamón curado, se describe el proceso tradicional de elaboración de este producto, además del mercado local: oferta y demanda.

En el capítulo 2 se estudiará la posibilidad de desarrollar un proceso que permita obtener un jamón curado en menor tiempo y con características similares al tradicional. Para ello se describen técnicas cárnicas usadas para

la aceleración del proceso de curado y se establecen las condiciones y parámetros necesarios para elaborar un jamón curado a corto plazo, se analiza y modifica técnicas cárnicas actuales, las mismas que permitirán reducir el tiempo de proceso en cada etapa y como resultado obtener un producto competitivo en un tiempo estimado de 4 a 5 meses.

En cada etapa del proceso se incluirá al menos un método para optimizar la producción, siendo las más relevantes: la selección y acondicionamiento de la materia prima, combinación de técnicas de salado, empacado al vacío durante el reposo y modificación del parámetro temperatura.

Se seleccionarán variables de respuesta como: rendimiento, flora microbiana y parámetros fisicoquímicos, para evaluar si las pruebas realizadas para acelerar el proceso de curado producen cambios significativos sobre las mismas.

Con el desarrollo de la metodología de trabajo, en el capítulo 3 se analizarán los resultados obtenidos.

En el capítulo 4 se plantea un diseño de la línea de proceso acelerado de jamón curado, además se analizarán los costos de fabricación para determinar un P.V.P, utilidad y la potencial rentabilidad.

Finalmente en el capítulo 5 se darán las oportunas conclusiones y recomendaciones del proceso propuesto.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Materias Primas

#### **Carne de porcino.**

La carne de porcino es la parte comestible de los músculos del cerdo, comprendiendo todos los tejidos blandos que rodean al esqueleto, incluyendo: grasa, tendones, vasos, nervios y huesos propios de cada corte.

El porcino está categorizado entre los animales que más eficientemente producen carne comestible, por su corto ciclo reproductivo y gran capacidad transformadora de nutrientes.

La carne de cerdo se distingue también por su alto contenido de grasa intermuscular e intramuscular. En productos cárnicos, la grasa intramuscular confiere una ventaja en el aprovechamiento de productos procesados y madurados (GonzálezPlacencia, 2011).

La composición de la carne de cerdo contiene aproximadamente 72% de agua, 20% de proteínas, 8% de grasa y sustancias solubles no proteicas; entre estas últimas, se encuentra sustancias nitrogenadas, hidratos de carbono, minerales (potasio, sodio, hierro) y vitaminas (principalmente complejo B) (J.Escuder, 2008). El valor nutritivo de la carne de cerdo, lo señala como uno de los alimentos más completos para satisfacer las necesidades del hombre.

Cambios en la crianza y alimentación ha mejorado la calidad de la carne de cerdo en los recientes años, ofreciendo actualmente 31% menos grasa, 14% menos calorías y 10% menos colesterol en relación al cerdo producido hace 10 años (UniversoPorcino, 2005).

### **Razas de cerdo.**

Existen cerca de 100 razas porcinas domésticas identificadas, por este motivo se han dividido a los cerdos en 3 grupos:

1. Asiáticos: Derivados del *Sus vitatus*, razas originarias de China e Indonesia.
2. Mediterráneos (Ibérico): Derivados del *Sus mediterraneus*, razas originarios del Mediterráneo.
3. Nórdicos: Derivados del *Sus scrofa ferus*, razas originarias del centro y norte de Europa (INFOAGRO, 2011).

### **Razas de cerdo en Ecuador.**

La mayoría de los cerdos existentes en Ecuador son de procedencia extranjera, debido a su superioridad en producción de contenido cárnico. Las razas encontradas en el país son: cerdo criollo de Ecuador (origen Ibérico), Duroc Jersey (EEUU), Hampshire (EEUU), Landrace (Dinamarca), Yorkshire (Inglaterra) y Pietran (original de Inglaterra, mejorado en Bélgica) (FAO, 2010).

- Cerdo criollo. Son cerdos fuertes, rústicos y aprovechan recursos locales tanto en alimentación como en instalaciones. Esta raza presenta alto contenido graso debido a su alimentación, sin embargo soporta mejor el calor y la humedad que las razas importadas.
- El cerdo criollo de Ecuador está genéticamente asociado a los cerdos Ibéricos reconocidos por su prolificidad, sin embargo, las condiciones de su crianza reducen este atributo; por lo mencionado, la introducción de cerdos productores de carne y reproductores han desplazado al cerdo criollo a segundo plano (GonzálezPlacencia, 2011).



- Yorkshire. Son cerdos que presentan gran adaptabilidad, aunque no son tan rústicos como otras razas como el Criollo y el Duroc. Esta raza se especializa en la producción de carne y de bajo contenido graso, rindiendo entre el 53 y 54 % de carne con respecto a su peso total. Por sus altos rendimientos productivos y prolíficos se la clasifica como raza orientada hacia la maternidad, al igual que la raza Landrace.
- Landrace. Esta fue la primera raza mejorada mediante métodos científicos, ofreciendo productividad, carnes magras y alta maternidad (denominada por ello como una raza mixta). A pesar de presentar una buena adaptación al medio, especialmente en los climas fríos, su largo cuerpo dificulta su caminar. Esta raza es utilizada en la industria cárnica por su buen rendimiento.
- Duroc Jersey. Son cerdos que asimilan alimentos con mayor eficiencia que otras razas, logrando una relativa buena producción de carne pero menor a la raza Landrace, ya que presentan un alto contenido graso. Además, poseen buena adaptabilidad al clima cálido, resisten mejor las enfermedades y son prolíficos.

- Hampshire. Fue la primera raza porcina orientada a la producción de carne sin grasa o con moderada grasa intramuscular. Son cerdos de gran talla y con buena adaptabilidad, pero con menos resistencia al calor que los Duroc Jersey y de baja prolificidad. Esta raza presenta mayor acidificación en sus músculos, lo que provoca que pierda más del doble de agua de lo normal durante la cocción, disminuyendo el rendimiento en la producción de productos cárnicos.
- Pietrain. Es considerada una de las razas más musculosas del mundo, presentan buenas cualidades como raza paterna, ya que provee a su descendencia un elevado porcentaje de carne magra. Sin embargo, los Pietrain presentan malas tasas de crecimiento después de los 75kg, baja prolificidad y frecuentemente carnes PSE (pálidas, blandas y exudativas). Por tanto, es una raza para ser comercializada como producto fresco.

La Tabla 1 resume los principales atributos de las razas existentes en el Ecuador.

**TABLA 1**  
**COMPARACIÓN DE ATRIBUTOS DE RAZAS DE CERDO**  
**EN ECUADOR**

Atributo Raza	Rendimiento de carne	Contenido Graso	Prolificidad	Adaptabilidad
<b>Criollo Ecuatoriano</b>	Bajo	Alto	Baja	Alta
<b>Yorkshire</b>	Alto	Bajo	Alta	Media
<b>Landrace</b>	Alto	Bajo	Alta	Media
<b>Duroc Jersey</b>	Medio	Alto	Alta	Alta
<b>Hampshire</b>	Bajo	Bajo	Baja	Media
<b>Pietrain</b>	Bajo	Bajo	Baja	Baja

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### **Sal o Cloruro de Sodio (NaCl).**

La sal o cloruro de sodio es un compuesto químico de minerales granulados, con forma cristalina, color blanca, inodora, sabor salino-franco y soluble en agua, véase Tabla 2 (BarrerasLopez, 2007) (DurandPaule, 2002) (NTE57, 2007).

Su principal uso en la industria alimentaria es como agente conservador, saborizante y como aditivo en el procesamiento de alimentos.

**TABLA 2**  
**ESPECIFICACIÓN DE SAL DE CONSUMO HUMANO**

Requisitos	Sal yodada	
	Min.	Max.
Humedad %	-	0.5
Sustancia deshidratante %	-	2.0
Cloruro de sodio, NaCl %	98.5	-
Residuo insoluble%		0.3
Yodo, I mg/kg	-	40
Flúor, F mg/kg	20	-
Calcio, Ca mg/kg	-	1000
Magnesio, Mg mg/kg	-	1000
Sulfato, SO <sub>4</sub> mg/kg	-	6000

Fuente: NTE INEN 57:2010, 3era revisión

### **Penetración de la Sal**

La granulometría de la sal no influencia sobre la tecnología utilizada en los productos, excepto cuando su aplicación es por acción mecánica, es decir, frotación de los cristales sobre la carne. Esto se debe a que la sal actúa, luego de su disolución, en fracción acuosa.

La penetración de la sal en la masa cárnica es lenta, alrededor de 2cm en 24 horas a 3°C, en salmuera de 200g/l (DurandPaule, 2002). La velocidad de penetración aumenta a medida que aumenta la temperatura, pero por normas de higiene, las temperaturas de trabajo deben oscilar entre 3 y 6°C. Es importante recalcar que por

debajo de estas temperaturas la sal prácticamente no penetra, y por encima existe el riesgo de desarrollo microbiano en carnes crudas.

### **Sales de Curado.**

Las sales de curado son el cloruro sódico, nitratos y nitritos, estos ingredientes influyen en el color, aroma, textura (nitratos y nitritos), sensibilidad al crecimiento microbiano (GENMIC, 2008) y a la estabilidad anti oxidativa de los productos cárnicos curados (cloruro de sodio y nitritos) (AlmudenaAntón, 2001). En pocas palabras, son los ingredientes fundamentales del salado.

A las concentraciones y bajo las condiciones corrientemente utilizadas (0.04% - 10% en salazones), los agentes de curado no causan una destrucción microbiana rápida, sino que retrasan o previenen el desarrollo de microorganismos perjudiciales, en los productos sin tratar con calor. En los productos tratados térmicamente, evitan el desarrollo de esporas sobrevivientes; otro efecto del uso, es el descenso del valor de la actividad de agua (GENMIC, 2008).

### **Nitritos y Nitratos.**

Los nitratos y nitritos son compuestos iónicos muy solubles en agua, encontrados en productos cárnicos, leche y derivados, cereales, bebidas alcohólicas y verduras. Generalmente se utiliza el nitrato potásico y el nitrito sódico, en cantidades mínimas, inferiores a 10mg/kg, y rara vez exceden los 100mg/kg (AlmudenaAntón, 2001) (NACAMEH, 2008) (UsonRafael, 1987).

- El nitrato ( $\text{NO}_3$ ) se emplea principalmente en la industria de los fertilizantes, también como conservante en productos cárnicos curados (E-251 nitrato sódico, E-252 nitrato potásico), siendo fuente de reserva del nitrito (NACAMEH, 2008). La dosis de utilización habitual para la industria cárnica es de 0.2 a 0.4g/kg de mezcla.

El color de curado (rojo oscuro) que otorga este ingrediente, se forma por una reacción química entre el pigmento de la carne, la mioglobina, y el ión nitrito, dando origen al compuesto nitrosohemoglobina (Chizzolini, 1993) (GutierrezJosé, 2008).

- La Ingesta Diaria Admisible (IDA) de nitratos, recomendada por el comité de la FAO/OMS, es de 0- 0.37 mg/kg del peso corporal (AlmudenaAntón, 2001).

- El nitrito ( $\text{NO}_2$ ), es oxidado con facilidad a nitrato por acción química o biológica. Se emplea como aditivo alimentario (E-250 nitrito sódico, E-249 nitrito potásico), especialmente en carnes curadas. La concentración de nitrito sódico en salazones es 25g/kg máximo, dependiendo del tratamiento que se dé y del tipo de carne (GENMIC, 2008).

Este ingrediente es un potente inhibidor de crecimiento del *Clostridium Botulinum*. Una dosis de entre 0.1 y 1 millonésima de gramo de la toxina producida por este microorganismo puede causar la muerte de un ser humano (MilkScience, 2011).

- La IDA de nitritos es 0 a 0.06mg/kg del peso corporal (AlmudenaAntón, 2001).

## **1.2. Proceso Tradicional del Jamón Curado-Madurado**

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN 1338:2010, las carnes curadas-maduradas son productos sometidos a la acción de sales curantes, permitidas, madurados por fermentación o acidificación y que luego pueden ser cocidos, ahumados o secados (INEN1338, 2010).

El jamón curado es un producto cárnico, de la extremidad posterior del cerdo, perteneciente al grupo de salazones cárnicas. Definido como carnes y productos de especie no picados, sometidos a la

acción de sales curantes permitidas, en forma sólida o salmuera, que garantice su conservación para el consumo.

### **Composición y estructura.**

La pierna de cerdo la componen los huesos (coxal, fémur, rótula, tibia, peroné, tarso, metatarso y falange), las masas musculares y la grasa subcutánea de cobertura.

La composición de la pierna posterior de carne de cerdo blanco (Véase Tabla 3) es variable en función de la raza, sexo, edad y estado de engrasamiento (FilibertoSanchez, 2005).

**TABLA 3**  
**COMPOSICIÓN DE LA PIERNA POSTERIOR DE CERDO**  
**BLANCO**

<b>Estructura</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Músculo</b>	63
<b>Grasa de cobertura</b>	21
<b>Hueso</b>	8
<b>Grasa intramuscular</b>	4
<b>Piel</b>	3
<b>Arterias, venas y ganglios</b>	1

Fuente: Modificaciones tecnológicas para mejorar la seguridad y calidad del jamón curado. Filiberto Sánchez Molinero. 2005.



### **Proceso tradicional de fabricación del jamón curado.**

A pesar de que la elaboración del jamón curado se basa en procesos tradicionales, la producción de jamón es, en su mayoría, industrializada. Las etapas del proceso de elaboración comprenden la selección y preparación de la materia prima, salado, lavado, reposo o post-salado, secado y maduración (LauraGarcía, 2011).

Existe variedad de tipos de jamones curados debido a la procedencia de la materia prima (carne de cerdo) y métodos de fabricación. A pesar de las diferencias, su manufactura se basa fundamentalmente en:

- Estabilización de la materia prima.

Corresponden las etapas de recepción, salado, lavado y reposo, cuyo objetivo principal es transformar un producto perecedero a uno estable a temperatura ambiente (LauraGarcía, 2011).

- Desarrollo de características sensoriales.

Las etapas de secado y maduración son las responsables de las transformaciones proteicas y lipídicas, reacciones enzimáticas que otorgan características sensoriales, compuestos sápidos y aromáticos propios del jamón curado (FilibertoSanchez, 2005).

### **Recepción, sangrado y perfilado de la materia prima.**

Para dar inicio al proceso de curado, la carne debe haber sufrido el rigor mortis (2 a 6 horas luego del sacrificio) (BarrerasLopez, 2007), así mismo, es necesario considerar los siguientes factores:

1. Raza, edad y alimentación del cerdo. Estos factores influyen directamente en la composición y calidad de la carne, como es la cantidad de grasa presente, que conjunto al peso de la pierna, determinarán el tiempo de proceso (LauraGarcía, 2011).
2. Determinación de carnes DFD (oscura, dura y seca) y PSE (pálida, blanda y exudativa).

La carne DFD (pH >6.2) es más susceptible al deterioro por microorganismos. Mientras que la carne PSE (pH <5.5) representa un obstáculo en la calidad final del producto, por la excesiva pérdida de agua y absorción de sal. El pH de la carne no debe ser mayor a 6.2 (BarrerasLopez, 2007).

Los jamones con pH elevado presentan mala aptitud para captar la sal y la reducción de nitrito a óxido nitroso es limitada. El riesgo de deterioro es mayor en estos jamones, debido a que la proliferación microbiana es favorecida por el elevado pH, volviéndolos no aptos para el consumo (J.Arnaú, 1987).

Así mismo, trabajar con carnes PSE no presenta objeciones, desde los puntos de vista de idoneidad tecnológica y capacidad de conservación, al tener un pH bajo se excluye a la flora microbiana indeseable sensible al ácido. Sin embargo, los jamones curados preparados con este tipo de carne tienen un aspecto reseco, muy pálido y poco atractivo para el consumidor (J.Arnau, 1987) (WernerFrey, 1983).

3. Presencia de hematomas. Este es un indicador de malas prácticas post-sacrificio, fuente de microorganismos y la posible fractura de hueso del animal, causando el deterioro en partes internas de la carne por microorganismos (LauraGarcía, 2011).

Es muy importante no perder la cadena de frío, una vez sacrificado el animal. Luego de la selección de la carne de cerdo, se procede al sangrado de la pierna, para eliminar la sangre restante que pudiera alterar el jamón en las siguientes etapas del proceso.

La limpieza de la carne y el corte o perfilado, son las últimas fases de esta etapa, en la que se elimina la grasa externa excedente y se le da la forma característica en "V" del jamón curado (FilibertoSanchez, 2005).

**Salado.**

El objetivo de esta etapa es la incorporación de sal (NaCl), sales de curado (nitritos y nitratos) y coadyudantes (ácido ascórbico, azúcares), en caso de ser necesario, en la carne para inhibir los microorganismos. La aplicación de estos compuestos es por frotación externa. La dosis de utilización de sal oscila entre 35 a 90g/kg de carne fresca y una salmuera entre 8 al 10%, expresada en peso/peso (RicardoGracia, 2009). Se adiciona, aproximadamente, la misma cantidad de sal que se desea en el producto final a nivel del músculo.

Los jamones son apilados intercalando sal entre una pila de jamón y otra y cubriendo los espacios restantes con sal; la altura de las pilas es entre 5 y 8 jamones máximo.

Esta etapa se realiza en cámaras de salado refrigeradas de 3 a 6°C y humedad relativa superior al 75%. El tiempo de permanencia en salazón está dado por el peso del jamón, específicamente, entre 1 día a 1 día y medio por kilogramo de jamón fresco para alcanzar de 2 a 3% de sal en el jamón, al final de esta etapa. Las mermas en esta etapa son del 3 al 7% y la pérdida de agua es del 6 al 10% (FilibertoSanchez, 2005).

**Lavado.**

Transcurrido el tiempo de salado, las piernas de cerdos son lavadas con agua potable y fría para eliminar el exceso de sal superficial. En algunos casos es necesario el uso de cepillos para quitar cualquier formación de costras, posteriormente son escurridas (SandraGonzales, 2007). Es muy importante utilizar agua fría, no mayor a 5°C, para evitar daños en la carne.

**Reposo.**

El objetivo de esta etapa es la repartición homogénea de sal hasta el interior de la pierna e inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables. Los jamones se cuelgan del extremo dorsal, evitando el contacto entre ellos, para permitir la circulación de aire.

En esta etapa, los jamones permanecerán a una temperatura no mayor a 6°C y humedad relativa entre 70% a 95%, hasta alcanzar una actividad de agua de 0.96 e incrementando la concentración de sal en la carne del 2-3% a 3-5%. El tiempo de permanencia en las cámaras comprende de 1 a 3 meses, obteniendo mermas alrededor del 10 al 15% (BarrerasLopez, 2007) (FilibertoSanchez, 2005) (SandraGonzales, 2007).

## **Secado**

Luego que los jamones pasan la etapa de reposo, lavados o no, se trasladan a los secaderos, donde las temperaturas en los primeros meses de secado son bajas, siendo de 8-14°C. Se aumenta progresivamente la temperatura hasta un máximo de 18°C (SEM, 2007) y la humedad relativa varía entre 75% a 70%, en un tiempo mínimo de 70 a 90 días máximo. Este aumento debe estar ligado a la actividad de agua en los distintos puntos del jamón (JorgePaez, 2012).

La finalidad del secado es conseguir la reducción de la actividad de agua con valores inferiores a 0.87, creando un ambiente en donde el crecimiento de microorganismo se vea limitado (BarrerasLopez, 2007) y se intensifiquen los procesos hidrolíticos, proteólisis y lipólisis.

Al final de esta etapa los jamones tienen una merma del 25% de su peso inicial (SEM, 2007).

## **Maduración.**

En esta fase del proceso se produce la fusión de la grasa del jamón, característica típica y deseable, reteniendo la mayoría de los

compuestos responsables del aroma propio del jamón. La temperatura en esta etapa es entre 16 a 22°C y la humedad relativa de 70% a 65%, en un tiempo de 90 a 120 días (BarrerasLopez, 2007).

La merma al final de esta etapa varía del 30% hasta un máximo del 45% respecto a su peso inicial, de acuerdo al tipo de procesamiento y tiempo de curación al que haya sido sometido, así mismo, la concentración de sal aumenta de un 5 a 7% (SEM, 2007).

### **1.3. Mercado Local.**

#### **Producción de carne porcina en el Ecuador.**

##### **Población porcícola.**

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la población total de cerdos en el país es de 1.8 millones cabezas, registradas hasta el año 2011. El 64.6% del total está localizada en la Sierra, el 29.8% en la Costa y en la región Amazónica el 4.9%.

En Santo Domingo se encuentra el mayor número de cabezas de ganado porcino, seguido por Manabí y Chimborazo.

El 79% de la población porcina es de raza criolla, el 19% mestiza y el 2% razas puras. La explotación, en su mayoría, es de tipo

tradicional y llevada por pequeños productores (INEC Encuesta, 2011) (Jorge Paez, 2012).

### **Consumo per-cápita de carne de cerdo**

El consumo de carne de cerdo ocupa el tercer puesto en el país, siendo consumida en mayor proporción la carne de res y de pollo.

El consumo per-cápita de carne de cerdo es de 8.5 kg/habitante anual, hasta el 2011 (Adriana Muñoz, 2010).

### **Demanda de carne porcina**

En el 2011 la producción de carne porcina llegó a 104,000 tm, lo cual no abasteció la demanda interna del país, debido a que la disponibilidad per-cápita de carne de cerdo se situó en 7.3kg/habitante/año. Como consecuencia, en el año 2012 se importaron 17,000tm de productos porcinos para satisfacer la demanda, entre estos: carne congelada, tocino, vísceras y productos procesados provenientes del Perú, Chile y Brasil para ser destinados a industrias cárnicas y hoteles, según ASPE (Asociación de Porcicultores del Ecuador) (Jorge Paez, 2012).



### Productos porcinos importados al Ecuador

Los principales países proveedores de productos porcinos al mercado ecuatoriano son Chile y Estados Unidos. Según el Banco Central, hasta agosto de 2007, el Ecuador importó \$288 mil, de los cuales el 47% provino de los Estados Unidos y el 43%, de Chile (ASPE, 2004). Mayor información del volumen de productos cárnicos que Ecuador importa de diferentes países se detalla en la Tabla 4.

**TABLA 4**  
**VOLUMEN DE IMPORTACIONES DEL ECUADOR DE**  
**PRODUCTOS PORCINOS DE ACUERDO AL PAÍS DE ORIGEN**

Participación porcentual en volumen (%)					
País \ Año	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Canadá</b>	-	-	0.2	5.8	5.2
<b>Chile</b>	97.1	89.8	94.6	85.1	83.5
<b>Colombia</b>	-	-	-	-	0.6
<b>España</b>	0.1	0.6	0.5	0.4	0.8
<b>E.E.U.U.</b>	2.7	8.8	4.1	8.0	9.2
<b>Italia</b>	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
<b>Perú</b>	-	0.7	0.5	0.5	0.6
<b>Total</b>	100	100	100	100	100

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Fuente: Banco Central del Ecuador

Como se observa en la Tabla 4, hasta el año 2003 Chile lideraba, en volumen, las importaciones de productos cárnicos. También se aprecia la introducción de nuevos países al mercado ecuatoriano como son Canadá desde el año 2001 y Colombia desde el año 2003.

### **Mercado del Jamón Curado en el Ecuador**

No es posible conocer de manera exacta el tamaño del mercado de jamón curado en el país, ni su evolución en los últimos años, ya que actualmente no existen datos sobre la producción nacional. No obstante, se puede hacer una estimación de la misma a partir de su clasificación, en Ecuador el jamón curado pertenece a la categoría de los “Productos cárnicos curados-madurados” y su producción anual es menor al 6% de la producción de carne de cerdo.

En el país funcionan más de 300 fábricas de carnes y embutidos, de las cuales solo 30 están legalmente constituidas (PROCHILE, 2007).

La mortadela y las salchichas generan la mayor demanda de embutidos, con el 75% de la producción nacional, seguido por el chorizo con 14%, jamón con 5% y el 6% restante pertenece a otras presentaciones (PROCHILE, 2007).

## **Demanda**

El aumento de la demanda de productos cárnicos no tradicionales en Ecuador se debe a los siguientes factores detectados:

- El consumo de embutidos, está ligado al aumento de comida rápida y pre-cocida, que antes no eran común en Ecuador.
- La preferencia está vinculada al fenómeno migratorio. Por ejemplo: El aumento de migraciones hacia Europa, han incluido nuevos hábitos alimenticios q la sociedad ecuatoriana, como la preferencia de consumir embutidos de alta calidad, situándose los productos curados.
- Aumento en el consumo de embutidos gourmet. En los últimos años, la carne y productos secos o salados de origen porcino son los que en mayor medida se han importado al Ecuador, tanto en volumen como en valor. Para el año 2003, representaron el 45% del volumen total de productos porcícola importados y el 72.6% del valor (ASPE, 2004).

La Tabla 5 de detalla los diferentes productos cárnicos, de origen porcino, que el Ecuador importa de Estados Unidos, entre estos productos secos-salados.

**TABLA 5**  
**VOLUMEN DE IMPORTACIONES DEL ECUADOR DE PRODUCTOS**  
**PORCINOS PROVENIENTES DE E.E.U.U**

Participación en volumen de las importaciones (%)				
Año	2000	2001	2002	2003
Producto				
Carne de cerdo fresco	-	-	4.9	12.6
Carne de cerdo congelada	8.5	10.0	18.9	3.3
Despojos congelados de cerdo	22.2	21.0	9.7	-
Tocino sin parte magras	-	-	-	2.3
Carnes y productos secos o salados	17.5	45.2	50.8	45.0
Grasas de cerdo	13.4	4.9	15.7	36.8
Embutidos	38.4	18.8	-	-
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Fuente: INEC,2012

### Oferta

En el Ecuador el fabricante más grande de jamón curado se localiza la región Sierra, ofreciendo su producto, desde el año 2011, en los supermercados más grandes del país (INEC, 2012). Se trata de un jamón curado por 16 meses, cuya vida útil es de 9 y 6 meses para la pierna entera deshuesada y lonchas respectivamente. El precio de venta al público de este producto es de \$43.21 el kilo.

Existen otros productores, en menor escala y en su mayoría artesanales, ubicados en la Sierra del país.

A pesar de la baja producción de jamón curado en el Ecuador, cada vez son más los restaurantes/ cafeterías de nivel medio que ofrecen en sus menús este producto.

El jamón serrano importado, de procedencia italiana o española, tiene mayor apreciación por los consumidores de estrato socioeconómico alto. El precio de venta al público oscila entre \$40 y \$52 el kilo.

### **Mercado objetivo**

Por el alto precio del kilo de jamón curado, este producto es dirigido a un segmento limitado del mercado y a estratos socioeconómicos del grupo A y B, de acuerdo a las estadísticas señaladas por el INEC en la encuesta del 2011 (INEC, 2011). La tabla 6 especifica el mercado al cual se enfoca la tesis.

Tomando en cuenta el consumo per cápita de carne de cerdo del 2011 se puede estimar el consumo de jamones curados en 14.68 ton. La producción de la planta en base al consumo del país estimado será del 4.34% del mercado nacional, este mercado puede crecer debido al cierre de importaciones decretadas por el

gobierno actual, por la cual la planta podría duplicar la capacidad de producción con una inversión similar a la propuesta en esta tesis.

**TABLA 6**  
**SEGMENTACIÓN DE MERCADO ECUATORIANO**

<b>Variable</b>	<b>Segmento</b>	<b>Valor</b>
<b>Ciudades de mayor densidad poblacional (Principal Mercado)</b>	- Guayaquil: 17% - Quito: 16% - Cuenca: 4%	5'095,691 habitantes
<b>Mercado estimado por Estrato socio económico directo. (13%)</b>	- Alto (Grupo A): 1.8% - Medio alto (Grupo B): 11.2%	662,440 personas
<b>Producción anual estimada de carne de cerdo</b>	8,5 Kg/por habitante de carne porcina/año	5,630.74 ton/año
<b>Porcentaje estimado de consumo de jamones curados</b>	- 6% del consumo per-cápita de carne de cerdo	337.84 ton/año
<b>Producción instalada de planta.</b>	5,244 piernas/año	14,68 ton/año
<b>Porcentaje de mercado objetivo</b>		4.34%

Información extraída del Censo 2010 de la población y vivienda (INEC, 2010).

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### **Mercado del Jamón Curado en el mundo**

España es el primer productor mundial de jamón y paletas curadas, en 2003 superó los 41.5 millones de piezas, de las cuales el 86.5% corresponde a jamones y el 13.5% restante a las paletas. España

es igualmente el primer consumidor, con un consumo per-cápita 5kg/habitante/año.

Estando por detrás en el ranking exportador Europeo, Italia, Francia, Alemania y Portugal, conjuntamente, concentran el 75.8% del volumen y el 70.6% del valor total de las exportaciones de jamón curado.

### **Objetivos del Estudio**

#### **Objetivo general.-**

- Establecer, desarrollar y analizar el proceso de manufactura de jamones curados a corto plazo.

#### **Objetivos específicos.-**

- Diseñar la línea de proceso de producción de jamón curado (Layout), a partir de materia prima ecuatoriana: cerdo blanco proveniente de las razas Landrace, Yorkshire y Duroc Jersey.

- Establecer los parámetros adecuados del proceso de curado, para acortar el tiempo de elaboración del producto a 4 o 5 meses.
- Analizar los costos de implementación de una línea de proceso de elaboración de jamón curado, para determinar la potencial rentabilidad.



# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 2.1 Técnicas para Acelerar el Proceso del Jamón Curado

El objetivo de incorporar técnicas y tecnologías de la industria cárnica, en cada etapa del proceso de curado, es reducir tiempo y, por ende, costos de manufactura.

A lo largo del proceso de elaboración de jamón curado se incluyó al menos, un método para optimizar la producción. La combinación de técnicas de salado, modificación del parámetro temperatura, la selección y acondicionamiento de la materia prima, entre otros, fueron determinantes para establecer el tiempo de proceso y calidad de producto final.

## **Selección y acondicionamiento de la materia prima.**

### **Selección de materia prima**

La calidad de los jamones curados está determinada por la procedencia de la materia prima, es decir, la raza del cerdo y la alimentación recibida.

El jamón de cerdo ibérico o cerdo negro es reconocido por su calidad, consecuencia de alimentación a base de bellotas, a diferencia de los cerdos blancos que son alimentados con balanceados (BarrerasLopez, 2007).

Para la elaboración del jamón curado, lo ideal sería desarrollar el estudio con materia prima de procedencia ibérica, debido a las cualidades organolépticas que confiere al producto terminado. De acuerdo a lo revisado en el capítulo 1, las variedades de razas disponibles en el Ecuador limitan las opciones, llevando a seleccionar razas cruzadas de origen nórdico.

No obstante, la elaboración de jamones de cerdos blancos tiene su ventaja. Las características de la raza y alimentación desarrollan una carne con menor cantidad de grasa veteada, a diferencia de los cerdos ibéricos. Por lo tanto, el tiempo de permanencia en la etapa

de reposo y secado es menor, puesto que la difusión de sal es más rápida.

Mientras que en el cerdo blanco se llega a obtener productos listos para el consumo a los 8 meses, el jamón de cerdo ibérico, para este tiempo, aún permanecería en la etapa de secado.

### **Acondicionamiento de la materia prima (Parámetros internos)**

#### **Peso de la pierna de cerdo**

El peso de la pierna de cerdo influye en el tiempo de proceso, puesto que la sal tiene que recorrer un mayor camino en los jamones de mayor peso (J.Arnau, 1987).

*Eliminación de la epidermis y grasa superficial de la pierna de cerdo.*

Con frecuencia se observa en la corteza de los jamones frescos la presencia de pelos y epidermis, debido un depilado y limpieza deficiente en el camal. En esta carne, además de poseer una alta carga microbiana, la penetración de sal y posterior deshidratación del jamón se verá dificultada.

La difusión de sal es favorecida al extraer la piel y grasa superficial de la pierna del cerdo, debido a que estas capas no permiten

movilizar fácilmente las sales de curado por la poca solubilidad de la sal en grasa (FilibertoSanchez, 2005).

Una mayor superficie externa de magro permite una mayor deshidratación, pues los valores de humedad en la parte grasa son bajos, representando una barrera en la pérdida de agua. Mientras mayor es el porcentaje de grasa, más lento será el proceso de curado (J.Arnao, 1987).

### **Deshuesado**

La presencia de barreras como la piel, grasa y huesos (incluyendo cartílagos) dificulta la penetración de la sal en la carne.

En los jamones curados con hueso la absorción y penetración uniforme de la sal por todo el jamón es lenta y difícilmente se difunde en las articulaciones contribuyendo posteriormente a problemas de calidad. Al extraer los huesos que conforman la pierna posterior del cerdo, antes de la etapa de salado, se facilita enormemente la penetración de la sal, la posterior difusión y homogenización en el jamón.

A parte de dificultar la penetración de la sal y alargar el tiempo de proceso, la presencia de los huesos del jamón son un refugio para los microorganismos que pueden deterioran la calidad e inocuidad

del producto. Los jamones donde el desangrado se ha efectuado de modo incorrecto, causado por la presencia de los huesos, constituyen un caldo de cultivo para bacterias por los cúmulos de sangre restantes entre el músculo y hueso. Al retirar la estructura ósea, se evitan los defectos que pudiesen provocar en el jamón.

La fase del deshuesado puede llevarse a cabo en diferentes etapas (J.Arnau, 1993):

- Deshuesado del jamón al final del proceso y posterior envasado al vacío.
- Deshuesado durante el secado, debe efectuarse cuando la sal se ha repartido de forma uniforme en el jamón.
- Deshuesado parcial antes del salado y se finaliza en el secado.
- Deshuesado total antes del salado.

### **Despiece**

En el centro de Europa, el deshuesado y despiece es frecuentemente utilizado antes del salado, debido a que la penetración de sal es más rápida.

Mientras mayor sea la conformación del jamón, mayor será el recorrido de la salmuera en la pieza, aumentando el tiempo de difusión de la sal por todo el jamón.

### **Técnica para acelerar el reparto de la sal**

Se han probado diversas tecnologías para acelerar la penetración de la sal en el jamón, como son la inyección, el masaje, la centrifugación, el malaxado y la congelación.

### **Inyección de la salmuera**

Es una técnica en donde la sal es inyectada con multiagujas (equipo) o manualmente. Consiste en agujas que penetran en la carne y liberan salmuera, también se puede añadir nitrato y conservantes como ascorbato.

Este método, denominado salado por vía húmeda (WernerFrey, 1983), acelera la penetración y reparto de sal en el jamón, pero no es muy recomendable su aplicación porque existe un mayor riesgos por quemaduras cuando a la inyección de sal es excesiva.

### **Bombo de salado o malaxado**

El uso de bombos de salado o malaxado acelera la impregnación de sal. Esta metodología consiste en masajear el jamón en

presiones de vacío y, a la vez, dilata las fibras musculares favoreciendo la penetración de las sales de curado (CorettiKonnell, 2009) (J.Arnau, 1987).

En la industria de jamones de curado rápido, la utilización de bombos de malaxado es común, siempre combinándolo con un salado posterior por apilado o en contenedores.

El tiempo de permanencia en los bombos de salado varía entre 3 minutos a 30 minutos (FilibertoSanchez, 2005) máximo para la elaboración de jamones curados, a diferencia de otros productos cárnicos, donde el tiempo de permanencia llega a las 4 horas, en ciclos de 30 minutos. El posterior salado, ya sea por apilación o en contenedores, oscila entre los 12 a 15 días (CorettiKonnell, 2009) (J.Arnau, 1987).

### **Descongelación de la pierna de cerdo durante el salado**

Otra técnica utilizada para acelerar el proceso de salado en la carne es la descongelación e impregnación de sal simultánea. En los jamones congelados la penetración de la sal es más rápida que en los jamones frescos, por lo que es suficiente un día de salado por kilogramo de carne, mientras que para los jamones frescos es necesario un día y medio por kg de carne. Estudios realizados por

Barat, Grau e Ibañez (2005) indican la reducción del tiempo del salado en un 58% en comparación al proceso tradicional (apilado) (J.Arnau, 2007).

La congelación de la carne, antes del salado, debe ser rápida para evitar la formación de cristales grandes de hielo que ocasionan daños en el músculo y un mayor sudado del jamón en etapas posteriores, reduciendo la productividad (J.Arnau, 1987).

### **Empacado al vacío del jamón durante el reposo**

El uso de fundas plásticas impermeables al agua durante el reposo del jamón ha sido propuesto para minimizar la manipulación del producto, evitar el encostrado y facilitar el reparto de la sal en el jamón de una forma más rápida y uniforme (J.Arnau, 1987).

La finalidad del empackado en bolsas plásticas al vacío es evitar el excesivo exudado de la solución salina del interior al exterior del músculo y conseguir un mejor reparto de sal en el jamón en menor tiempo.



## **Modificación de los parámetros de proceso (parámetros externos)**

### **Temperatura y Humedad Relativa**

En los procesos de jamón de cerdo blanco los fenómenos proteolíticos se aceleran en comparación a los procesos tradicionales o de larga duración, debido a que se eleva la temperatura <sup>(19)</sup> y se reduce la humedad relativa (HR) desde etapas iniciales.

El alto contenido de grasa intramuscular, en el cerdo ibérico, es una característica propia de la raza y de la alimentación. A igualdad de dieta la grasa del cerdo ibérico, de raza pura, es más insaturada que la de los cerdos ibéricos cruzados u otras razas, por ende, el punto de fusión de esta grasa es menor. Es decir, que cuanto mayor sea el porcentaje de cruce, mayor será el punto de fusión de la grasa.

Por otra parte, a igual porcentaje de cruce, la grasa de cerdo es más insaturada cuanto más bellota haya comido el animal, teniendo un punto de fusión menor. Por lo tanto, la grasa de los jamones de cerdos ibéricos criados con bellota funde antes que en los criados con balanceado (J.Arnau, 1987).

Por lo mencionado, en la elaboración de jamones de cerdo blanco la temperatura utilizada, a partir del reposo, es superior a la del proceso tradicional, o en su caso, se aplican temperaturas semejantes al tradicional pero con un proceso de curado prolongado (FilibertoSanchez, 2005).

Cuanto menor es la humedad relativa ambiental, mayor es la deshidratación, puesto que se establece un gradiente de humedad entre el producto y el medio ambiente, que favorece la pérdida de agua (J.Arnu, 1987). Si la humedad relativa desciende del 60%, la calidad del jamón se verá afectada por la excesiva deshidratación superficial, provocando el encostrado, grietas en la superficie del jamón y disminución de la evaporación del agua.

El aumento de temperatura provoca una deshidratación más rápida, favorece la actividad de las catepsinas (implicadas en el desarrollo del aroma y sabor) (FilibertoSanchez, 2005) (J.Arnu, 1987) y la fusión de la grasa intramuscular del jamón permitiendo la reducción del tiempo de proceso.

### **Estufaje**

El estufaje es una fase, no imprescindible, utilizada en la etapa de secado o maduración en la cual se aplican temperaturas entre 25°C

y 32°C con humedades relativas del 60% a 75% con el objetivo de acelerar el proceso de producción (FilibertoSanchez, 2005).

## **2.2 Proceso para la obtención acelerada del jamón curado**

Técnicas y tecnologías, antes no combinadas, para la manufactura de embutidos, productos cárnicos y jamones curados, fueron aplicadas para la elaboración del jamón curado de cerdo blanco, de origen nacional; con el objetivo de mejorar tiempos de proceso, así como, optimizar costos, y siempre conservando la calidad del producto. Las modificaciones aplicadas, exitosas en otros procesamientos cárnicos, en las 2 corridas experimentales fueron:

- 1) Acondicionamiento de la materia prima.
- 2) Salado al vacío en un malaxador durante 4 horas, con inyección de salmuera al 15%.
- 3) Envasado al vacío del jamón durante la etapa de reposo.
- 4) Aplicación de grasa, en la superficie del jamón, durante la etapa secado.
- 5) Estufaje de los jamones en la fase de madurado. En esta etapa, se realizaron corridas experimentales para evaluar el efecto de la temperatura sobre los jamones.

## Recepción y acondicionamiento de la materia prima

La carne de cerdo utilizada para el estudio se adquirió en un supermercado de carnes de Guayaquil, las piernas proceden de razas de cerdo blanco Landrace, Yorkshire y Duroc Jersey. Las características Físico-Químicas medidas se resumen en la Tabla 7 que se muestra a continuación.

**TABLA 7**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICO- QUÍMICAS DE LA MATERIA**  
**PRIMA**

Parámetros	Valor			Unidad
	P1	P2	P3	
<b>Peso inicial</b>	10.45	9.50	10.00	<b>Kg</b>
<b>Peso sin piel, grasa y hueso</b>	6.20	4.61	5.35	<b>Kg</b>
<b>Temperatura</b>	4.0	5.5	4.5	<b>°C</b>
<b>pH</b>	5.5	5.5	5.5	<b>pH</b>
<b>Temperatura Ambiente</b>	11.4			<b>°C</b>

P: Pierna de cerdo

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

La carne no debe superar los 5°C en la recepción y el pH debe oscilar entre 5.5 a 6.2, para así evitar desviaciones en posteriores etapas del proceso de curado. La materia prima adquirida cumplió con los parámetros mencionados.

Debido a que la penetración de la sal es casi exclusivamente por la parte magra del jamón, para las pruebas, se procedió al retiro de la epidermis, grasa superficial y deshuesado total de cada pierna. Se pierde en el acondicionamiento de las piernas 44.24% aproximadamente del peso inicial, quedando como peso promedio de la pierna 5.52kg.

### **Salado**

El método de salado seleccionado procede de un estudio (Vacuum Tumbling of Dry-Cured Hams; Department of Food Science and Technology, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia) realizado en jamones curados, donde fueron saladas piernas de cerdo en bombos de vacío y posteriormente ahumados. El estudio determinó que incrementar el tiempo de malaxado de 4 a 6 horas, no acelera la penetración de sal durante el reposo; concluyendo que 4 horas de curado son suficientes para alcanzar del 2 al 3% de sal deseado en el producto al final del reposo (N.G.Marriot, 2010).

Por optimización de tiempo y recursos, se optó por aplicar los parámetros de salado del estudio mencionado, detallados a continuación en la Tabla 8.

**TABLA 8**  
**CONDICIONES DE PROCESO: ETAPA DE SALADO**

Parámetros	Valor	Unidad
<b>Temperatura Ambiente</b>	5	°C
<b>Tiempo de Malaxado</b>	4 (intervalos de media hora)	Hora
- Tiempo de masajeado	2	
- Tiempo de reposo	2	
<b>Presión de vacío</b>	-94,8	KPa
<b>Velocidad de rotación</b>	6	rpm

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Para proceder al salado, se introdujeron las piernas de cerdo dentro del bombo o malaxador que contenían la salmuera al 15.60%. La formulación de esta solución se calcula a partir de los kilos totales de carne a procesar, siendo 33.10kg, la Tabla 9 muestra la composición de la salmuera utilizada. El proceso tradicional de salado recomienda aplicar entre 35-90g sal por kilo de carne fresca y sumergir en salmuera entre 8 al 10%, para obtener una carne con el 2 a 3% de sal al inicio del reposo. De acuerdo a los cálculos detallados en este capítulo, para captar 2.46% de sal en las piernas, al finalizar el salado, se debe colocar 5.21kg de sal a la solución.

**TABLA 9**  
**COMPOSICIÓN DE LA SALMUERA**

Ingredientes	Valor	Unidad
Sal	157.48	g sal/kg carne
	13.61	% Peso/Peso
<b>SALMUERA</b>		
Agua líquida	65.15	% Peso/Peso
*Hielo	19.25	% Peso/Peso
Salmuera	15.60	% Peso/Peso
Nitrito de Sodio	150	mg/kg carne en sal
Nitrato de Potasio	150	mg/kg carne en sal
Eritorbato de Sodio	300	mg/kg carne en sal

\*La cantidad de hielo dependerá de la temperatura de la carne a procesar, en las pruebas realizadas la temperatura promedio de las piernas de cerdo fue de 4°C.

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Durante el salado en el bombo al vacío, se producen dos acciones simultáneas: la descongelación de las piezas, por descompactación de las piernas de cerdo y la homogenización las temperaturas por la rotación del malaxador. Y como segunda acción, el salado en profundidad, favoreciendo la penetración de los ingredientes aplicados; todo aquello, aportando además mejoras en el rendimiento. Se controla la temperatura del ambiente y de las piernas durante esta etapa, las mismas que no sobra pasaron los 6°C recomendados.

## Reposo

Antes de iniciar la etapa de reposo, las piernas fueron empacadas al vacío, en fundas plásticas de polietileno de baja densidad (LDPE) de 0.003 mm de espesor, para mejorar la difusión de sal en la carne. El material fue seleccionado de acuerdo a su permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua, siendo el LDPE el más factible por factores de costo, accesibilidad en mercado minorista y su baja permeabilidad. En la Tabla 10 se detalla la permeabilidad de varios materiales (DurandPaule, 2002).

**TABLA 10**

### PERMEABILIDAD DE ALGUNOS MATERIALES PLÁSTICOS

Material	Permeabilidad al oxígeno	Permeabilidad al vapor de agua
<b>Polietileno de alta densidad</b>	2100	6-8
<b>Polipropileno</b>	3000	10
<b>Polietileno de baja densidad</b>	7100	16-24
<b>Policarbonato</b>	4300	180
<b>Poliestireno</b>	2500-5000	110-160

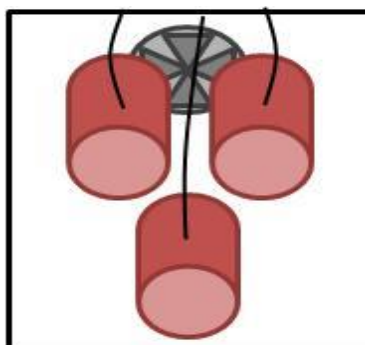
Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Fuente: Tecnología de los productos de charcutería y salazones, 2002.

Las piernas empacadas al vacío, se colgaron, en ganchos de acero inoxidable, dentro de la cámara de refrigeración. Ingresaron dos



piernas en la parte superior y una en la parte inferior, evitándose el contacto entre las mismas y las paredes del equipo y sin obstruir el ventilador, para facilitar el flujo de aire. Ver Figura 2.1.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

**FIGURA 2.1 EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN DE PIERNAS DE CERDO EN SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO**

Los resultados de la etapa de reposo se resumen en la Tabla 11.

**TABLA 11**

**CONDICIONES DE PROCESO: ETAPA DE REPOSO**

Parámetros	Teórico	Experimental
Temperatura Ambiente (°C)	≤ 6	5 – 10
Tiempo (días)	30 – 90 (4 - 12 semanas)	23 (3 semanas)
Humedad Relativa (%)	85 – 75	85
Aw final	≤ 0.96	0.95

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

## Secado

Las piernas de cerdo fueron trasladadas de un refrigerador a un enfriador de vino de perilla (cámara), puesto que la etapa de secado requería temperaturas superiores a 10°C. El empaque plástico fue retirado en esta etapa.

Durante el secado de los jamones, la temperatura ambiente fue incrementándose 2°C, aproximadamente, hasta llegar a 18°C. Los parámetros del proceso de secado son detallados en la Tabla 12.

**TABLA 12**  
**CONDICIONES DE PROCESO: ETAPA DE SECADO**

Parámetros	Teórico	Experimental
<b>Temperatura Ambiente (°C)</b>	8 – 18	13 – 18
<b>Semana 1</b>	8	13
<b>Semana 2</b>	10	15
<b>Semana 3-4</b>	12	16
<b>Semana 5-6</b>	14	17
<b>Semana 7-8</b>	16	17
<b>Semana 9-10</b>	18	18
<b>Tiempo (días)</b>	70 – 90 (10 - 12 semanas)	69 (10 semanas)
<b>Humedad Relativa (%)</b>	75 – 70	70
<b>Aw final</b>	≤ 0.87	0.87

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

En la primera semana de secado se realizó una frotación con 25ppm de ascorbato de sodio en la parte interna de los jamones, como mecanismo de defensa para disminuir el pH y posible desarrollo de olores desagradables.

Durante la 3era y 8va semana de secado se aplicó en la superficie de los jamones una fina capa de grasa vegetal. Esta técnica es usada para evitar y/o disminuir el encostrado, provocado por la deshidratación superficial severa del jamón, lo cual dificulta el sudado de la pierna. Así mismo evita la aparición o acumulación de parásitos como ácaros, que se desarrollan de 20°C a 30°C y a humedades relativas entre 70% a 80% (Saludalia, 2001).

### **Maduración**

Esta etapa se dividió en dos, con la intención de analizar mayor cantidad de datos. Se realizaron 2 corridas experimentales, cada prueba por triplicado, en la fase final del madurado, conocida como estufaje:

**Corrida 1.** Al finalizar el secado, la temperatura de la cámara 1 fue incrementada, paulatinamente, de 20°C a 29°C.

**Corrida 2.** La temperatura en la cámara 2 también arrancó a 20°C, pero en esta corrida la temperatura se aumentó hasta 25°C.

El tiempo de permanencia del jamón en la etapa de madurado, está ligado a la actividad de agua y el valor pH, que varía de 5.2 a 6. Para obtener un producto estable y de vida útil prolongada, el contenido de sal en el jamón debe de encontrarse entre el 5% y 7% aproximadamente. Véase Tabla 13.

**TABLA 13**  
**CONDICIONES DE PROCESO: ETAPA DE MADURADO**

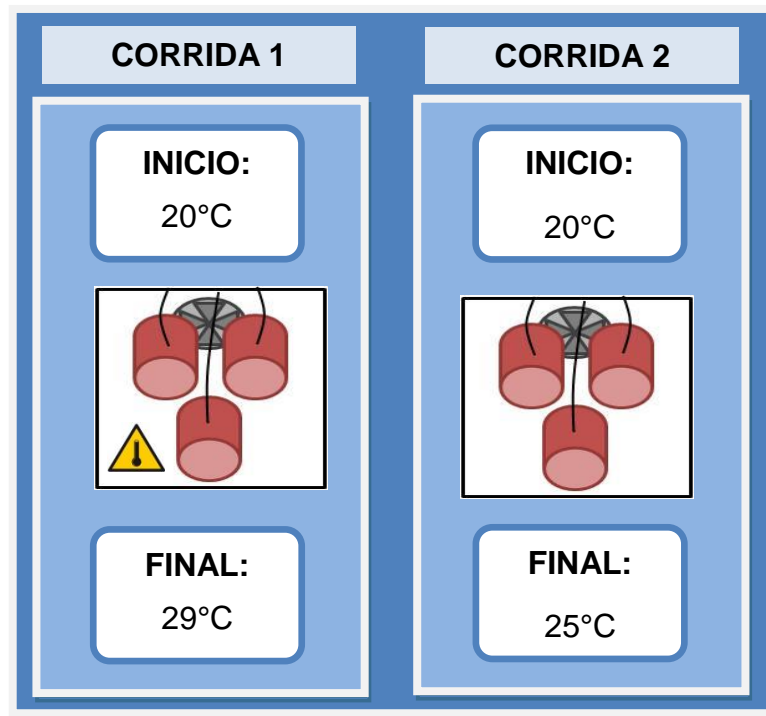
<b>Parámetros</b>	<b>Teórico</b>	<b>Experimental</b>
<b>Temperatura Ambiente (°C)</b>	18 – 32	20 – 25
<b>Tiempo (días)</b>	90 – 120 (12 – 16 semanas)	23 (3 semanas)
<b>Humedad Relativa (%)</b>	70 – 65	68
<b>Aw final</b>	≤ 0.86	0.85

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### 2.3 Corridas experimentales.

La finalidad de realizar 2 corridas experimentales, cada una por triplicado, es evaluar la reducción del tiempo de elaboración del jamón curado a 4 meses vs. 8 meses del proceso tradicional.

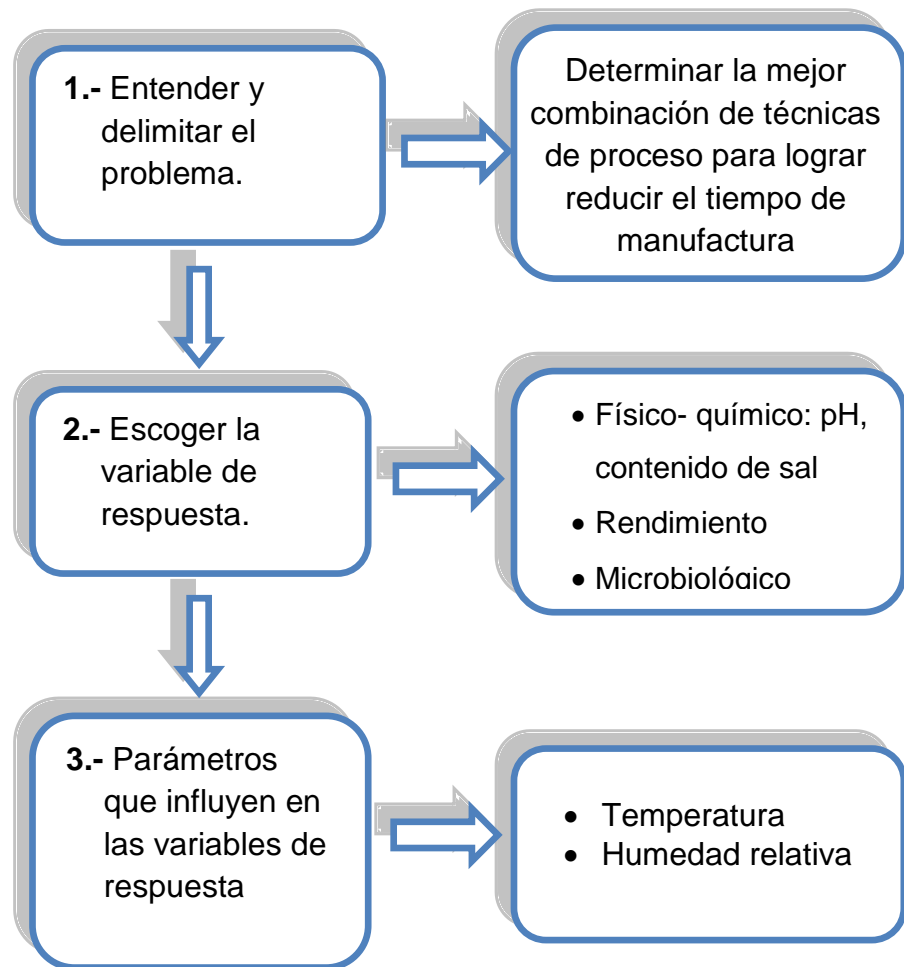
Las figuras 2.2 y 2.3 detallan las pruebas experimentales a ser corridas y las etapas de planeación y ejecución, respectivamente.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

**FIGURA 2.2 CORRIDAS EXPERIMENTALES**

Las variables evaluadas fueron los parámetros físicos químicos: pH y contenido de sal en carne, rendimiento y análisis microbiológicos.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

**FIGURA 2.3 ETAPAS DE PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE CORRIDAS EXPERIMENTALES**

## **CORRIDA 1**

Los resultados obtenidos en la corrida 1 fueron desfavorables, por este motivo, se descartó el análisis de datos. Las principales causas del fracaso pueden resumirse en:

- El pH de la materia prima (carne de cerdo) no cumplió con el rango establecido, 5.5 a 6.2, haciendo más susceptible la carne al deterioro por microorganismos.
- El recuento microbiológico del producto cárnico crudo, estuvo por fuera de los requisitos señalados por el INEN 1338:2010, referentes a la inocuidad de la carne.
- Distribución de las piezas: La insuficiente ventilación de los jamones, debido al tamaño de la cámara, no permitió la correcta circulación del aire, originando zonas con excesiva humedad superficial que favorecieron a la aparición del defecto conocido como rémelo (babosidad) en las piezas.
- Estufaje: Emplear altas temperaturas (25°C a 29°C) durante el estufaje, no permitieron la paulatina evolución de los procesos enzimáticos. Los cuales desarrollan las características organolépticas propias del jamón curado y garantizan la estabilidad durante su comercialización.

Por consiguiente, el incumplimiento de estos factores favoreció que las piezas no alcancen la textura, sabor y aroma propios del jamón. Los parámetros de cada etapa del proceso, de la corrida 1, se han simplificado en la Tabla 14.



**TABLA 14**  
**CONDICIONES DE PROCESO: CORRIDA 1**

Etapa	Parámetros	Piernas			Cumple/ No Cumple
		#1	#2	#3	
RECEPCION	Rendimiento (%)	57	60	56	Cumple
	pH	6.5	6.0	6.5	No Cumple
	Temperatura Carne (°C)	3.3	4.1	4.9	Cumple
	Temperatura Ambiente (°C)	11.4			Cumple
	E. coli (UFC/g)	MNPC	56x10 <sup>2</sup>	MNPC	No Cumple
	Coliformes (UFC/g)	MNPC	103X10 <sup>2</sup>	MNPC	No Cumple
	S. aureus (UFC/g)	2x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>2</sup>	Cumple
	E. coli O157:H7 (Ausencia)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
	Salmonella (Ausencia/ 25g)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
REPOSO	Aw	0.958	0.954	0.943	Cumple
	Tiempo (Días)	23			Cumple
	Temperatura Ambiente (°C)	5 – 10			Cumple
SECADO	Aw	0.861	0.879	0.870	Cumple
	Tiempo (Días)	69			Cumple
	Temperatura Ambiente (°C)	13 -19			No Cumple
MADURADO	Aw	0.869	0.857	0.869	Cumple
	Tiempo (Días)	23			Cumple
	Temperatura Ambiente (°C)	20 – 29			Cumple
	pH	7.5	7.5	7	No Cumple
	Rendimiento (%)	29	30.5	35	No Cumple
	Contenido final de Sal (%)	8.01	7.79	7.02	Cumple
	C. perfringens (UFC/g x10 <sup>3</sup> )	<1	<1	<1	Cumple
	S. aureus (UFC/g x10 <sup>1</sup> )	<1	<1	<1	Cumple
*Salmonella (Ausencia/ 25g)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Cumple	

En microbiología los valores expresados como <1x10<sup>1</sup> UFC/g, se consideran ausencia.  
 \*\*MNPC: Muy numeroso para contar  
 Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Las características organolépticas finales, de los jamones procesados en la corrida 1, se detallan en la Tabla 15.

**TABLA 15**  
**CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL EN CORRIDA1**

<b>Características Organolépticas</b>	<b>Exterior</b>	<b>Interior</b>
<b>Color</b>	Carne: roja Grasa: blanca hueso	Carne: rosada y zonas cafés Grasa: crema
<b>Textura</b>	Dura y seca	Moderadamente blanda y húmeda
<b>Encostrado</b>	Si	No
<b>Olor</b>	Desagradable: ácido, sulfhídrico	Desagradable: ácido, sulfhídrico

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

## **CORRIDA 2**

A partir de esta corrida es de dónde se desarrolla todo el análisis de datos del proyecto, para obtención de resultados y conclusiones.

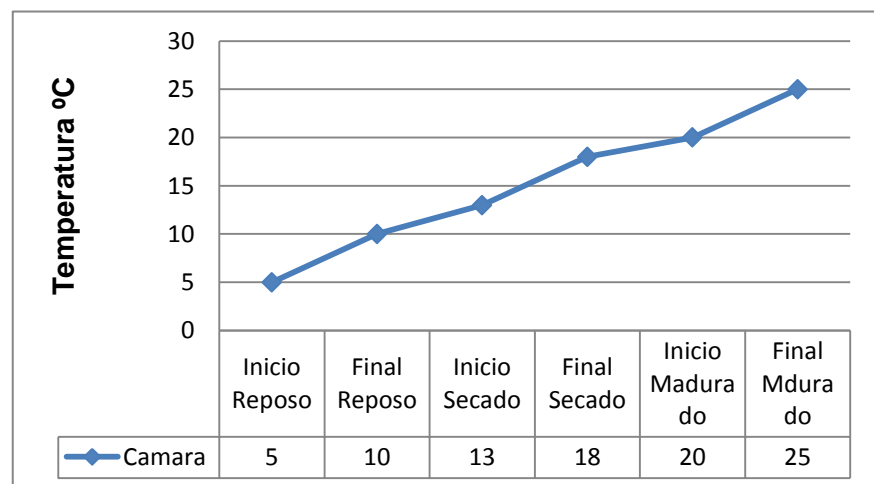
Cómo se menciona en el numeral anterior, tres piernas introducidas en un sistema de enfriamiento controlado, son sometidas a diferentes temperaturas durante el reposo, secado y madurado. En esta última etapa, la carne alcanza una  $aw \leq 0.86$  en menos de 2 meses, como reto del proyecto, estando expuesta a una

temperatura máxima de 25°C. A lo largo del proceso se fue medido el pH, aw, peso de cada pierna y contaje microbiológico.

### Temperatura del Sistema de Enfriamiento

La temperatura ambiente fue regulada y monitoreada, aumentándose 1°C semanalmente, aproximadamente, hasta llegar a 25°C (temperatura límite) al final del madurado.

La Figura 2.4.1 muestra el comportamiento de la temperatura de la cámara, empleada para las etapas de reposo, secado y madurado.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

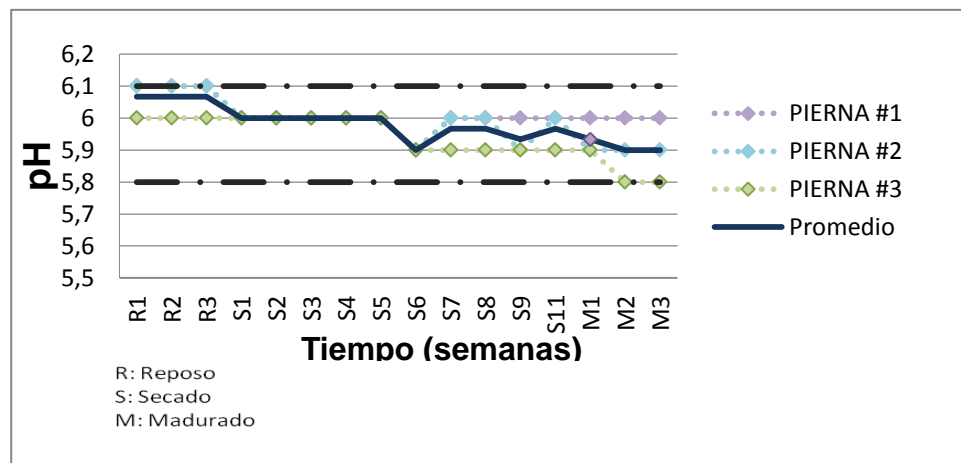
### FIGURA 2.4 EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CÁMARA

#### pH

La tendencia del valor pH se mantuvo dentro de los parámetros establecidos. Posterior a la etapa de secado, este dato no pudo ser

medido con exactitud con el método de tirillas, por la deshidratación del producto, obteniendo valores de referencia.

Tal como se observa en la Figura 2.4.2, los valores de pH obtenidos tuvieron un comportamiento normal, dentro de límites.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviidez (2014)

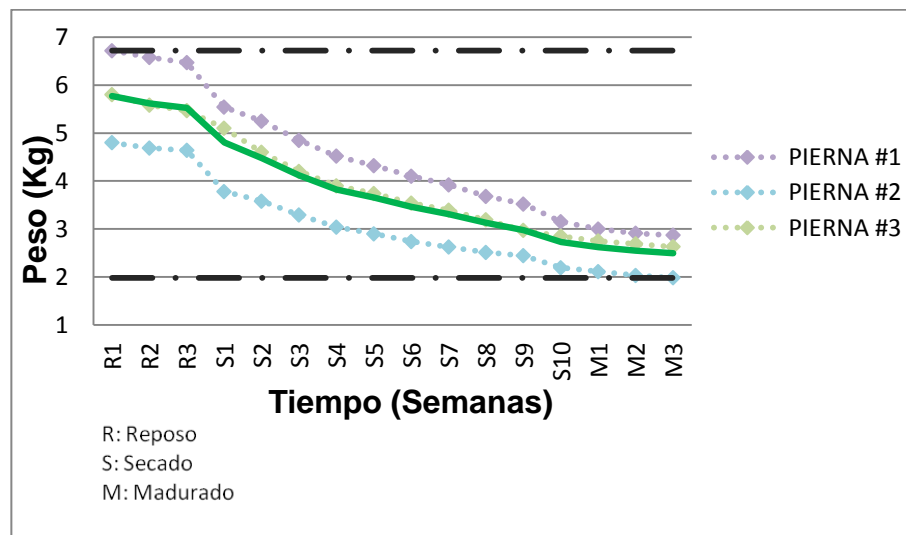
## FIGURA 2.5 EVOLUCIÓN DEL pH DE LAS PIERNAS

### Peso

La pérdida constante de agua del producto, se manifestó por la disminución del peso del jamón en el transcurso del tiempo; siendo mayor en las etapas iniciales y más lenta en las etapas finales. Esta conducta indica una distribución homogénea de sal en el jamón, de acuerdo con la Figura 2.4.3, la tendencia de la pérdida de peso (agua) de las piernas fue decreciente.

Durante la experimentación se determinaron 3 puntos relevantes para el análisis del rendimiento:

- Acondicionamiento de la materia prima: La pérdida promedio entre piel, grasa y hueso fue del 47%, obteniendo 53% de producto para procesar.
- Post-salado: Las piernas de cerdo ganaron 14% de peso al incorporarse la salmuera saturada.
- Producto final: El rendimiento al finalizar el proceso fue del 25%, calculado en base cero; y del 47% calculado con pérdida estándar.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez

**FIGURA 2.6 EVOLUCIÓN DEL PESO DE LAS PIERNAS**

La cantidad de grasa, piel y hueso presente en la pierna de cerdo no es proporcional al peso de la misma, sino, a factores como la alimentación, edad, sexo y raza del animal sacrificado. Esto se evidencia en la Tabla 16, en donde la merma obtenida después de la limpieza de la materia prima, es independiente a la dimensión de las piernas en la recepción.

**TABLA 16**  
**MERMA POST-ACONDICIONAMIENTO**

Pierna Etapa	Peso (kg)		%	%
	Recepción	Acondicionamiento	Merma	Merma Promedio
1	10.45	6.20	41	47
2	9.50	4.61	51	
3	10	5.20	48	

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### **Actividad de agua (aw)**

La aw en los jamones curados descendió a la mínima requerida en cada etapa, sirviendo como indicador para continuar a la siguiente fase del proceso.

En la Figura 2.4.4, se presenta la evolución de la aw durante las etapas de reposo hasta madurado, la variación semanal de la aw en las piernas de cerdo estuvo alrededor de +/-2.

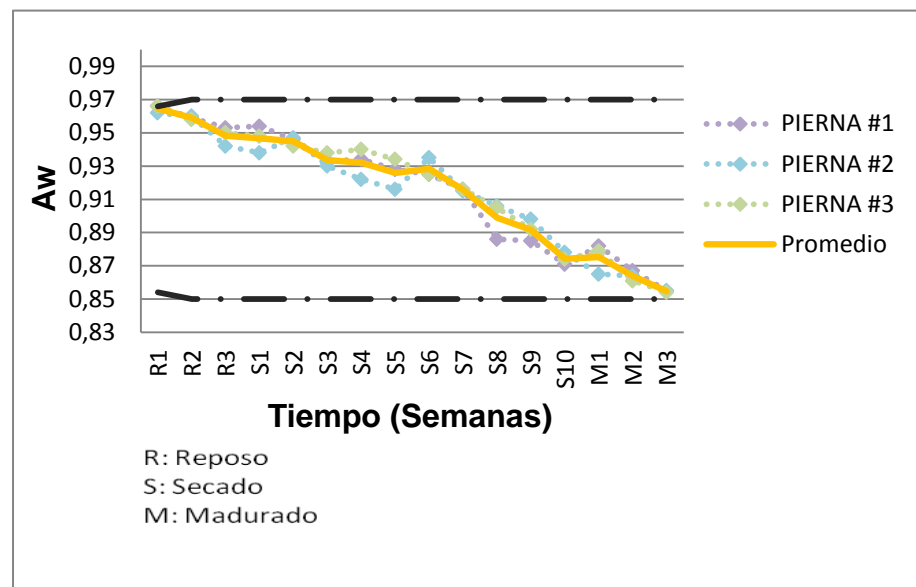
El descenso de la aw durante el reposo se dio más rápido a lo esperado, puesto que el tiempo de proceso estimado era de 6 semanas, obteniéndose los resultados deseados en la tercera semana.

Durante el secado, la aw disminuyó lentamente debido a la formación de encostrado y a la disminución del agua libre en el producto. A pesar del inconveniente presentado, el proceso de secado no superó los 70 días estimados.

En la semana 1era de madurado, los resultados de Aw reflejaron valores mayores a los obtenidos una semana anterior. Estas mínimas variaciones se dieron por el método de muestreo aplicado, el cual consistió en tomar al azar 3 muestras de producto, para garantizar una muestra representativa y la confiabilidad de los resultados

Al finalizar la maduración, la reducción de la aw fue eficiente y progresiva, debido a que se redujo a 23 días el tiempo de proceso frente a los 90 días mínimo estimados.

La disminución paulatina de la aw en los jamones curados durante el proceso se debe en primera instancia a la absorción de solutos hacia el interior por difusión y capilaridad, tales como la sal y sales de curado, y a la migración del agua interna al exterior.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

**FIGURA 2.7 EVOLUCIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA DE LAS PIERNAS**

### **Caracterización de los jamones curados en el transcurso de las corridas**

La carne de cerdo utilizada al iniciar el proceso de curado, cumplió con las características organolépticas propias de la carne fresca, tales como color, olor y textura; más no cumplió con los requisitos



microbiológicos, los mismos que luego del salado de la carne se normalizaron.

A continuación se detallan las características organolépticas de los jamones curados durante las etapas de reposo, secado y madurado.

Durante la etapa de reposo, las características organolépticas de las piernas de cerdo evolucionaron normalmente, la tonalidad rosácea de la carne cambió a roja.

La coloración externa de la carne fue homogénea, cambiando de rosado a rojo semi intenso, durante el secado, y el color de la grasa se tornó ligeramente crema. En contraste, el color interno de la carne no se desarrolló uniformemente, presentándose coloraciones rojizas tenues e intensas y en ciertas áreas un color café.

En la segunda semana de secado, la aparición de pequeños puntos blancos se observó en los extremos de los jamones curados, provocado por el exceso de sal en la corteza. Y a partir de la 8va semana de secado hasta el final del madurado, se formó una fina capa de encostrado en toda la superficie del jamón.

Así mismo, el desarrollo de olores sulfhídricos y ácidos se intensificó durante el secado, pero al finalizar el madurado estos

disminuyeron, tornándose imperceptible el olor sulfhídrico. El aumento de olores ácidos agradables, no picosos, propios de la maduración, se dieron en las 2 últimas semanas de la etapa.

Durante el madurado, los jamones desarrollaron una coloración roja oscura en la superficie e internamente colores rojos intensos característicos. La fusión de la grasa en la carne, conocido como veteado, se apreciaba a simple vista, presentando un color crema.

## **2.4 Variables de respuesta**

Las variables de respuesta permitieron conocer si, las pruebas realizadas para acelerar el proceso de curado, producen cambios significativos sobre el rendimiento, la flora microbiana y su aceptación.

### **Rendimiento y difusión molecular**

#### **Balance de materia**

Para calcular la cantidad de sal absorbida por las piernas de cerdo, luego del malaxado al vacío, se realizó un balance de materia, empleando la siguiente ecuación:

$$\textit{Entradas} = \textit{Salidas} + \textit{Acumulación}$$

$$\textit{Acumulación} = \textit{Entradas} - \textit{Salidas}$$

Previamente, se determinó la masa de sal requerida para iniciar el proceso de curado, realizando un balance de materia en función a la concentración de sal.

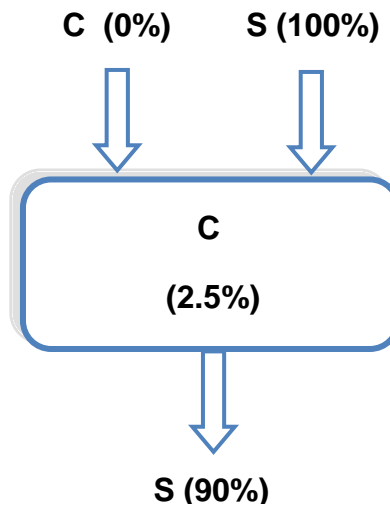
Conociendo que las piernas al final del malaxado deberían captar un 2% mínimo de sal y un máximo de 3%, se estableció absorber 2,5%.

Para el cálculo preliminar, se plantearon las siguientes hipótesis:

- Concentración inicial de sal en la carne: 0%.
- La sal absorbe 10% de humedad, luego de la transferencia de masa.
- Para determinar el porcentaje inicial de sal, primeramente, hay que conocer los kilos de carne a procesar, por lo que se supuso que el peso de las 6 piernas sería 55kg.
- Eficiencia: 80%.

**Balance de materia 1, en función a la concentración de sal:**

**Determinación de la cantidad inicial de sal.**



C = Piernas de cerdo (55kg)

S = Sal (? kg)

$$C(0\%) + S(100\%) = [(C + 0.025 S) (2.5\%)] + [(S - 0.025 S) (90\%)]$$

$$100 S = 55(2.5) + 0.0625 S + 90 S - 2.25 S$$

$$100 S - 87.8125 S = 137.5$$

S = 11.28kg de sal para 55kg de carne

S = 17.02%

Eficiencia del 80%

S = 13.61% sal/kg de carne

Finalmente, se determinó que se requería 13.61% de sal/kg de carne de cerdo. La concentración de la salmuera, en un salado prolongado, varía del 8% al 10%; al tratarse de un curado de corta duración, 4 horas, se recomendó aplicar una salmuera al 15% (industria cárnica donde se realizaron las pruebas), empleada finalmente al 15.60% de concentración de sal.

Conocido el peso de las piernas de cerdo deshuesadas, 33.10kg, se determinó que 5.21kg de sal se necesitaban para arrancar el proceso de salado. Adicionalmente, 28.20kg de agua y hielo para formar la salmuera al 15.60%, los datos citados se reportan en la Tabla 17.

TABLA 17

## DATOS EXPERIMENTALES: ETAPA DE SALADO

Parámetro	Valor	Unidad
<b>Pre-Salado</b>		
<b>Peso piernas deshuesadas (X)</b>	33.10	kg
<b>Sal (Y1)</b>	5.21	kg
	13.61	% kg sal/ kg carne
<b>Agua (Y2)</b>	28.20	kg
<b>Salmuera Inicial (Y)</b>	33.41	Kg
	15.60	% kg sal/ kg salmuera
<b>Lectura inicial salinómetro</b>	140	%
<b>Tiempo Malaxado</b>	4	Horas
<b>Post- Salado</b>		
<b>Peso piernas saladas (W)</b>	37.10	Kg
<b>Sal captada (S)</b>	1.35	Kg
	3.63	% kg sal/ kg carne
<b>Salmuera Final (Z)</b>	13.14	% kg sal/ kg salmuera
<b>Sal en Salmuera Final (Z1)</b>	3.86	Kg
<b>Lectura final salinómetro</b>	127	%

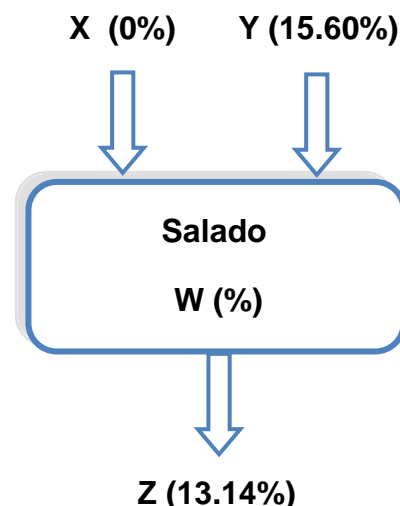
Elaborador por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### Concentración final de la salmuera.

Luego del salado, se tomó 1 kg de la salmuera del bombo y fue sometida a secado, utilizando un microondas, hasta que la muestra

mantuviera un peso constante. La concentración final resultó en 13.14%, es decir, 3.86kg de sal teóricamente restaron en la salmuera luego del malaxado. Por lo tanto, 2.46% de la salmuera, cuya concentración inicial fue de 15.60%, fue captado por las piernas de cerdo.

***Balance de materia 2 en función a la concentración de sal:  
Determinación de la cantidad de sal impregnada en las 6  
piernas luego de la etapa de salado.***



X = Piernas de cerdo deshuesadas (33.10kg)

Y = Salmuera (33.41kg)

W = Piernas de cerdo saladas (37.10kg)

Z = Salmuera final (29.41kg)

S = Sal impregnada en las piernas (?%)

$$[X (0\%)] + [Y (15.60\%)] = [W (S)] + [(Z) (13.14)]$$

$$33.41 (15.60) = [(37.10) (S)] + [(29.41) (13.14)]$$

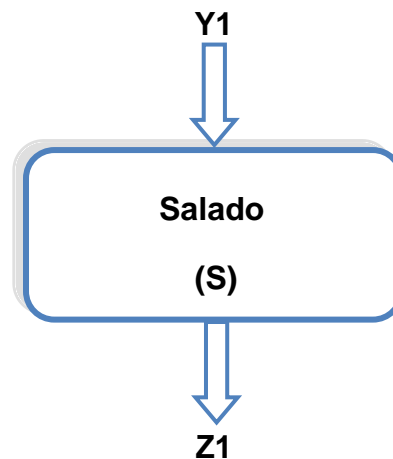
$$521.18 = 37.10 S + 386.43$$

S = 3.63% sal/kg de carne

S = 1.35kg de sal impregnada en la carne de cerdo

**Balance de materia 3 en función a la masa de sal:  
Determinación de la cantidad de sal restante en la salmuera  
luego de la etapa de salado**

*Acumulación= Entradas - Salidas*



Y1 = Sal inicial en salmuera (5.21kg)

S = Sal impregnada en la carne de cerdo (1.35kg)



Z1 = Sal en salmuera final (?kg)

Z1 = Y1- S

Z1 = 5.21 – 1.35

Z = 3.86kg de sal en la salmuera final

Y1 = Sal inicial en salmuera (5.21kg)

S = Sal impregnada en la carne de cerdo (1.35kg)

Z1 = Sal en salmuera final (?kg)

Z1 = Y1- S

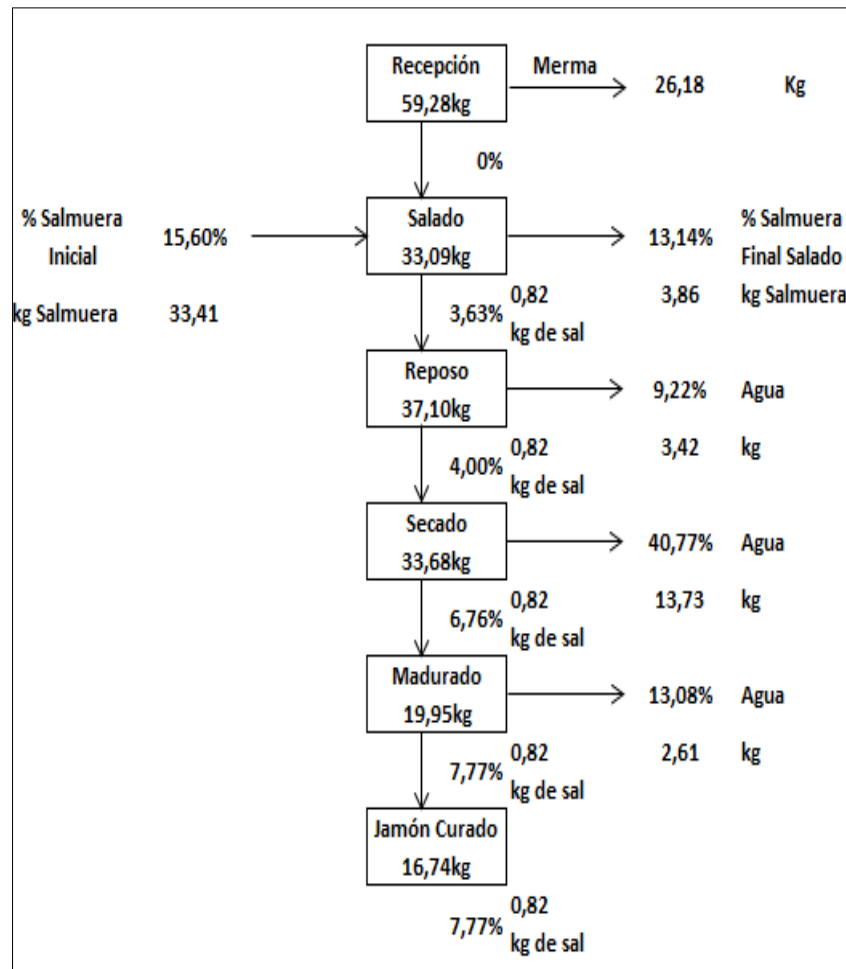
Z1 = 5.21 – 1.35

Z = 3.86kg de sal en la salmuera final

A través del balance de masa se obtuvo la cantidad de sal impregnada en los jamones, que para los cálculos planteados fue 3.63% (1.35kg) de sal/kg carne.

Obtenida la relación de sal por kilos de carne procesada, luego de la etapa de salado, se realizó el mismo cálculo de balance de materia, para cada etapa de proceso. Los valores obtenidos se resumen, en la Tabla 19.

**Balance de materia 4 en función a la concentración de sal:  
Determinación de los kilos y contenido de sal al final de cada  
etapa del proceso.**



## Difusión molecular

Aplicando la primera y segunda ley de Fick, se logró conocer la velocidad a la que fue transferida la sal en la carne de cerdo, a través del tiempo, valor conocido como coeficiente de difusión (D). Siendo necesarios los datos detallados en la Tabla 18.

**TABLA 18**  
**DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE**  
**DIFUSIÓN MOLECULAR**

Parámetro	Valor	Unidad
Peso molecular de la sal (Na Cl)	58.45	Gramos
Densidad de la salmuera	1.225	g/cm <sup>3</sup>
Contenido de sal del jamón equilibrio (C <sub>ma</sub> )	7	%
Tiempo total de proceso	165600	Seg.
Radio del jamón	6	cm

Elaborador por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### ***Aplicación de la primera ley de Fick, en estado estacionario:***

La condición para que exista estado estacionario es que el flujo de difusión (Na) no cambie con el tiempo (RoberteTreybal, 1988).

$$N_a = D (C_o - C_f)$$

**N<sub>a</sub>** = Flujo de difusión

**D** = Coeficiente de difusión (variable desconocida)

**C<sub>o</sub>** = Concentración inicial

**C<sub>f</sub>** = Concentración final

### 1. Calcular N<sub>a</sub>

$N_a = \text{masa} / \text{peso molecular}$

$N_a = \text{masa de sal en jamón} / \text{peso molecular de NaCl}$

$N_a = 1348.031\text{g} / 58.45 \text{ g/mol}$

$N_a = 23.06 \text{ mol/cm s}$

### 2. Calcular C<sub>f</sub>

$C_f = \text{Sal retenida en el jamón luego del salado}$

$C_f = Y - Z$

$C_f = 15.60\% - 13.14\%$

$C_f = 2.46\%$

### Conversión a g-mol

$$(C_f * \text{densidad}) * (1\text{g-mol/ peso molecular})$$

$$= [(C_f * \text{densidad salmuera}) * (1\text{g-mol/ peso molecular NaCl})]$$

$$= (0.0246 * 1.225\text{g/cm}^3) * (1\text{g mol sal} / 58.45\text{g})$$

$$= 0.0005 \text{ g mol sal/cm}^3$$

### 3. Calcular D, aplicando la primera ley de Fick

$$Na = D (C_o - C_f)$$

$$23.06 = D (0 - 0.0005)$$

$$D = 44746.3 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$D = 4.475 \text{ m}^2/\text{s}$$

El coeficiente de difusión calculado, en el post-salado, es mayor al coeficiente de difusión de la literatura,  $2.2 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $5^\circ\text{C}$  (Josep Comaposada, 1999). Comprobándose que el salado al vacío durante 4 horas, combinado con los métodos de acondicionamiento de la materia prima, aceleraron la difusión de la sal en la carne de cerdo.

***Aplicación de la segunda ley de Fick, en estado no estacionario:***

Se utiliza cuando el flujo de difusión y/o el gradiente de difusión varían con el tiempo, generando acumulación o agotamiento de las sustancias que se difunden (RoberteTreybal, 1988) (R.Paul, 2009).

A diferencia del cálculo anterior, para obtener el coeficiente de difusión final, se debe aplicar la segunda ley de Fick, puesto que el flujo de difusión disminuye con el tiempo.

**1. Calcular E**

$$E = \frac{C_{ma} - C_m}{C_i - C_m} = \frac{Dt}{dc^2}$$

E = Fracción no eliminada

C<sub>ma</sub> = Concentración equilibrio en el tiempo

C<sub>m</sub> = Concentración final

C<sub>i</sub> = Concentración inicial

t = Tiempo

dc = Dimensión del objeto de la superficie al centro

$$E = \frac{C_{ma} - C_m}{C_i - C_m}$$

$$E = \frac{7 - 7.77}{3.63 - 7.77}$$

$$E = 0,16$$

## 2. Obtención valor $Dt/dc^2$

Utilizar la gráfica del Anexo I: difusión en estado no estacionario (RoberteTreybal, 1988).

Con el valor E obtenido, se ingresa por el eje de las "Y" en la gráfica y al toparse con la figura geométrica seleccionada, se baja al eje de las "X" para obtener el valor  $Dt/d^2c$ .

Extrayendo la abscisa del gráfico, para la difusión desde un cilindro, se obtuvo el valor 0,02.

## 3. Calcular D, aplicando la segunda ley de Fick

Para el cálculo, se asumió la forma de los jamones a la de un cilindro. Utilizando la ecuación de difusión para un cilindro con las puntas selladas, de radio r (RoberteTreybal, 1988):

$$E = \frac{Dt}{r^2}$$

Es decir,

$$\frac{Dt}{dc^2} = \frac{Dt}{r^2}$$

$$0,02 = \frac{D (165600)}{(6)^2}$$

$$D = \frac{(0,02)36}{165600}$$

$$D = 4.348 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$D = 4.348 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

En la Tabla 19 se sintetizan los resultados de coeficiente de difusión y concentración de sal en cada etapa del proceso.

**TABLA 19**  
**CONTENIDO DE SAL Y COEFICIENTE DE DIFUSIÓN DE SAL**  
**EN EL JAMÓN CURADO**

Final Etapa	Contenido de sal (%)	Coefficiente de difusión, D (m <sup>2</sup> /s)
Salado	3.63	4.475
Reposo	4.00	-
Secado	6.76	-
Madurado	7.77	4.348x10e <sup>-10</sup>

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)



## Rendimiento

El rendimiento es seleccionado como variable de respuesta, por ser el determinante principal para calcular la rentabilidad del proyecto y negocio. Además, los diferentes parámetros empleados durante la manufactura de los jamones, influenciaron directamente en el rendimiento del producto final.

- Luego de la etapa de acondicionamiento, es decir, retiro de piel, grasa y huesos, el rendimiento cayó al 53%.
- Durante el malaxado, las piernas ganan 14% en peso, debido a la absorción de la salmuera.
- En las siguientes etapas, las piernas pierden agua paulatinamente y, en consecuencia, la disminución del peso.

El rendimiento del producto final se resume en la Tabla 20.

**TABLA 20**

### RENDIMIENTO DE LOS JAMONES CURADOS

Rendimiento Base Cero (%)	Rendimiento con Pérdida Estándar (%)
25	47

Elaborador por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Completado el proceso de curado, únicamente el 25% del peso inicial de la carne, se obtuvo como producto terminado, nombrado en la Tabla 20 como rendimiento en base cero. Aunque también es posible calcular el rendimiento luego de la etapa de salado, rendimiento con pérdida estándar, considerando el retiro de piel, grasa y hueso como un proceso rutinario, alcanzando un rendimiento del 47%.

Junto al análisis de costos de fabricación, se comprobó la rentabilidad del proyecto, detallado en el capítulo 4.

### **Análisis microbiológico**

El crecimiento o desarrollo de microorganismos patógenos, en los jamones curados, influyen directamente en la inocuidad y calidad del producto, por lo que es importante conocer la evolución de la flora microbiana.

De acuerdo a la norma técnica ecuatoriana INEN 1338:2010 de carnes y productos cárnicos, los requisitos microbiológicos para productos cárnicos crudos son: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *E. coli* O157:H7; en la Tabla 21 se detalla un breve resumen de las normas aplicadas.

Los métodos de siembra en Petrifilm, Test Reveal y tradicional fueron utilizados para conocer presencia de los microorganismos nombrados.

Los resultados obtenidos, mostraron valores por debajo del límite permitido, a excepción del elevado contaje de E. coli presente en la materia prima; valor que se redujo, dentro de rango, luego del salado. Estos resultados son detallados en la Tabla 24, del capítulo 3.

El análisis de los resultado microbiológicos, permite conocer si el desarrollo de los microorganismos producen efectos o cambios significativos sobre la inocuidad e idoneidad del producto final, por esta razón es considerado variable de respuesta.

Los análisis microbiológicos realizados a la carne de cerdo y jamón curado se detallan en la Tabla 21, así mismo, se menciona el método aplicado y requisito legal o de referencia vigente.

**TABLA 21**  
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

<b>Análisis</b>	<b>Requisito</b>	<b>Unidad</b>	<b>Norma Referencia</b>	<b>Método</b>
<b>Cárnicos Crudos: Carne Fresca de Cerdo</b>				
<b>Escherichia coli/ Coliformes</b>	1X10 <sup>2</sup>	UFC/g	NTE INEN 1338:2010 Segunda Revisión	Petrifilm AOAC Método Oficial 998.08
<b>Staphiloco-cus aureus</b>	1X10 <sup>3</sup>	UFC/g	NTE INEN 1338:2010 Segunda Revisión	Petrifilm AOAC Método Oficial 2003.11
<b>Salmonella</b>	Ausencia/ 25g	Ausencia- Presencia/ 25	NTE INEN 1338:2010 Segunda Revisión	Reveal Test AOAC RI #960801
<b>E. coli O157:H7</b>	Ausencia	Ausencia- Presencia	NTE INEN 1338:2010 Segunda Revisión	Reveal Test AOAC Método Oficial 2000.13
<b>Análisis</b>	<b>Requisito</b>	<b>Unidad</b>	<b>Norma Referencia</b>	<b>Método</b>
<b>Cárnicos Curados- Madurados: Jamón Curado</b>				
<b>Staphiloco-cus aureus</b>	1x10 <sup>2</sup>	UFC/g	NTE INEN 1338:2010 Segunda Revisión	Petrifilm AOAC Método Oficial 2003.11
<b>*Clostridium perfringens</b>	1x10 <sup>3</sup>	UFC/g	NTE INEN 1338:2010 Segunda Revisión	Contaje en PIB AOAC 18th 976.30
<b>Salmonella</b>	Ausencia/ 25g	Ausencia- Presencia /25g	NTE INEN 1338:2010 Segunda Revisión	Reveal Test AOAC RI #960801
<b>E. coli/ Coliformes</b>	1X10 <sup>2</sup>	UFC/g		Petrifilm AOAC Método Oficial 998.08

<b>Ácido Láctico</b>	1x10 <sup>3</sup>	UFC/g	Tecnología de los Productos de Charcutería y Salazones, Capítulo 9, página 319, tabla 8	Contaje en Placa
<b>*Nitrógeno Básico Volátil (N.B.V)</b>	50	mg/100g	NTE INEN 185 1990-07 Primera Revisión	NTE INEN 182 1975-04

\*Análisis realizados por Laboratorio PROTAL  
Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Al no existir un valor límite de N.B.V. para el producto jamón curado en NTE INEN 1338:2010, se tomó como valor referencial el requisito de N.B.V. de la NTE INEN 185 1990-07, primera revisión, norma para Conservas Envasadas de Sardinias.

Durante todo el proceso de elaboración de los jamones, se realizaron tomas de muestras semanales para realizar análisis físico-químicos. Se tomaban alrededor de 10g de muestra, por pierna, para los análisis físico-químicos y 50g entre carne y grasa para microbiología. Los análisis microbiológicos eran llevados a cabo únicamente al finalizar cada etapa del proceso de curado.

## 2.5 Materiales y métodos

El desarrollo de la experimentación se ejecutó en dos sesiones: el acondicionamiento y el salado de las piernas de cerdo se realizó en una industria mediana de productos cárnicos, luego éstas fueron trasladadas al laboratorio de Investigación y Desarrollo, en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción de la ESPOL. En el laboratorio, se instalaron 2 enfriadores de vinos, dónde se continuaron las etapas de reposo, secado y madurado.

La medición de los parámetros físico-químicos se realizaba en el laboratorio de bromatología, dentro de la misma facultad, y los análisis microbiológicos se ejecutaban en un laboratorio externo a la universidad, certificado bajo la norma FSSC 22000:2010. La movilización de las muestras microbiológicas se realizaba en una hielera que contenía bolsas de hielo, para la conservación de las mismas.

Los equipos utilizados para manufacturar los jamones curados se encuentran señalados en la Tabla 22 y se indica la etapa en la que ha sido aplicado el equipo.

**TABLA 22**

**EQUIPOS UTILIZADOS PARA MANUFACTURAR EL JAMÓN**

**CURADO**

<b>Equipo</b>	<b>Característica</b>	<b>Rango de Operación</b>	<b>Etapas de Aplicación</b>
<b>Malaxador</b>	Suhner AG Bremganen, MSP 400	Capacidad: 340kg	Salado
<b>Selladora al Vacío</b>	Promax, DC-650	Presión de vacío: 760mmHg	Post-Salado
<b>Sistema de Enfriamiento</b>			
<b>Refrigerador</b>	Frigidaire, F-105	5°C - 8°C	Reposo
<b>Enfriador de Vinos Digital (Cámara 1)</b>	General Electric, GWS04WASSAC	4°C - 20°C	Reposo-Madurado
<b>Enfriador de Vinos de Perilla (Cámara 2)</b>	Haier, HVT12AVS	8°C - 20°C	Secado-Madurado

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

Adicional a los equipos mencionados, para monitorear la temperatura de las cámaras, se utilizó un termómetro de vidrio de mercurio, el mismo que permanecía dentro de cada equipo. Para medir la temperatura de las piernas, se utilizó un termómetro de punzón digital.

En la Tabla 23 se indican los análisis físico-químicos realizados a los jamones con los respectivos equipos y métodos de ensayo.

**TABLA 23**

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS**

<b>Análisis</b>	<b>Equipo/ Material</b>	<b>Método</b>
<b>pH</b>	Tirillas de medición de pH	AOAC Método Oficial 981.12
<b>Actividad de Agua (Aw)</b>	AQUA Lab, Series 3TE	AOAC Método Oficial 32.005
<b>*Nitrógeno Básico Volátil (N.B.V.)</b>	Condensador y titulador	NTE INEN 182 1975-04

\*Análisis realizado por Laboratorio PROTAL.

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviidez (2014)

Por factores económicos y de disponibilidad, el único método para la medición de pH al alcance fueron las tirillas indicadoras, las mismas que para fines de estudio no fueron las más idóneas. Esto es, conforme el producto perdía agua, la lectura con las tirillas se dificultaba.

**Metodología de trabajo.**

En una industria cárnica, de producción masiva, se realizó el proceso de curado, utilizando un malaxador al vacío para acelerar la



penetración de sal en la carne. Previo a esta etapa, en las mismas instalaciones, las piernas de cerdo fueron acondicionadas para procesarlas, en decir, se realizó el descongelamiento, retiro de epidermis y grasa superficial, y deshuesado, tal como lo muestra la Figura 2.8.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### **FIGURA 2.8 ACONDICIONAMIENTO DE LAS PIERNAS DE CERDO**

Posteriormente, se procedió a el lavado de la carne, para eliminar residuos, como restos de grasa o sangre, y continuando con el amarrado de las piernas. La finalidad de atarlas, individualmente, es evitar estropear la carne durante el salado en el bombo o malaxado. Las figuras 2.5.2 y 2.5.3, muestra lo mencionado.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

**FIGURA 2.9 AMARRADO DE LAS PIERNAS DE CERDO  
ANTES DEL SALADO**



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

**FIGURA 2.10 SALADO DE LAS PIERNAS DE CERDO**

Despues del salado y escurrido, se procedió a empacar al vacío, cada pierna independientemente, como se observa en la Figura 2.11.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### **FIGURA 2.11 EMPACADO DE LAS PIERNAS DE CERDO**

Las piernas empacadas fueron trasladadas al laboratorio piloto de cárnicos, ubicado en las instalaciones de la universidad, Campus Gustavo Galindo Velasco.

Las etapas de reposo, secado y madurado fueron procesadas y analizadas en el laboratorio piloto, tal como se detalla al inicio de esta capítulo.

El Anexo II muestra, mediante imágenes, la evolución de la carne desde la etapa de reposo hasta la etapa de maduración.

# **CAPÍTULO 3**

## **3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

A continuación, en la Tabla 24, se amplía, etapa por etapa, el proceso tradicional de curado vs. el proceso acelerado. Las variables de respuesta, seleccionadas en el capítulo 2, fueron el punto de partida para el análisis de resultados.

**TABLA 24**  
**PROCESO TRADICIONAL VS PROCESO ACELERADO**

<b>Etapa</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Proceso Tradicional</b>	<b>Proceso Acelerado (Experimental)</b>
<b>Recepción</b>	<b>Método</b>	Eliminación de piel	Eliminación de piel, grasa superficial y hueso
	<b>Raza de cerdo</b>	Puro: ibérico o nórdico (blanco)	Criollo: mezcla de razas (Landrace, Yorkshire y Duroc)
	<b>Aspecto</b>	Fresco	Congelado
	<b>Temperatura carne (°C)</b>	3 – 5	-3
	<b>pH</b>	5.5 – 6.2	5.5
	<b>Rendimiento (%)</b>	88 – 90	53
	<b>Microbiológico:</b> 1. Escherichia coli/ Coliformes (UFC/g x10 <sup>2</sup> ) 2. Staphilococcus aureus (UFC/g x10 <sup>3</sup> ) 3. Salmonella/ 25g 4. E. coli O157:H7	1. 1 2. 1 3. Ausencia 4. Ausencia/25g	1. 50 2. 7x10 <sup>2</sup> UFC/g 3. Ausencia 4. Ausencia/25g
<b>Salado</b>	<b>Método</b>	Apilado	Malaxado al vacío
	<b>Tiempo (días/kg)</b>	1.5	0.03 (4 horas)
	<b>Temperatura (°C)</b>	3 – 6	5
	<b>Humedad Relativa (%)</b>	75	100
	<b>Rendimiento (%)</b>	93 - 97	111
	<b>Salmuera (%)</b>	8 – 10	15.60
	<b>Nitrito de Sodio (ppm)</b>	100- 250	150
	<b>Nitrato de Potasio (ppm)</b>	200 – 400	150
	<b>Eritorbato (ppm)</b>	300 – 500	300
	<b>Contenido de Sal (%)</b>	2 – 3	3.63
	<b>Coefficiente de Difusión (m<sup>2</sup>/s)</b>	2.2x10e <sup>-10</sup>	4.475
<b>Reposo</b>	<b>Método</b>	Colgadas	Empacado al vacío en fundas LDPE

	<b>Tiempo (días)</b>	30 – 90	23
	<b>Temperatura (°C)</b>	6	5 – 10
	<b>Humedad Relativa (%)</b>	85 – 75	80
	<b>Aw</b>	0.96	0.95
	<b>Rendimiento (%)</b>	85 – 90	103
	<b>Contenido de Sal (%)</b>	3 – 5	4
<b>Secado</b>	<b>Tiempo (días)</b>	70 – 90	69
	<b>Temperatura (°C)</b>	8 – 16	13 – 18
	<b>Humedad Relativa (%)</b>	75 – 70	70
	<b>Aw</b>	0.87	0.87
	<b>Rendimiento (%)</b>	65 – 75	56
<b>Madurado</b>	<b>Tiempo (días)</b>	90 – 120	23
	<b>Temperatura (°C)</b>	16 – 22	20 – 25
	<b>pH</b>	5.2 – 6	6
	<b>Humedad Relativa (%)</b>	70 – 65	68
	<b>Aw</b>	0.86 - 0.85	0.85
	<b>Rendimiento (%)</b>	55 – 70	47
	<b>Contenido de Sal (%)</b>	5 – 7	7.77
	<b>Coefficiente de Difusión (m<sup>2</sup>/s)</b>	2.2x10e <sup>-10</sup>	4.348x10e <sup>-10</sup>
	<b>Microbiológico:</b>		
	<b>1. Staphilococcus aureus (UFC/g x10<sup>2</sup>)</b>	<b>1. 1</b>	<b>1. &lt;1</b>
<b>2. Clostridium perfringens (UFC/g x10<sup>3</sup>)</b>	<b>2. 1</b>	<b>2. &lt;1</b>	
<b>3. Salmonella/ 25g</b>	<b>3. Ausencia</b>	<b>3. Ausencia</b>	

En microbiología los valores expresados como  $<1 \times 10^1$  UFC/g, se consideran ausencia.

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

En los resultados plasmados en la Tabla 24, se observa que los valores de mayor relevancia, por etapa, son: tiempo de proceso, rendimiento y contenido de sal.

- **Recepción:** El rendimiento al finalizar esta etapa, es 35 puntos menor al método tradicional, resultado derivado por la eliminación de la piel, grasa y hueso de la carne de cerdo.
- **Salado:** El tiempo de salado se redujo 50 veces con la técnica de malaxado al vacío y aplicación de una salmuera al 15.60%, 5% más concentrada a la salmuera recomendada en la literatura. Como resultado, el contenido de sal, al finalizar la etapa, fue 6 décimas mayor al rango establecido.  
  
Reflejándose también en el aumento del coeficiente de difusión de la sal, siendo 20 billones de veces más rápido.
- **Reposo:** Una ganancia de 7 días menos de procesamiento, en la etapa de reposo, se logró por el empacado al vacío en fundas plásticas, que permitió una mejor repartición de sal y evitar el excesivo exudado de la carne. Resultado también reflejado en el rendimiento, el mismo que estuvo 13 puntos por encima del valor tradicional.
- **Secado:** A pesar de no observarse una disminución significativa del tiempo de proceso, el secado de las piernas se realizó en 69 días, tiempo mínimo para alcanzar 0.87 de aw. El aumento de la temperatura ambiente, provocó una deshidratación más rápida del jamón y la reducción del tiempo de proceso, viéndose impactado, también, el rendimiento por debajo de 10 puntos.

- **Madurado:** Etapa final, que muestra resultados consistentes. El procesamiento es reducido en un 30%, obteniendo un producto dentro de parámetros de pH, aw, contenido de sal y microbiológico. A pesar que el rendimiento, aparentemente, es menor por 8 puntos, el jamón manufacturado es 100% producto comestible, a diferencia del jamón tradicional que incluye hueso y grasa superficial. Finalmente, se comprueba que el coeficiente de difusión es casi 2 veces (1.97 veces) más rápido al finalizar el proceso. Estos resultados positivos, indican que los métodos aplicados como, acondicionamiento de la carne, malaxado y empacado al vacío, fueron exitosos desde sus inicios.

La optimización de tiempo de proceso, en cada etapa, demuestra que es posible realizar en 4 meses un jamón curado vs. 8 meses de lo planteado en la teoría.

### **3.1 Resultados físico-químicos, rendimiento y microbiológicos.**

Minitab 16 fue aplicado para analizar las variables de respuesta, identificadas en la corrida experimental, empleando las herramientas de gráfica de probabilidad simple, seguido por la estadística básica de t de 2 muestras, siempre y cuando la tendencia del primer análisis de datos siga una distribución normal.



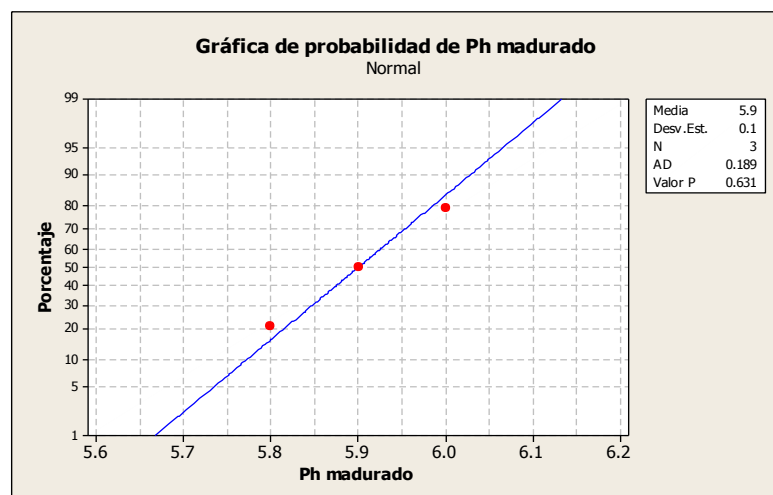
En la gráfica de probabilidad simple y método de t de 2 muestras si  $p > 0.1$ , los datos tienden a la distribución normal, asumiéndose  $H_0$ ; caso contrario, si  $p < 0.05$  la distribución es diferente, asumiéndose  $H_1$ , siendo el indicador de diferencia significativa.

El nivel de confianza empleado en todos los análisis fue del 95%, utilizando los datos de la última semana (7 días) de la etapa de maduración.

### Resultados físicos químicos: pH y contenido de sal.

#### Análisis de pH de los jamones curados.

En la gráfica de probabilidad simple se obtuvo un valor  $p = 0.631$ , indicando que los datos de pH analizados tienen una distribución normal como se observa en la Figura 3.1



**FIGURA 3.1 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL PARA PARÁMETRO pH**

Conociendo la distribución, se procedió a utilizar la herramienta de estadística básica t de 2 muestras, obteniendo el siguiente análisis detallado en la Tabla 25:

**TABLA 25**  
**PH PROCESO ACELERADO VS PROCESO TRADICIONAL**

Muestra	n	Media	Desv.Est	Valor p
1	3	5.900	0.100	0.618
2	3	5.850	0.120	

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

En donde:

Muestra 1: Proceso Acelerado

Muestra 2: Proceso Tradicional

n: cantidad de datos

$\mu$ d: Datos del parámetro pH

H<sub>0</sub>: hipótesis nula

H<sub>i</sub>: hipótesis alterna

Condición de hipótesis alterna: No es igual a ( $\neq$ )

H<sub>0</sub>:  $\mu$ d = 0  $\rightarrow$  No existe diferencia significativa

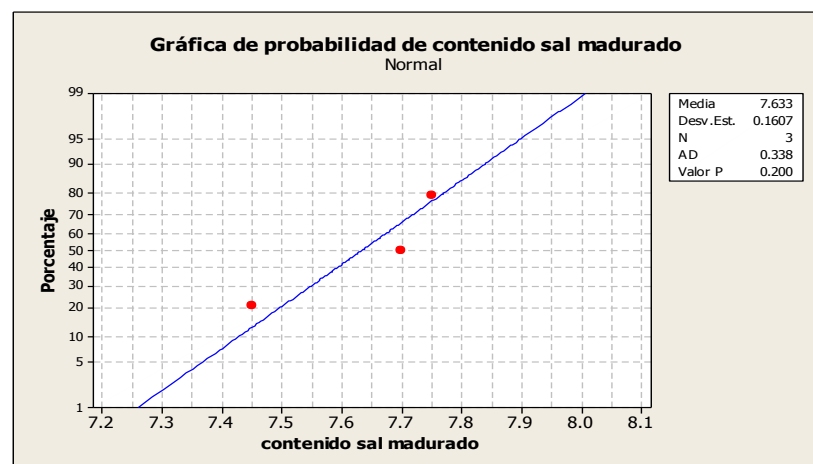
Vs

Hi:  $\mu d \neq 0$  → Si existe diferencia significativa

El valor p obtenido fue 0.618, indicando que no existe diferencia significativa entre los valores de pH de jamones curados del proceso acelerado contra el pH de jamones curados en el proceso tradicional. Oscilando entre 5.5 a 6.2

### **Análisis de contenido de sal en los jamones curados.**

En la gráfica de probabilidad simple se obtuvo un valor  $p = 0.200$ , indicando que los datos de porcentaje de sal en los jamones curados analizados, tienen una distribución normal como se muestra en la Figura 3.1.2.



**FIGURA 3.2 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL PARA EL PARÁMETRO CONTENIDO DE SAL**

Conociendo la distribución de los datos, se procedió a utilizar la herramienta de estadística básica t de 2 muestras, obteniendo el análisis detallado a continuación en la tabla 26:

**TABLA 26**  
**CONTENIDO DE SAL (%) PROCESO ACELERADO VS.**  
**PROCESO TRADICIONAL**

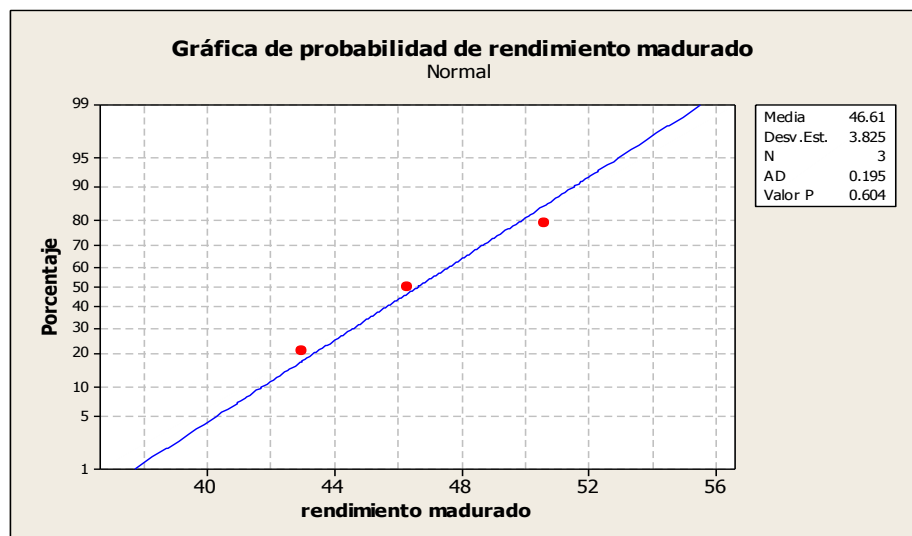
<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est</b>	<b>Valor p</b>
<b>1</b>	3	7.630	0.160	0.127
<b>2</b>	3	6.750	0.580	

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

El valor p obtenido fue 0.127, por lo que se asume  $H_0$  y se establece que no existe diferencia significativa entre los contenido de sal en los jamones curados del proceso tradicional y acelerado. Los jamones curados obtenidos en la experimentación alcanzaron un porcentaje de sal de 7.77, en promedio, mientras que el contenido de sal en los jamones curados del proceso tradicional oscila entre el 5 al 7%.

### Resultados de Rendimiento.

En la gráfica de probabilidad simple se obtuvo un valor  $p = 0.604$ , indicando que los datos de rendimiento analizados tienen una distribución normal como se observa en la Figura 3.1.3.



**FIGURA 3.3 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL PARA  
PARÁMETRO RENDIMIENTO**

Conociendo la distribución de los datos, se procedió a utilizar la herramienta de estadística básica t de 2 muestras, obteniéndose el siguiente análisis detallado en la Tabla 27:

**TABLA 27**  
**RENDIMIENTO PROCESO ACELERADO VS. PROCESO**  
**TRADICIONAL**

<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est</b>	<b>Valor p</b>
<b>1</b>	3	46.60	3.82	0.009
<b>2</b>	3	62.50	2.50	

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

El valor p obtenido fue 0.009, por lo que se establece que existe diferencia significativa entre los rendimientos de las piernas analizadas versus el rendimiento de jamones curados del proceso tradicional.

El rendimiento promedio de los jamones curados en base cero fue del 25% y con pérdida estándar fue del 47%. Para jamones curados tradicionales el rendimiento fluctúa entre 55 al 70%.

Cabe recalcar que el rendimiento obtenido del 47% no incluye la piel, grasa y hueso de la pierna de cerdo, a diferencia del tradicional. Lo cual otorga beneficios como: ahorro de consumo de material de empaque, facilidad de transporte y menor espacio de almacenamiento.

**Resultados microbiológicos: C. perfringens, S. aureus, Salmonella.**

De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1338:2010 de carnes y productos cárnicos, los microorganismos que determinan la calidad e inocuidad de los productos curados-madurados son: C. perfringens, S. aureus y Salmonella; los mismos que fueron analizados en los jamones curados.

Los resultados microbiológicos mandatorios, demostraron estar por debajo de los límites máximos permitidos.

Adicionalmente, se realizaron 4 análisis bioquímicos, siendo estos: Bacterias ácido lácticas, E. coli, Coliformes y NBV, para comprobar la inocuidad de los jamones curados, esta información fue tomada de libros de Arnau (ARNAU, J; HUGES, M; MONFORT, J.M; 1987; Jamón Curado: Aspectos Técnicos) y Paule Durand (DURAND PAULE; 2002; Tecnología de los productos de charcutería y salazones).

Los análisis no reportaron desviaciones por presencia de E. coli-Coliformes, E. coli H7:O157 y bacterias ácido lácticas.

Por el contrario, la prueba de Nitrógeno Básico Volátil (NBV) reportó valores por encima de los requisitos establecidos, afectando la

calidad e inocuidad del producto. Los resultados bioquímicos se detallan en la Tabla 28.

La desviación de los valores de NBV es un indicador de putrefacción de la carne por procesos enzimáticos lipídicos y/o proteolíticos, originando la generación de compuestos volátiles altos, como olores ácidos, los mismos que se presentaron al final de la etapa de maduración. Es importante recordar que la actividad enzimática aumenta al incrementarse la temperatura del medio, por lo que se presume que los valores de NBV aumentaron durante el estufaje.



**TABLA 28**  
**RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DEL PRODUCTO FINAL:**  
**JAMÓN CURADO**

Microorganismo	Jamones			Requisito	Estado
	1	2	3		
<b>Requeridos por NTE INEN 1338:2010. Carne y productos cárnicos</b>					
<b>C. perfringens (UFC/g x10<sup>3</sup>)</b>	<1	<1	<1	1 x10 <sup>3</sup>	Cumple
<b>S. aureus (UFC/gx10<sup>1</sup>)</b>	<1	<1	<1	1x10 <sup>2</sup>	Cumple
<b>*Salmonella (Ausencia/25g)</b>	0	0	0	Ausencia/25g	Cumple
<b>Valores microbiológicos de referencia</b>					
<b>E. coli/ Coliformes (UFC/gx10<sup>1</sup>)</b>	<1	<1	<1	1x10 <sup>2</sup>	Cumple
<b>*E. coli O157:H7 (Ausencia/25g)</b>	0	0	0	Ausencia/25g	Cumple
<b>Ácido láctico (UFC/gx10<sup>1</sup>)</b>	20	25	43	1X10 <sup>3</sup>	Cumple
<b>**Nitrógeno Básico Volátil-NBV (mg/100g)</b>	252.4	230.65	203.7	50	No cumple

En microbiología los valores expresados como <1x10<sup>1</sup> se estiman ausencia

\*El 0 expresa ausencia del microorganismo

\*\*MNPC: Muy numeroso para contar

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014).

### 3.2 Formulación.

Para determinar el porcentaje de sal en carne y formulación de la salmuera, se realizó un balance de materia y difusión molecular, descritos en el capítulo 2.

Como referencia se utilizó la receta del jamón curado tradicional, en la que establecen las cantidades de los siguientes ingredientes: nitrito de sodio, nitrato de potasio, eritorbato de potasio y ácido ascórbico.

La Tabla 29 muestra la fórmula del jamón curado de salado acelerado. La adición del ácido ascórbico y la grasa vegetal se realizó en la etapa de secado como se describe en el capítulo 2.

**TABLA 29**  
**FORMULACIÓN**

<b>Ingredientes</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Carne</b>	86.39	%
<b>Sal</b>	13.61	%
<b>Ácido ascórbico</b>	25	ppm
<b>Grasa vegetal</b>	9	%
<b>SALMUERA</b>		
<b>Agua Líquida</b>	65.15	% P/P
<b>*Hielo</b>	19.25	% P/P
<b>Salmuera</b>	15.60	% P/P
<b>Nitrito de Sodio</b>	150	mg/ kg carne en sal
<b>Nitrato de Potasio</b>	150	mg/ kg carne en sal
<b>Eritorbato de Sodio</b>	300	mg/ kg carne en sal

\*La cantidad de hielo dependerá de la temperatura de la carne a procesar, en las pruebas realizadas la temperatura promedio de las piernas de cerdo fue 4°C.

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

### 3.3 Caracterización.

Las características organolépticas de los jamones curados tuvieron una evolución normal, desarrollando colores rojos propios del producto, textura firme y palatable y olores ácidos agradables.

Las características organolépticas y físico-químicas del producto terminado se detallan en la Tabla 30.

**TABLA 30**  
**CARACTERIZACIÓN DEL JAMÓN CURADO**

<b>Características Organolépticas</b>	<b>Exterior</b>	<b>Interior</b>
<b>Color</b>	Carne: roja y ciertas zonas rojas oscuras Grasa: crema, vetado	Carne: roja característica, pequeñas zonas amarillas (pierna 1) Grasa: Crema, vetado
<b>Textura</b>	Firmes y secas	Firmes y secas
<b>Encostrado</b>	Si	No
<b>Olor</b>	Ácido moderado, no picoso	Ácido moderado, no picoso
<b>Características Físico-Químicas</b>		
<b>Peso promedio jamones (kg)</b>	2.49	
<b>Aw</b>	0.85	
<b>pH</b>	6	

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014).

Los jamones curados presentaron en la superficie una delgada capa blanca de grasa vegetal, que fue aplicada para suavizar el encostrado. Transcurrieron 115 días para alcanzar 0.85 de aw.

Con el objetivo de conocer la evolución, progresiva o degradante, del olor de los jamones en el tiempo, se colocó una muestra representativa por pierna en fundas de polietileno de baja densidad y se almacenaron en refrigeración durante un mes.

Pasado este tiempo, el olor poco característico en la carne continuó, por esta razón se realizó un análisis de NBV a las muestras para determinar la presencia.

El cual fue definido por la NTE INEN 182 1975-04, “determinación de nitrógeno básico volátil en conservas de pescado” mediante el método de destilación y titulación de amoníaco libre.

Los resultados se encontraron fuera de norma, los mismos que se detallan en la Tabla 31.

**TABLA 31**

**RESULTADOS DE ANALISIS DE NBV EN MUESTRAS DE  
JAMÓN CURADO**

Análisis	Jamones			Requisito	Estado
	1	2	3		
<b>**Nitrógeno Básico Volátil-NBV (mg/100g)</b>	252.4	230.65	203.7	50	No cumple

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014).

# CAPÍTULO 4

## 4. DISEÑO DEL PROCESO

De acuerdo a la demanda establecida en el Capítulo 1, se determinó que nuestra planta podría satisfacer un 4.34% del mercado nacional, siendo la capacidad de 190 kilos de carne día, como lo indica la Tabla 32.

**TABLA 32**

### **CAPACIDAD REQUERIDA EN LA PLANTA DE JAMONES CURADOS**

<b>Día / 8 horas</b>	<b>Mes /23 Días</b>	<b>Año / 12 meses</b>	<b>Unidad</b>
<b>19</b>	437	5,244	Piernas
<b>190</b>	4,370	52,440	Kilos

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

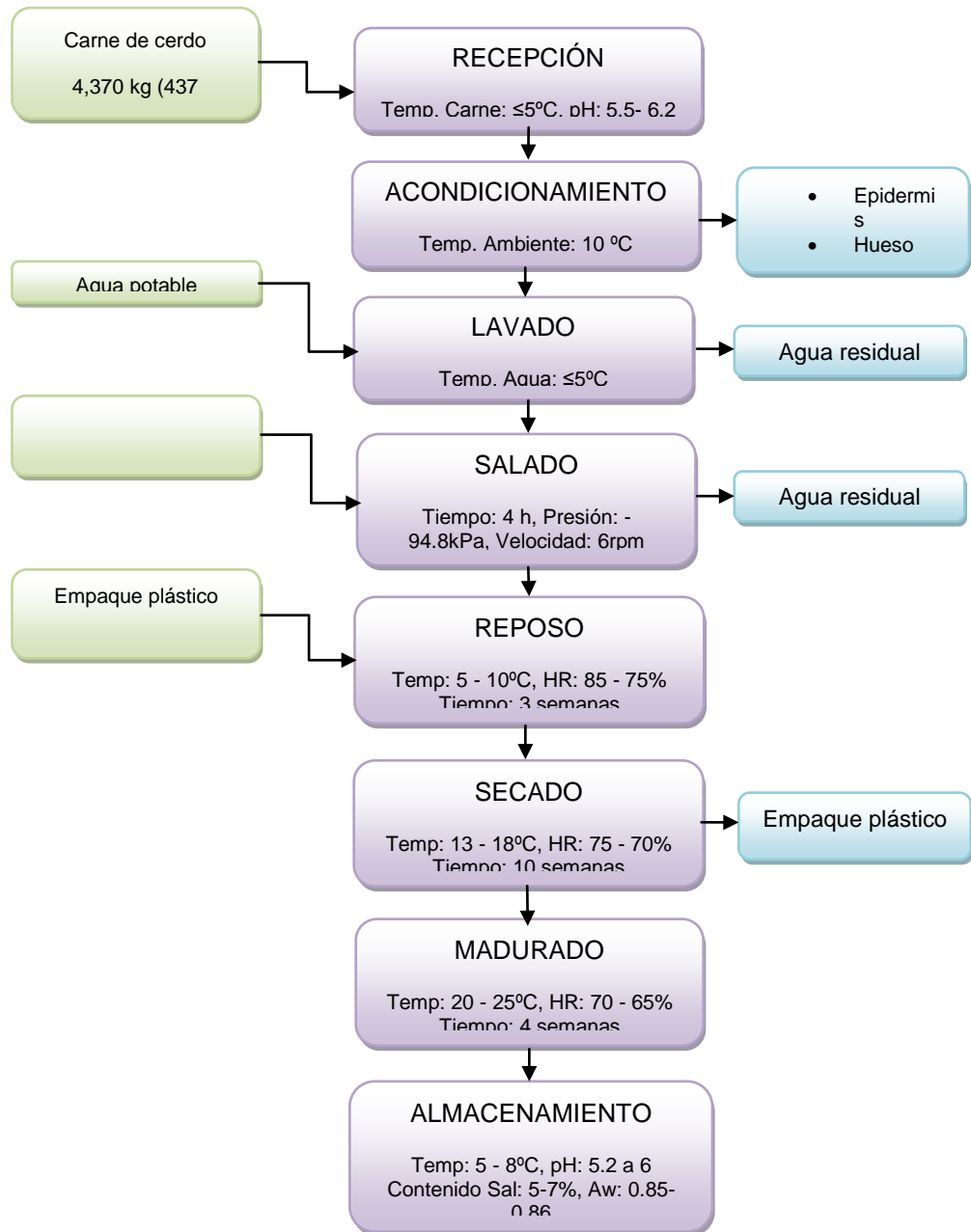
Por lo tanto, la velocidad de producción de la línea de proceso en un turno de 8 horas diarias será de 19 piernas/día (190 kg/día), para alcanzar satisfacer la demanda fijada.

#### **4.1 Etapas del proceso**

El flujo y los parámetros del proceso acelerado para la obtención del jamón curado, se resumen en la Figura 4.1.1.

##### **Capacidad instalada.**

En base al estudio de mercado realizado, la demanda aproximada de piernas de jamones curados es de 438 piernas a nivel nacional o a su vez 4,380 kg/día de carne de cerdo. Por lo tanto para captar un 4.34% del mercado, es necesario que en la fábrica de jamones curados se instale una capacidad de 190 kilos/día de carne de cerdo.



Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)

**FIGURA 4.1 FLUJO DEL PROCESO ACELERADO PARA LA ELABORACIÓN DE JAMÓN CURADO**

## 4.2 Selección de equipos.

La adquisición del equipo se basa en factores relevantes como: marca, capacidades, modelo, precio, automaticidad, eficiencia, costo de instalación, mantenimiento y operación, la existencia y rotación de repuestos.

En la Tabla 33, 34 y Anexo 3 se detallan las cámaras de proceso, equipos y materiales requeridos en el proceso de elaboración del jamón curado, respectivamente.

**TABLA 33**  
**NECESIDADES Y COSTO DE CÁMARAS ARMARIO DEL**  
**PROCESO**

Área	Cámara	Cantidad	Precio	
			Unitario (\$ local)	Subtotal (\$)
<b>Reposo</b>	Reposo	12	3,500	42,000
<b>Secado</b>	Secado	19	3,500	66,500
<b>Madurado</b>	Madurado	5	3,500	17,500
<b>TOTAL</b>				126,000

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)  
Ver anexo 5. Ficha Técnica de cámaras armario.



**TABLA 34**  
**NECESIDADES Y COSTO DE EQUIPOS POR AREA**

Área	Equipos	Cant	Precio	
			Unitario (\$)	Subtotal (\$)
<b>Administración</b>	Computadora	3	350	1,050
	Aire acondicionado	2	1,500	3,000
<b>Laboratorio</b>	Estufa	1	950	950
	Aire acondicionado	1	1,100	1,100
	Computadoras	1	350	350
<b>Recepción</b>	Balanza industrial	1	1,000	1,000
<b>Lavado</b>	Tina de lavado (Simple)	1	1,200	1,200
<b>Salado</b>	Tumbler	1	10,200	10,200
<b>Empacado</b>	Empacadora al vacío	2	3,400	6,800
<b>TOTAL</b>				<b>26,550</b>

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)  
Ver anexo 2. Fichas Técnicas de Equipos

### **Capacidad de equipos.**

En la Tabla 35 se detallan las capacidades de los equipos seleccionados, necesarios para satisfacer la producción arriba mencionada.

**TABLA 35**  
**CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LOS EQUIPOS**

Área	Equipos	Cant.	Capacidad	Unidades
Recepción	Bascula industrial Moresco 8014	1	300	Kg
Lavado	Tina de lavado (Simple)	1	200	Lts
Salado	Mezcladora- masajeadora Temic	1	200	Lts
Empacado	Empacadora al vacío DZ500-Mainpack	2	120	Kg/hora
Reposo	Cámara armario (2 puertas) C3- s.r.l	12	150 - 250	Kg/ciclo
Secado	Cámara armario (2 puertas) C3- s.r.l	19	150 – 250	Kg/ciclo
Madurado	Cámara armario (2 puertas) C3- s.r.l	5	150 – 250	Kg/ciclo

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez (2014)  
Ver anexo 2. Fichas Técnicas de Equipos  
Ver anexo 5. Ficha Técnica de cámaras armario.

### 4.3 Costos de fabricación

En el presente estudio para el análisis de costos, se debe tomar en cuenta que las instalaciones de la planta serán alquiladas, el mismo que se ha considerado a causa de la difícil adquisición de capital, a la gran demanda de dinero que constituye la inversión de la planta y a la mediana demanda de producto.

El local debe cumplir con el espacio físico requerido y con la disponibilidad de servicios que permitan operar la planta.

También se han analizado los costos directos e indirectos, capital de trabajo, inversión, estado de balance, flujo mensual y anual.

Los costos directos lo conforman la mano de obra directa, material de empaque, alquiler del local, costo de materia prima e insumos, consumo de agua y energía eléctrica. En los gastos indirectos consideramos los administrativos.

Los equipos, cámaras armario prediseñadas y materiales usados, tanto en el proceso productivo como en el área administrativa, constituyen la inversión.

### **Costos directos**

#### *Mano de obra.*

Los costos de mano de obra incluyen: el pago de salarios, decimos y descuento de seguro, de todos los trabajadores de la empresa directa o indirectamente implicados en el proceso productivo. Siendo el valor del salario el mínimo vital establecido en este año, como se indica en la Tabla 36

**TABLA 36**  
**COSTO DE MANO DE OBRA**

Área	Nº operad or	Salario Individual (\$)	Subtotal (\$)
Recepción	1	340	340
Acondicionamiento	2	340	680
Limpieza y Lavado	1	340	340
Salado	1	340	340
Reposo	-	-	-
Secado	-	-	-
Otros CMO Seguro12,35% decimos			1,141
Despacho	1	340	340
Laboratorio	1	500	500
Gerencia	1	819	819
Proceso	2	430	860
Administrativo	1	500	500
Mantenimiento	2	400	800
<b>TOTAL</b>	13		6,660

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H. (2014).

*Material de empaque.*

El material de empaque (Polietileno de Baja Densidad) es utilizado para empaclar las piernas de cerdo antes de entrar a la etapa de reposo, y luego para el almacenamiento de los jamones curados para su posterior venta.

El costo del empaque por pierna es de \$1.50, siendo 19 piernas de jamón curado a empacar por día es \$28.50, y al mes \$655.50.

*Materia prima e insumos.*

Incluye el costo de compra de las piernas de cerdo, e insumos necesarios para la preparación de la salmuera como: sales de curado, hielo y sal.

Las piernas de cerdo con un peso promedio de 10 a 11 kilos tienen un costo aproximado de \$55.00, dependiendo del supermercado en el que se las adquiera. Los costos mensuales de materia prima e insumos se indican en la Tabla 37.

**TABLA 37**

**COSTO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS**

<b>Rubro</b>		<b>Costo/mes (\$)</b>
<b>Materia Prima</b>	Piernas de cerdo	24,035
<b>Insumos</b>	Sales de curado	69.00
	Sal	244.23
	Hielo	460.00
	Varios	4,140
<b>TOTAL</b>		<b>28,948.23</b>

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H. (2014)

*Servicios básicos: energía eléctrica y agua.*

El consumo energético de los equipos eléctricos del área de proceso como el administrativo, fue determinado en base al consumo en watts señalado en los catálogos. El consumo energético de las cámaras armarios usadas en las etapas de reposo, secado y madurado fue dado por la potencia frigorífica de las mismas.

Se ha considerado el precio del kw en \$0.11. El gasto energético mensual es de \$2,629.16.

El consumo del agua incluye la usada en el proceso productivo (etapa de lavado), lavado de gavetas, utensilios, coches transporte, carretillas colgadores de jamones, y servicios de baños y duchas. Siendo el mínimo costo mensual de este rubro de \$160.00.

**Costos indirectos**

Los costos indirectos lo conforma el salario del personal administrativo, resumido en la Tabla 36.

**Inversión**

*Equipos.*

Los costos de equipos incluyen el gasto de compra de los equipos necesarios en el área de laboratorio, de proceso y administrativo. Como se muestra en la Tabla 34.

*Cámaras armarios.*

El costo de las cámaras armario es determinado en base al precio de las cámaras por la cantidad de las mismas, necesarias en la línea de proceso. Como se detalla en la Tabla 33.

*Material utilizado en el proceso productivo.*

Dentro de los costos de materiales se incluyen los gastos por la compra de utensilios y/o materiales directamente involucrados en el proceso, como: balanzas grameras, yallets, coches transportadores, carro contenedor de salmuera, gavetas plásticas, mesas de soporte, mesas de acero inoxidable, pallets para jamones, etc. El gasto en este rubro es de \$11,760.

Resultando un total de la inversión de \$163,410, necesarios para la puesta en marcha de la planta de jamones curados, como lo indica la Tabla 38.

**TABLA 38**  
**INVERSIÓN ESTIMADA PARA LA PRODUCCIÓN DE JAMÓN**  
**CURADO**

<b>Inversión</b>	<b>Costo(\$)</b>
Equipos	25,650
Cámaras armario	126,000
Materiales	11,760
<b>TOTAL</b>	<b>163,410</b>

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H (2014).

En la Tabla 39 y 40 se indican el total de ingresos y gastos en base a la producción mensual de jamones curados.

**TABLA 39**  
**INGRESO MENSUAL ESTIMADO PARA LA PRODUCCIÓN**  
**DE JAMÓN CURADO**

<b>INGRESOS</b>			
<b>Producción mensual</b>	<b>Peso Promedio de pierna (Kg)</b>	<b>P. V.P (c/Kg)</b>	<b>Ingreso (\$)</b>
437 piernas	2.8	40	48,944

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H (2014).



**TABLA 40**  
**GASTOS MENSUALES ESTIMADOS PARA LA**  
**PRODUCCION DE JAMÓN CURADO**

<b>GASTOS</b>	
<b>Rubro</b>	<b>Costo (\$)</b>
Materia prima (piernas de cerdo)	24,035
Insumos (sal, sales de curado, hielo)	4,913.23
Material de empaque	655.50
Mano de obra	6,660
Energético	2,629.16
Agua	160.00
Alquiler del local	1,500
<b>TOTAL</b>	<b>40,552.89</b>

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H (2014).

Según el análisis de costo realizado (Ver anexo 7), nuestro precio de venta al público es de \$40 y se tendría una utilidad neta mensual promedio de \$6,000 con una tasa interna de retorno o T.I.R. de 35.51% y un valor neto agregado o V.A.N. de \$297,953.33.

Estos parámetros son usualmente empleados para calcular la rentabilidad y viabilidad de un proyecto. Si el TIR es alto (mayor al interés bancario) y el VAN es superior a cero, estamos ante un proyecto rentable, ya que se supone un retorno de la inversión

inicial con un interés mayor y por ende tendríamos más capital, que si lo hubiéramos puesto a renta fija.

Como punto de equilibrio sería necesario vender 2,969 piernas de jamón curado al año, para que la fábrica pueda cubrir sus costos fijos y variables sin que haya pérdida ni ganancia. Ver Anexo 8.

El P.V.P. está determinado a través del cálculo de gastos totales más depreciaciones, amortizaciones y dejando un porcentaje de utilidad del 12.36% (Ver anexo 8). Esta utilidad podría ser más alta, pero debido a la fuerte competencia y accesibilidad económica, se estimó prudente estar en un precio más bajo que el mercado; productos pueden llegar a costar hasta 55 dólares por kilo lo que dejaría una utilidad de 39.63%.

El capital de trabajo podría ser financiado mediante un préstamo bancario, con un interés del 10%, el cual se terminará de pagar al término del 3er año. El capital cubrirá el pago de inversiones siendo las cámaras y equipos en general, por un monto de \$163,410.

Con la aceleración del proceso obtenemos producto en 4 meses versus los 8 meses del proceso tradicional, que representa un 100% de aumento de producción contra lo tradicional. Al año tendríamos 3 ciclos de producción que representa el doble de ciclos en comparación con los 1.5 ciclos del proceso tradicional.

El movimiento del producto terminado en bodega sería mayor, debido a la disminución del tiempo de proceso, y a su vez aumentaría la disponibilidad del producto en el mercado, el mismo que se ha visto afectado por la restricción en las importaciones.

#### **4.4 Distribución de la planta (Layout).**

En las industrias de productos cárnicos es indispensable la separación de las áreas de proceso, desde el punto de vista higiénico, siendo: higiene básica (recepción de materia prima, bodegas de materiales) y alta higiene (áreas de manufactura). Por lo tanto, es necesario aplicar el principio de “marcha hacia adelante”, desde la recepción de la materia prima hasta el área de la obtención del jamón curado, sin ninguna marcha atrás.

El personal operativo, incluido el de mantenimiento, puede desplazarse desde las zonas de alta higiene a las zonas de higiene básica, pero su retorno debe ser limitado y controlado. Con el objetivo de evitar la contaminación cruzada, barreras físicas deben ser instaladas, tales como:

Vestuarios y sanitarios: Aislados de las áreas de producción con ventilación apropiada (presión negativa).

Lavamanos: Con accionamiento de rodilla, toallas desechables, dispensadores de jabón líquido y desinfectante; localizados en los siguientes puntos:

- Sanitarios y vestuarios
- Entrada a áreas de producción
- Áreas de proceso
- Laboratorio

Pediluvios: Dispositivos de limpieza de calzado y de ruedas de coches transportadores, localizados en los siguientes puntos:

- Entrada al área de almacenamiento de materia prima.
- Entrada al área de secado y madurado.
- Entrada al área de proceso.

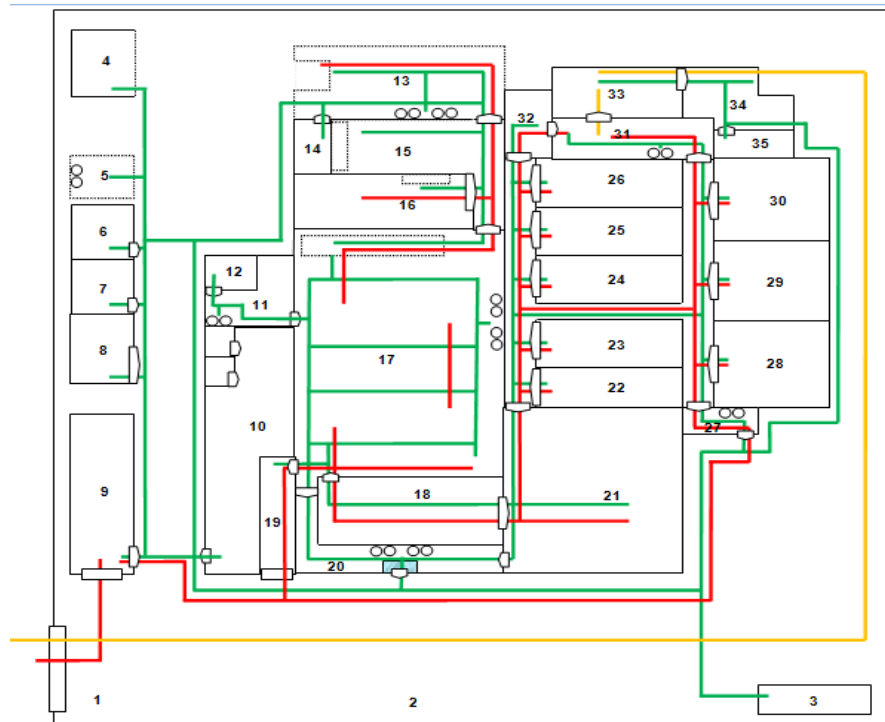
Además de estas barreras físicas, la implementación de las buenas prácticas de manufactura para asegurar la inocuidad de los jamones curados.

El personal será dotado de uniformes, el cual incluye: cofia, mandil, pecheras plásticas, botas, guantes y mascarilla.

Otro de los factores que merecen la debida atención para asegurar la inocuidad y calidad del jamón curado, es el control de parámetros físicos: temperatura de cámaras de almacenamiento, de materia prima y producto terminado.

Conforme a los requisitos higiénicos exigidos en las áreas de manufactura, la demanda del mercado y la capacidad requerida, se realizó una distribución ideal de la planta. (Ver Figura 4.4.1)

Para la distribución en planta, las áreas fueron separadas por grado de higiene, siendo: básica, mediana y alta. Además de incluir el flujo de personas, material y producto terminado, evitando así posibles contaminaciones cruzadas.



LEYENDA	
	Flujo de Personal
	Flujo de Material
	Flujo de Producto Terminado

Áreas de Higiene Básica		Áreas de Mediana Higiene		Áreas de Alta Higiene	
1	Ingreso a planta	10	Oficinas	12	Laboratorio Microbiología
2	Parqueos	11	Laboratorio Calidad	21	Cámara de reposo
3	Área de desechos	13	Recepción Materia Prima	22	Cámara de secado 1
4	Sistema de Refrigeración	14	Oficina	23	Cámara de Ssecado 2
5	Área de limpieza utensilios	15	Área de uniformes	24	Cámara de secado 3
6	Baños	16	Bodega de materia prima	25	Cámara de secado 4
7	Baños	17	Área de proceso	26	Cámara de secado 5
8	Taller Técnico	18	Área de salado	28	Cámara de maduración 1
9	Bodega Materiales	19	Bodega insumos	29	Cámara de maduración 2
		20	Aduana	30	Cámara de maduración 3
		27	Aduana	31	Cámara de maduración 4
		34	Área de despacho	32	Bodega insumos
		35	Oficina	33	Bodega producto terminado

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H (2014).

**FIGURA 4.2 DISEÑO DE PLANTA INCLUIDO EL FLUJO DE PERSONAS Y MATERIALES**

## **Áreas de trabajo**

El proceso de elaboración de jamón curado se ha podido dividir en 7 áreas de trabajo, en donde algunas áreas tienen sub-áreas. Por cada área de trabajo existe un operario responsabilizado y en las sub-áreas también existe la colaboración de otros operarios.

Cabe recalcar que, la velocidad de producción de la línea de jamones curados debe ser de 190 kg/día.

A continuación, las áreas en las que se ha dividido el proceso:

### **Área 1.**

Se ha considerado como área 1, a la etapa de recepción de las piernas de cerdo. El operario recibe los carros frigoríficos que contienen las piernas de cerdo, luego las saca y las deposita en los coches transporte para ser pesadas. Esta etapa tiene una velocidad de operación de 1 coche/ minuto. Teniendo en cuenta que el coche tiene una capacidad de 100 kg (10 piernas).

### **Área 2.**

La conforma la etapa de acondicionamiento, que incluye el retiro de piel, grasa y hueso de las piernas de cerdo, además el lavado de las mismas. En el acondicionamiento de las piernas participara 1 operario.

La velocidad de operación es de 1pierna/ minuto o a su vez 10kg/ minuto.

### **Sub- área 2A.**

La constituye la etapa de lavado.

Si se desea producir 19 piernas/ día en esta etapa, y se conoce que la velocidad de lavado por parte de un operario es de 1 pierna/ 5 minutos, entonces la capacidad real en esta operación es de 96 piernas/ día, lo que satisface considerablemente los requerimientos de la capacidad necesaria de 19 piernas/ día.

### **Área 3.**

El área 3 comprende las etapa de salado y empacado al vacío de las piernas de cerdo.

En el salado, las piernas de cerdo son colocadas en el malaxador al vacío que contiene la salmuera. La velocidad de proceso en esta área es de 4 horas/ ciclo, en donde, cada ciclo contiene las 19 piernas de cerdo o a su vez los 103.55 kg de carne de cerdo, siendo el peso de la piernas de cerdo después del acondicionamiento de 5.45 kg aproximadamente.



El área 3 tiene una velocidad de 104 kg/ ciclo (4 horas), dada por la capacidad del equipo, lo que satisface la demanda de las 19 piernas/ día (103.55 Kg/ ciclo).

### **Sub-área 3A.**

La sub- área 3 incluye el empaclado al vacío de las piernas de cerdo.

El operario debe empaclar las piernas de cerdo en fundas de polietileno de baja densidad y luego pesarlas. La velocidad de operación es alrededor de 1pierna/ minuto, por lo tanto se necesitaran 19 minutos para empaclar las piernas de cerdo.

### **Área 4.**

El área 4 es la etapa de reposo. Las piernas luego de ser empacadas al vacío son trasladadas a las cámaras de reposo, en donde estarán bajo condiciones específicas de temperatura y humedad relativa en un tiempo de 23 días.

La velocidad de operación en esta área estará determinada por la capacidad de las cámaras armario, siendo la capacidad 250 Kg de carne por armario por lo que son necesario 12 armarios para mantener 437 piernas en reposo en 23 días. En esta etapa el producto pasara gradualmente de 5 a 10 grados centígrados.

**Área 5.**

El área 5 incluye la etapa de secado. Al finalizar la etapa de reposo, se procede a retirar el material de empaque de los jamones, para luego ser transportadas a las cámaras de secado, en donde estarán bajo condiciones específicas de temperatura y humedad relativa en un tiempo de 69 días.

La velocidad de operación en esta estación estará determinada por la capacidad de las cámaras armario, siendo la capacidad 250 Kg de carne por armario, por lo que es necesario 19 armarios para mantener 1,311 piernas en secado por 69 días a temperaturas de 13 a 18 grados centígrados.

**Área 6.**

La etapa de madurado conforma el área 6. Los jamones al salir de las cámaras de secado son trasladados a las cámaras de madurado, en donde estarán bajo condiciones específicas de temperatura y humedad relativa en un tiempo de 23 días.

La velocidad de operación en esta área de trabajo estará determinada por la capacidad de las cámaras armario, siendo la capacidad 250Kg de carne por armario, por lo que se necesita 5 armarios para mantener 437 piernas 23 días en maduración a una temperatura de 20 a 25°C.

### Área 7.

El área 7 comprende el almacenamiento de los jamones curados, los mismos que serán almacenados en un cuarto de refrigeración. En esta etapa no pasaran más de un día ya que del madurado salen a la venta.

La capacidad de estas áreas es de 19 piernas día que es el ingreso de piernas por día.

### Mano de obra requerida.

En la Tabla 41 se encuentra resumido el personal requerido para laborar en una planta de alimentos cárnicos.

**TABLA 41**

#### **NECESIDAD DE MANO DE OBRA**

<b>ÁREA</b>	<b>NECESIDAD</b>
Recepción	1
Acondicionamiento	2
Limpieza y Lavado	1
Salado	1
Reposo	-
Secado	-
Madurado	-
Despacho	1
Laboratorio	1
Gerencia	1
Proceso	2
Administrativo	1
Mantenimiento	2
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H (2014).

Quedando así, una organización compuesta por un total de 13 personas, de las cuales 5 personas participaran directamente en el proceso productivo. Laboraran 8 horas diarias de lunes a viernes, necesarios para poder producir la demanda establecida.

### **Capacidad de la planta.**

El proceso de producción está diseñado para un flujo diarios de 19 piernas día de un promedio de 10 kg de carne. El periodo de proceso dura 115 días en cámaras varias, dando un producto en proceso de 2,185 piernas, como lo indica la Tabla 42.

**TABLA 42**

### **CAPACIDAD DE LA PLANTA**

<b>ETAPA</b>	<b>Nº CÁMARAS</b>	<b>DÍAS EN CÁMARA</b>	<b>PIERNAS /DÍA</b>	<b>TOTAL PIERNAS</b>
<b>Reposo</b>	12	23	19	437
<b>Secado</b>	19	69	19	1,311
<b>Madurado</b>	5	23	19	437
<b>TOTAL</b>				2,185

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H (2014).

La capacidad de la planta está determinada por la capacidad de las cámaras armario, necesarias para las etapa de reposo, secado y madurado. Si se desea aumentar la capacidad productiva, es

necesario el diseño o adquisición de nuevas cámaras armarios para su expansión.

### **Necesidades de espacios.**

Para la determinación de los espacios es necesario conocer, como punto de partida, la capacidad productiva, equipos óptimos para el proceso, flujo de personal, producto y material.

Con respecto a las máquinas y equipos, se asignó una holgura de 60 cm a la redonda, para facilitar la operación y flujo de personal. El espacio mínimo entre la pared a un objeto será de 45 cm mínimo.

### **Dimensiones de áreas.**

Tomando en cuenta lo antes mencionado, en la Tabla 43 se han resumido las dimensiones iniciales y finales de cada área.

**TABLA 43**  
**DIMENSIONES INICIALES Y FINALES DE LOS**  
**DEPARTAMENTOS**

Departamento	Medida (m) L x A	Área inicial (m <sup>2</sup> )	Área final (m <sup>2</sup> )
Recepción	5.5*7.8	42.29	42.29
Almacenamiento M.P (Opcional)	1.7*7.7	13.09	13.09
Acondicionamiento	7.4*7.8	57.72	57.72
Salado/empacado	5* 7.5	37.5	37.5
Cámara reposo	5.5* 10.02	55.11	55.11
Cámara secado 1	4* 5.3	21.2	21.2
Cámara secado 2	4* 5.3	21.2	21.2
Cámara secado 3	4* 5.3	21.2	21.2
Cámara secado 4	4* 5.3	21.2	21.2
Cámara secado 5	4* 5.3	21.2	21.2
Cámara madurado 1	5.5* 5.3	29.15	29.15
Cámara madurado 2	5.5* 5.3	29.15	29.15
Cámara madurado 3	5.5* 5.3	29.15	29.15
Almacenamiento / Despacho	5.3 * 3.5	18.55	18.55
Bodega Material Empaque	2* 3.3	6.6	6.6
Vestuarios	3*3	9	9
Laboratorio	4*2.5	10	10
Oficinas	8*2.5	20	20
Pasillo 1	5.5* 1.58	8.69	8.69
Pasillo 2	12* 1	12	12
Pasillo 3	2* 7.3	14.6	14.6

Elaborado por: Gabriela Loyola, Raisa Kaviedez H. (2014).

Considerando el área de todos los departamentos, la medida total de la fábrica sería de 27 m de largo por 33.4 m de ancho, resultando el área de construcción en 793.8 m<sup>2</sup>.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se recomienda considerar condiciones climáticas (ventilación y humedad relativa), más favorables que las usadas en nuestro estudio durante la etapa de secado y madurado, con la finalidad de evitar el leve encostrado superficial que presenta el jamón. Actualmente existen modernas cámaras de climatización, automatizadas total o parcialmente, con las cuales se crean y controlan las condiciones requeridas para un proceso de curado adecuado, independientemente de las condiciones ambientales del local o la época de año.
2. En este proyecto se recomienda buscar una mejor raza o cruce genético, para mejorar las características de la carne de cerdo existentes en el Ecuador, y así poder obtener un jamón con

particularidades similares a las del jamón de procedencia ibérica como mayor veteado de grasa.

3. La materia prima (carne de cerdo) adquirida no cumplió los requisitos mandatorios de microbiología establecidos en la NTE INEN 1338:2010, específicamente el parámetro E. coli/ coliformes. No obstante, la reducción de la carga microbiana, de  $50 \times 10^2$  UFC/g a  $<1 \times 10^2$  UFC/g, luego del proceso de salado fue evidenciada. Pudiendo confirmar que, la salmuera inyectada al 15.60%, en vacío, durante 4 horas, actuó como bactericida de la E. coli/ coliformes.
4. Fue posible reducir el tiempo de elaboración del jamón curado a 4 meses (115 días), de acuerdo a los objetivos planteados. La optimización de tiempo, en cada etapa del proceso, demostraron que los métodos aplicados como: acondicionamiento de la carne, malaxado y empacado al vacío, estufaje hasta 25°C; fueron efectivos desde sus inicios para alcanzar la meta.
5. Con las técnicas empleadas en el estudio, es factible lograr la actividad de agua requerida para este tipo de producto de 0.86 a 0.85.



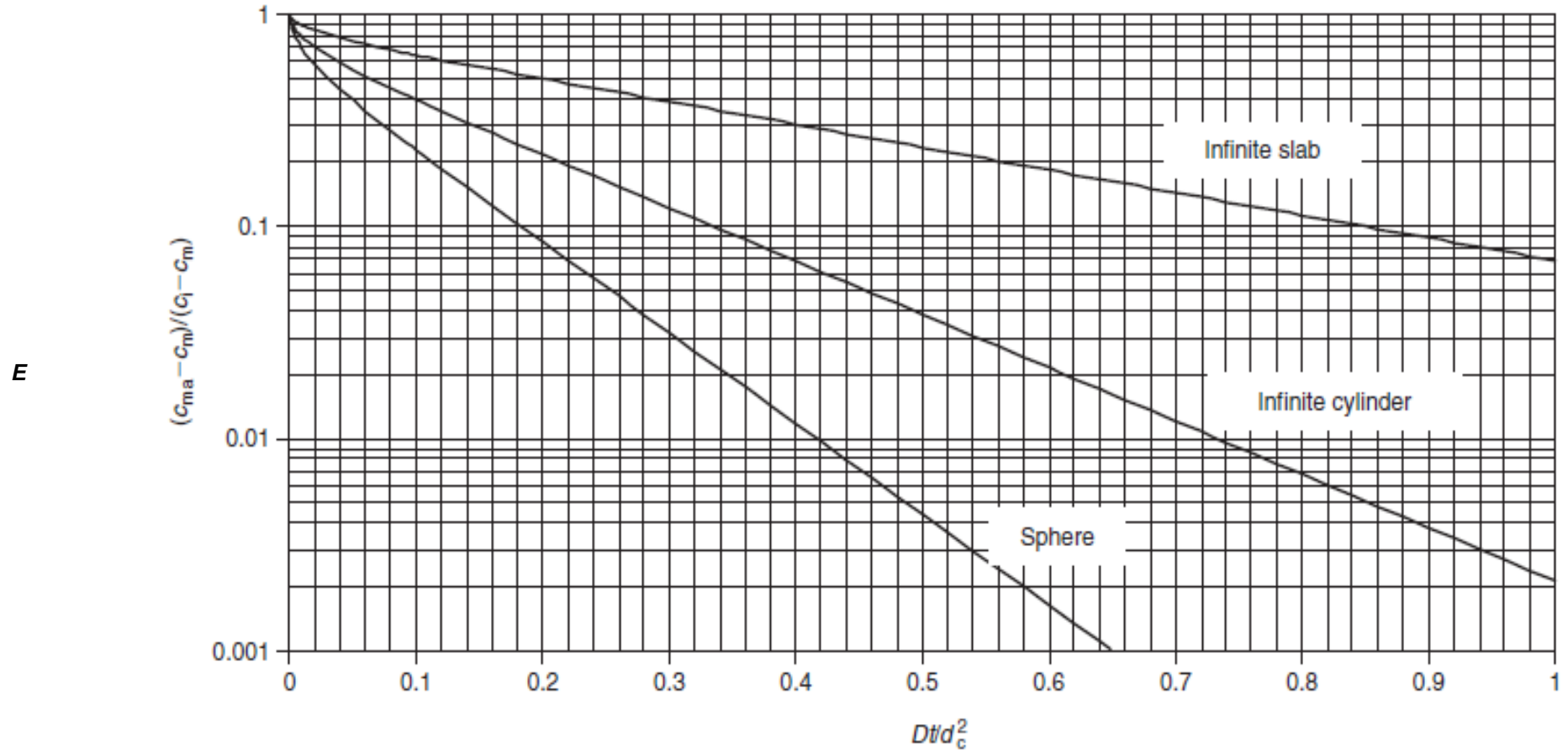
6. Pudiendo concluir también, que el coeficiente de difusión de la sal, en la carne de cerdo, fue 1.97 veces más rápida en el proceso acelerado. Resultado que está ligado con la mejora en la etapa de salado al vacío, dónde, el coeficiente de difusión fue 20 millones veces más veloz. Método que sólo había sido aplicado para embutidos, más no jamones curados. Obteniendo un producto que cumplió parámetros de pH (6), aw (0.85), contenido de sal (7.77%) y microbiológicos como: *S. aureus* ( $<1 \times 10^2$ ), *C. perfringens* ( $<1 \times 10^3$ ), y ausencia de *Salmonella* en 25 g, en 4 meses menos al proceso tradicional.
  
7. El ligero olor a ácido que incidió en el jamón curado, pudo ocasionarse por 2 vías: microbiana o enzimática. No obstante los resultados microbiológicos de la experimentación, descartaron que el origen fuera causado por acción microbiana. Adicionalmente, en la carne se hubieran desarrollado olores putrefactos desde las etapas iniciales del proceso, esto es, cuando la sal aún no se repartía por toda la pierna y la actividad de agua era alta. Concluyendo que, las reacciones enzimáticas responsables de la anomalía en el producto, fueron a causa de la degradación de proteína u oxidación lipídica, no controladas adecuadamente.

8. Se pudo concluir que, el proyecto será rentable al contar con una tasa interna de retorno de 35.51% y un Valor neto agregado de \$297,953.33. Como punto de equilibrio será necesario vender 2,965 unidades al año. El PVP por kilo de jamón curado se estableció en \$40, obteniendo un porcentaje de utilidad del 12.36%. Esta utilidad podría ser más alta, debido a la existencia de productos que pueden llegar a costar hasta \$55 por kilo lo que dejaría una utilidad de 39.63%.
  
9. El costo de mayor relevancia dentro de este proyecto fue el de materia prima que involucra el 59.3% de los costos de producción, por lo que se concluyó, que las diversidades del precio de la carne de cerdo, dentro del mercado local, influirá de manera significativa en las utilidades de las empresas que se dediquen a la elaboración de este producto.

**ANEXOS**

# ANEXO I











## GRÁFICA DE DIFUSIÓN EN ESTADO NO ESTACIONARIO



## ANEXO II

**EVOLUCIÓN DE LA APARIENCIA DE LAS PIERNAS DE CERDO DESDE LA ETAPA DE REPOSO HASTA LA ETAPA DE MADURACIÓN.**

	SALADO	INICIO REPOSO	FINAL REPOSO	INICIO SECADO	FINAL SECADO	INICIO MADURADO	FINAL MADURADO
1							
2							
3							

4							
5							
6							

## ANEXO III

### FICHAS TECNICAS DE EQUIPOS.

#### BALANZA INDUSTRIAL MORESCO 8014

# MORESCO

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO



## BASCULA INDUSTRIAL MORESCO 8014



### DIMENSIONES

Bascula Industrial Moresco, ideal para trabajo pesado. Pantalla Metalica MORESCO 8014 Protección fuerte contra polvo y humedad, Puerto de Comunicacion Serial y bandeja en Acero inoxidable 304 (Opcional)

MEDIDAS PLATAFORMA (LXA)	CAPACIDAD MAXIMA
80 cm x 60 cm	300kg
80 cm x 60 cm	600kg
100 cm x 100 cm	500kg
100 cm x 100 cm	1000kg
120 cm x 100 cm	1000kg
120 cm x 100 cm	1000kg
120 cm x 120 cm	1000kg
150 cm x 120 cm	1500kg
150 cm x 150 cm	2000kg
200 cm x 200 cm	3000kg
300 cm x 300 cm	3000kg

**MORESCO - BOGOTA D.C.**  
COLOMBIA

## **MEZCLADORA-MASAJEADORA.**

**MARCA:** Temic



### **VENTAJAS:**

- Enfriamiento directo del tambor
- Posibilidad de trabajo de la máquina en cuartos sin enfriamiento
- Los masajes y los brazos de mezcla proporcionan un procesamiento delicado de los pedazos de carne o del amaso
- Posibilidad de cargar el tambor desde el 10 hasta el 52% de su volumen
- Suministro de salmuera y otros adobos durante la ejecución de un programa tecnológico
- Sistema automático integrado de carga y descarga para euro carros estándar de 200 litros

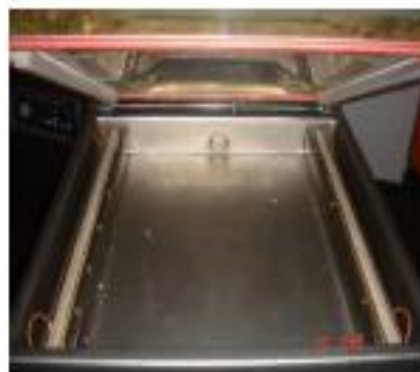
### **PROCESO DE MEZCLAR:**

- Aplicación de la mezcladora - masajeadora como una mezcladora al vacío
- Condensar la mayor parte del lote después de mezclar
- Mejor color del producto listo
- Posibilidad de mezclar varias clases de productos: carne, pescado, mariscos, verduras frescas y congeladas, cereales, etc.
- Tiempo corto del mezclado del lote de carne (aprox. 10 min)

### **PROCESO DE MASAJE:**



## EMPACADORA AL VACIO DZ500











Maquina empacadora de productos al vacio de construcción externa en acero inoxidable. Excelente para el empaque de productos frescos y perecederos, ya que el empaque al vacio proporciona una adecuada protección ante el medio ambiente y garantiza que sus clientes reciban sus productos en condiciones salubres y de frescura. La cual es de fácil uso y es apta para trabajo pesado y para trabajar en ambientes hostiles como cuartos fríos, ambientes con alta salinidad etc. Viene con doble barra de sellado de 500 mm. La cual realiza doble sellado al momento de cerrar la cámara.

Voltage (V/Hz)	110 V /60 Hz
Potencia de la bomba de Vacío	1500 W
Potencia de sellado	750 W
Baja Presión en la bomba de vacio	1 (KPa)
Barras de sellado accionando al momento de hacer vacio	2
Volumen de la cámara de vacio (Largo x ancho x alto)	530x525x100 mm
Ancho de selle (mm)	500 mm
Potencia de la bomba para evacuar aire evacuado de la cámara	20 (m <sup>3</sup> /h)
Bomba de vacio rotatoria	
Material de construcción de la cámara	Acero Inoxidable
Dimensión externa de lá maquina (LxWxH)	580x650x1010 mm.
Peso	125 (kg)

## ANEXO VI

### NECESIDADES DE MATERIALES PARA EL PROCESO DE JAMON CURADO

ÁREA	MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)	
RECEPCIÓN	Coche transportador/ contenedor	6	200	1200	
ACONDICIONAMIENTO	Gavetas plásticas azules: desperdicios	5	20	100	
	Gavetas plásticas rojas: carne cerdo	4	20	80	
	Mesa de acero	2	1500	3000	
	Balanza (3-150 Kg)	1	270	270	
	Yallet o coche porta canasta	1	500	500	
LAVADO	Gavetas plásticas amarillas: carne después del lavado	4	20	80	
SALADO	Balanza gramera (0-1000)	1	120	120	

	Carro salmuera	1	450	450	
	Yallet o coche porta canasta	1	500	500	
	Balanza (5-120 Kg)	1	230	230	
<b>EMPACADO</b>	Mesa soporte	1	1200	1200	
<b>REPOSO</b>	Gavetas plásticas verdes "reposo"	6	20	120	
	Yallet o coche porta canasta	1	500	500	
<b>SECADO</b>	Gavetas plásticas blancas "secado"	6	20	120	
	Yallet o coche porta canasta	1	500	500	
<b>MADURADO</b>	Gavetas plásticas plomas "madurado"	6	20	120	
<b>ALMACENAMIENTO/ DESPACHO</b>	Yallet o coche porta canasta	2	500	1000	
	Balanza (1-50 Kg)	1	170	170	
	Mesa soporte	1	1500	1500	
				11,760	

## ANEXO V

### FICHAS TECNICAS DE MATERIALES.

#### BALANZA ELECTRONICA CP

### BALANZA ELECTRÓNICA CP



**MARCA:**  
BACSA

**PROCEDENCIA:**  
ESPAÑA

**FUNCIÓN:**  
Balanza electrónica de mesa de 15 kg. Con torre para una mayor visualización, con manejo de vendedores para trabajo constante, totalmente en acero inoxidable para pesaje de todo tipo de productos alimenticios y de otras industrias.

**CAPACIDAD:**  
15 Kilogramos.

**RANGO DE PESAJE:**  
5 Gramos / Norma Metrología Legal.

**VENDEDORES:**  
6 Vendedores.

**PLUS:**  
2000 Plus.

**FAMILIAS:**  
30 Familias con nombre.

**DIMENSIONES DEL PLATO:**  
36,9cm x 27,8cm.

**DIMENSIONES DEL EQUIPO:**  
Ancho x Largo x Alto ( 36,9cm x 42,5cm x 45,9cm con torre ).

**PESO DEL EQUIPO:**  
9,3 Kilogramos.

**ALIMENTACIÓN:**  
Eléctrica.

**VOLTIOS:**  
110V.

**AMPERIOS:**  
2 Amperios.

**VENTAJAS DEL EQUIPO:**

- Display LCD retro iluminado.
- Iluminación programable.
- Componentes del equipo de alta calidad.
- Totalmente en acero inoxidable.
- Mensaje publicitario diferente en cada máquina de la red.
- Fijación de precio.
- Suma, resta y multiplicación positiva y negativa.
- Total cliente, subtotal, continuación cliente, anulación de operaciones y cambio.
- Reloj calendario.
- Visor de tara.
- Indicador de precio fijo.
- Indicador de interconexión, indicador de conexión a PC e indicador de envío de datos PC.
- Indicador de estado/carga de la batería.
- Consumo pico 25W.

**"MANTENIMIENTO PREVENTIVO"** 

## CARRO PARA TRANSPORTE DE DERIVADOS

### CARRO PARA TRANSPORTE DE DERIVADOS



**MARCA:**  
CI TALSA

**PROCEDENCIA:**  
Colombia

**CONSTRUCCIÓN:**  
100% acero inoxidable AISI 304 calibre 14.

**FUNCIÓN:**  
Transportar derivados cárnicos dentro de la planta.

**CARACTERÍSTICAS:**

- Para decomisos de acuerdo con el criterio de cero tolerancia: Art. 11.3: Sistemas o carros exclusivamente destinados para recibir la carne y los productos cárnicos declarados no aptos para el consumo humano. Estos serán Herméticos, contruidos en material.
- Se construye cuerpo en lám. Inox calibre 12 y en se monta en cuatro ruedas de 6" de nylon. En el lado recto se le coloca una manija en tubo inox de 3/4.

**DIMENSIONES:**  
600x600 base interior, 60x900 boca superior x 600 profundidad.

**VENTAJAS:**

- 100% acero inoxidable.
- amplitud y buena capacidad
- Cumplimiento especificaciones decreto 1500



## DEPOSITO ESTÁNDAR



Depósitos standard, con ruedas ●  
 Roser Bins / Buggies / Sausage Trucks ●  
 Le Bac Europe et d'autres bacs ●



### ● DISEÑO ERGONOMICO!

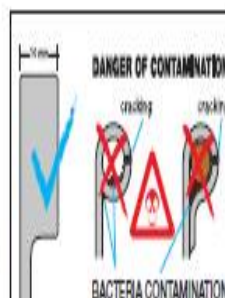
Empuñadura soldada en la parte superior para mejorar la ergonomía.

### ● ERGONOMICAL DESIGN!

Handle welded at the very top to improve ergonomics.

### ● DESSIN ERGONOMIQUE!

Poignée soudée le plus haut possible pour améliorer l'ergonomie.



### ● EL MAS HIGIENICO!

Reborde superior inox macizo soldado en continuo, garantiza total rigidez evitando roturas y contaminación por filtración de producto.

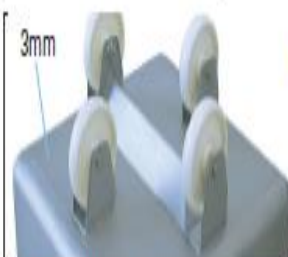
### ● THE MOST HYGIENICAL!

Stainless steel solid bar fully welded, guarantees the maximum strength avoiding cracking and therefore avoiding contamination risks.

### ● LE PLUS HYGIÉNIQUE!

Bords massif en inox soudé en continu, qui garantit totale rigidité et qui évite la rupture et par conséquent évite contamination par filtration de produit.

COD. 5124



### ● EL MAS RESISTENTE!

El fondo es de 3mm, con refuerzo en forma de V para mayor resistencia del fondo y las ruedas. Todas las soldaduras son en continuo.

### ● HEAVY DUTY!

Bottom is 3mm (11 gauge) thick, reinforced by a V shape support that gives strength to the bottom itself and to the wheels. All welds are fully welded.

### ● LE PLUS RÉSISTANT !

Le fond à 3mm d'épaisseur, renforcé par un support en forme V, assurant la rigidité du fond et des roues. Toutes les soudures en continu.

## MESAS STANDAR



- Mesas standard
- Standard Tables
- Tables standard



- Mesas en acero inoxidable, planas, con patas desmontables. Construidas totalmente en chapa de 2 mm. de espesor.
- Stainless Steel tables, flat, with detachable legs. Construction all 2 mm. plate.
- Tables en acier inoxydable, plates avec pieds démontables. Construites entièrement en tôle de 2 mm. d'épaisseur.



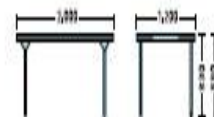
	A	B	Kg
COD. 3792	2000	1100	67
COD. 3744	2900	1100	100
COD. 3794	2900	1400	125
COD. 3795	3900	1400	160



- Mesa en acero inoxidable para despiece, con patas desmontables. Construida totalmente en chapa de 2 mm. de espesor. Cortadores de polietileno incorporados de 2000 x 330 x 20 mm.
- Stainless Steel table, for cutting and deboning, with detachable legs. Construction all in 2 mm. plate. Polyethylene boards 2000 x 330 x 20 mm.
- Table en acier inoxydable pour découpe, avec pieds démontables. Construite entièrement en tôle de 2 mm. d'épaisseur. Coupeurs de polyéthylène incorporés de 2000 x 330 x 20 mm.

COD. 3752

94  
kg




## ANEXO VI

### FICHA TECNICA DE CAMARAS ARMARIO.

Armario para los embutidos construido con fibra de vidrio, paneles internos aislados con espuma de poliuretano de alta densidad, espesor de 5 cm.

Se suministra con:


- Perfiles de acero inoxidable interior y exterior de aluminio
- Piso de acero
- Sistema de refrigeración con compresor hermético que funciona con gas R404, capaz de mantener la temperatura y humedad para el secado y el curado de embutidos. Se acompaña de instrumentación relativa electrónico para la gestión de la temperatura y la humedad.
- Consumo máximo de energía: 1,5 Kw. monofásico -50 Hz - 2,5 Kw. trifásico - 50 Hz.
- Fuente de alimentación: trifásica o monofásica
- Capacidad de producción: desde 150 kg a 250 kg de embutidos de tamaño mediano para cada ciclo
- N. 1 carro extraíble de acero inoxidable, equipado con varillas para colgar embutidos.  
Dimensiones cm. 70x120x172 H.



DIMENSIONES CM. 140x90x230 H.

N. 1 ARMARIO CON 2 PUERTAS Y 1 CARRO  
PRECIO NETO A USTED

EURO 6.585,00 + VAT



DIMENSIONES CM. 90x140x230 H.

N. 1 ARMARIO CON 1 PUERTA Y 1 CARRO  
PRECIO NETO A USTED

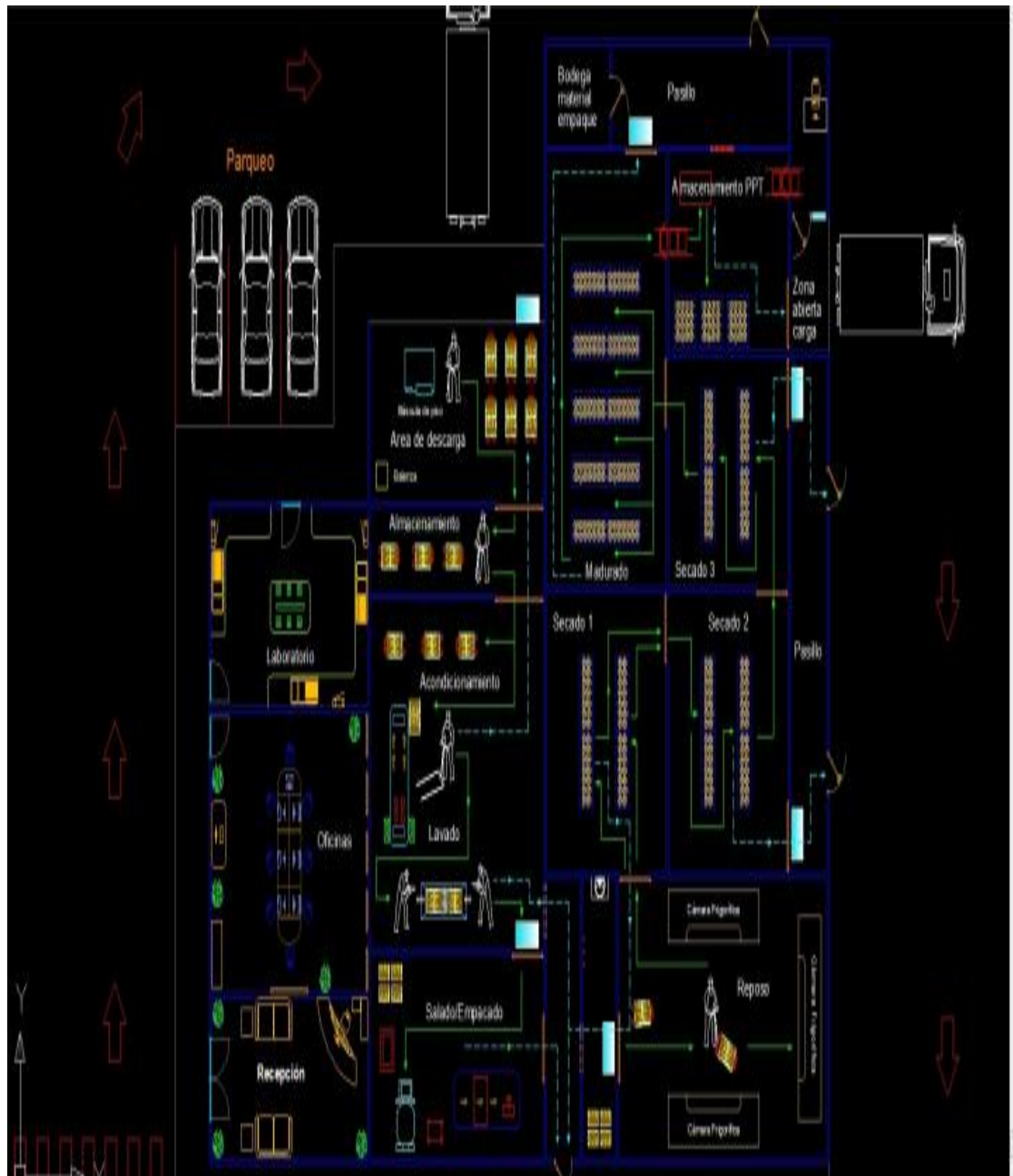
EURO 6.140,00 + VAT



- Garantía:** nuestra oferta está cubierta por la garantía de 12 meses contra defectos de materiales o de construcción mal. La garantía cubre el suministro gratuito de repuestos para devolver su parte de las piezas.  
Dada la gran facilidad de reparación de nuestras células con vencimiento en los casos más difíciles, simplemente la necesidad de un electricista o obrero de refrigeración. La frecuencia de las anomalías encontradas hasta ahora es prácticamente cero. En el caso de que había un problema de difícil solución, puede sustituir todo el sistema por levantar y retirar el techo del armario.  
La cámara armario debe estar conectada a la red de agua por que a través de un tubo de cobre de diámetro 10 mm. y bloqueo eléctrico enchufe trifásico (220 V - 50 Hz) o trifásica (380 V - 50 Hz - 5 polos: 3 fases + neutro + tierra)
- Entrega:** que se acuerden en orden de fecha y contrato
- Pago:** mediante transferencia bancaria antes del envío.

## ANEXO VII

### LAY OUT (VISTA SUPERIOR DE LAS ÁREAS DE PROCESO)





## ANEXO IX

### ANÁLISIS DE COSTO: PUNTO DE EQUILIBRIO, P.V.P Y UTILIDADES.

	AÑO 1
<b>INGRESOS</b>	
VENTAS	587,328.00
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>587,328.00</b>
<b>GASTOS</b>	
Sueldos	79,920.36
Empaque	7,866.00
Arriendo	18,000.00
Energia y Agua	33,469.92
Materia Prima	288,420.00
Otros Gastos	58,958.73
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>486,635.01</b>
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>100,692.99</b>

## BIBLIOGRAFÍA

1. ADRIANA MUÑOZ, ASPE; 2010; Porcicultura en Ecuador.  
[http://agrytec.com/pecuario/index.php?option=com\\_content&view=article&id=39:porcicultura-en-ecuador&catid=31:articulos-tecnicos&Itemid=32](http://agrytec.com/pecuario/index.php?option=com_content&view=article&id=39:porcicultura-en-ecuador&catid=31:articulos-tecnicos&Itemid=32)
2. ALMUDENA ANTÓN, JESÚS LIZASO; 2001; Nitritos, nitratos y nitrosaminas.  
<http://mie.esab.upc.es/ms/formacio/Control%20%20Contaminacio%20Agricoltura/biblio/nitratos%20y%20nitrosaminas.pdf>
3. ASPE; 2004; El sector porcino ecuatoriano y el comercio exterior.  
<http://www.aspe.org.ec/porcinos/porcinos/123.html>.
4. BARRERAS LOPEZ F.; 2007; Preelaboración y Conservación de Alimentos.  
<http://books.google.com.ec/books?id=hMYA76f6YVkc&pg=PA79&dq=tipos+de+sal&hl=es&sa=X&ei=yXPpU7PnCOvG7AbSjICgDg&ved=0CC8Q6AEwAw#v=onepage&q&f=false>
5. CORETTI, KONNEL; 2009; Carnes y productos curados: Carnes curadas. Páginas: 178, 179.
6. CHIZZOHN R., ROSA P., NOVELLI E.; 1993; Biochemical and microbiological events of Parma ham production technology. Página 33.
7. DURAND PAULE; 2002; Tecnología de los productos de charcutería y salazones. Páginas: 85-106, 144-168, 293-409.

8. FAO; 2010; Manejo sanitario eficiente de los cerdos.  
<http://coin.fao.org/cms/media/1/12907164482160/cb-2.pdf>
9. FILIBERTO SÁNCHEZ MOLINERO; 2005; Modificaciones tecnológicas para mejorar la seguridad y calidad del jamón curado. Páginas: 3- 6, 8-9, 16, 60, 80, 227, 232.
10. GENMIC (GENETICS AND MICROBIOLOGY RESEARCH GROUP); 2008; Microbiología de alimentos.  
<http://www.unavarra.es/genmic/curso%20microbiologia%20general/001-introduccion%20micro%20alimentos%202.htm>
11. GONZÁLEZ PLACENCIA; 2011; Evaluación química y sensorial del chorizo artesanal elaborado con carne de cerdo Criollo y de raza Yorkshire.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/351/1/03%20AGI%20238%20%20TESIS.pdf>
12. GUTIERREZ JOSE BELLO; 2008; Jamón Curado: Aspectos científicos y tecnológicos.
13. INEN 1338:2010; Carne y productos cárnicos: Productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados-madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos. Segunda revisión. Requisitos, 3.1.3.
14. INEC; 2010; Censo 2010 de la población y vivienda.  
[http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=49&lang=es](http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=49&lang=es)

15. INEC; 2011; En Ecuador se produce más carne de cerdo.  
[http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=502%3Aen-ecuador-se-produce-mas-carne-de-cerdo&catid=68%3Aboletines&Itemid=51&lang=es](http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com_content&view=article&id=502%3Aen-ecuador-se-produce-mas-carne-de-cerdo&catid=68%3Aboletines&Itemid=51&lang=es)
16. INEC; 2011; Encuesta de estratificación del nivel socioeconómico NSE 2011.  
[http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&d=112&Itemid=90&](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&d=112&Itemid=90&)
17. INEC; 2012; Índices mensuales de volumen físico de la producción industrial, según actividades económicas.  
<http://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/140>.
18. INFOAGRO SYSTEMS; 2011; Las razas de cerdo.  
[http://www.infocarne.com/cerdo/razas\\_cerdo.asp](http://www.infocarne.com/cerdo/razas_cerdo.asp)
19. J. ARNAU, M. HUGES, J.M. MONFORT; 1987; Jamón Curado: Aspectos Técnicos. Páginas: 17- 45, 49- 50, 73- 74, 79- 80, 135- 138, 145, 185, 191, 199- 200, 204- 207.
20. J. ARNAU; 1993; El Jamón curado: Aspectos tecnológicos, microbiológicos y bioquímicos. Páginas: 6-8.
21. J. ARNAU, X. SERRA, J. COMAPOSADA, P. GOU, M. GARRIGA; 2007; Technologies to shorten the drying period of dry-cured meat products. Páginas: 81- 83.

22. J. ESCUDER VIRUETE; 2008; Aportaciones al conocimiento de la evolución geomorfológica del área de Castelseras.  
<http://www.adinte.net/castelseras/Recetas/alimento/cerdo.html>
23. JORGE PÁEZ, ASPE; 2012; Incremento de las importaciones afectaron al sector porcícola del país en el 2012. Boletín N° 10.  
<http://www.aspe.org.ec/images/aspe/boletines/Boletin%20ASPE%20No%2010%20-%20enero.pdf>
24. JOSEP COMAPOSADA i BERINGUES; 1999; Sorption isotherms and water diffusivity in muscles of pork ham at different NaCl contents.  
Página: 82.
25. LAURA GARCÍA ROCHE, VERÓNICA OLMO ENJUTO; 2011; Proceso de elaboración del jamón curado.  
<http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/HTML/carnico-5.html>
26. MILK SCIENCE; 2011; Aditivos alimentarios: Nitritos y nitratos  
<http://milksci.unizar.es/adit/nitrit.html>
27. NACAMEH; 2008; Difusión vía Red de Computo semestral sobre Avances en Ciencia y Tecnología de la Carne. Volumen 2. Número  
<http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>
28. N.G. MARRIOT, P.P. GRAHAM, J.W. BOLING Y F. COLLINS. 2010.  
Vacuum Tumbling of Dry-Cured Hams. Páginas: 1376-1377.



29. NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE- INEN 57:2010; Tecnología de alimentos, especias y condimentos, aditivos alimenticios, sal para consumo humano. Tercera revisión. Requisitos, 6.1.1
30. PROCHILE; 2007; Perfil de mercado embutidos- Ecuador. Páginas: 3-7.
31. RICARDO GARCÍA; 2009; Procesamiento de la carne. Página 3.  
<http://es.scribd.com/doc/27038144/CARNES-CURADAS>
32. ROBERT E. TREYBAL; 1988; Operaciones de transferencia de masa. Segunda Edición. Páginas: 100-105
33. R. PAUL SINGH, DENNIS R. HELDMAN; 2009; Introduction to food engineering. Cuarta edición. Páginas: 595 – 616.
34. SALUDALIA; 2001; Ácaros: enfermedades y alergias.  
[http://www.saludalia.com/docs/Salud/web\\_saludalia/temas\\_de\\_salud/doc/alergia/doc/doc\\_acaros\\_1.htm](http://www.saludalia.com/docs/Salud/web_saludalia/temas_de_salud/doc/alergia/doc/doc_acaros_1.htm)
35. SANDRA GONZALES, FERNANDA LAVADO, ISABEL BENITO; 2007; Proceso de elaboración del jamón curado ibérico. Páginas: 7- 10, 12-13.
36. SEM (Sociedad Española de Microbiología); 1993; Microbiología: Volumen monográfico de alimentos. Páginas: 12-14.
37. UNIVERSO PORCINO; 2005; La carne de cerdo y su valor nutricional.  
[http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/la\\_carne\\_de\\_cerdo\\_y\\_su\\_valor\\_nutricional.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/la_carne_de_cerdo_y_su_valor_nutricional.html)

38. USON RAFAEL; 1987; Química: Una ciencia experimental.  
[http://books.google.com.ec/books?id=9myf1QW9OvkC&pg=PA105&dq=cloruro+de+sodio&hl=es&sa=X&ei=wG\\_pU4m9Caje7Aaw3oAI&ved=0CCUQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=9myf1QW9OvkC&pg=PA105&dq=cloruro+de+sodio&hl=es&sa=X&ei=wG_pU4m9Caje7Aaw3oAI&ved=0CCUQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false)
39. WERNER FREY; 1983; Fabricación fiable de embutidos. Páginas: 141,142 y 146.