

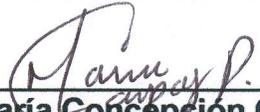
Ciudad Obregón, Sonora, a 27 de Junio de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora  
P r e s e n t e.

El que suscribe **María Concepción Campoy Pacheco**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada **“Balanceo de Líneas en una empresa de Productos Derivados del Cerdo”**. En lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Ingeniero Industrial y de Sistema** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.

  
\_\_\_\_\_  
**María Concepción Campoy Pacheco.**

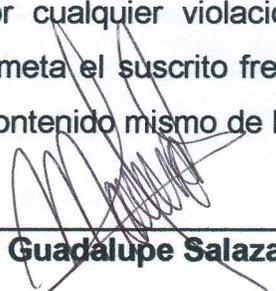
Ciudad Obregón, Sonora, a 27 de Junio de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora  
P r e s e n t e.

El que suscribe **Marisol Guadalupe Salazar Martínez**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada **“Balanceo de Líneas en una empresa de Productos Derivados del Cerdo”**. en lo sucesivo **“LA OBRA”**, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Ingeniero Industrial y de Sistema** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante **“EL INSTITUTO”**, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, **EL INSTITUTO** deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de **LA OBRA**.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a **EL INSTITUTO** por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.

  
\_\_\_\_\_  
**Marisol Guadalupe Salazar Martínez**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**  
Educar para Trascender

**“BALANCEO DE LÍNEAS EN UNA EMPRESA DE  
PRODUCTOS DERIVADOS DEL CERDO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

**PRESENTAN:**

**María Concepción Campoy Pacheco  
Marisol Guadalupe Salazar Martínez**

## **DEDICATORIA**

*Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño.*

*A tí DIOS que me distes la oportunidad de vivir y de regalarme una familia hermosa y maravillosa.*

*Con mucho cariño a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado.*

*Los quiero con todo mi corazón y este trabajo que me llevo un semestre en hacerlo es para ustedes, por ser la más chica de sus hijas aquí esta lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio.*

*María Concepción Campoy Pacheco*

## **DEDICATORIA**

*Mi tesis la dedico con todo mi ser primeramente a DIOS, por darme la vida, por acompañarme día a día ayudándome a levantarme en los momentos más difíciles de mi vida y permitirme crecer en una familia, que se preocupa por mí, me quiere y supo guiarme por el buen camino, inculcándome valores y haciendo de mí una persona responsable.*

*A mi hija Mia Alejandra por ser la persona más importante de mi vida, mi motor diario y la persona que me da fuerzas para seguir adelante y tratar de ser una mejor persona, aunque llegó a la mitad de mi carrera y para muchos su llegada representó un obstáculo en mis planes y dudaron de mi futuro, para mí es la más grande bendición que Dios me pudo mandar, ella y yo lo logramos juntas TE AMOO princesa.*

*A mis padres que me han brindado su apoyo incondicionalmente y que a pesar de mis errores nunca dudaron de mí, y han estado toda mi vida respaldándome y haciéndome fuerte, porque gracias a ellos soy la persona que soy, mamá, papá lo LOGRAMOS!, no importa el tiempo que se tomó lo hicimos, los quiero con toda mi alma, GRACIAS!...❤️*

*Marisol Guadalupe Salazar Martínez*

# AGRADECIMIENTO

## *Gracias a mis hermanas*

*Karina y en especial a Haydee gracias por estar conmigo, apoyarme siempre y que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida, las quiero mucho. A mi cuñado por aguantarme y apoyarme. A mi sobrina Vanessa por aguantarme te quiero mucho.*

## *Gracias a mi tía Lina*

*Y para Don Trini por aguantarme tantos años, por su apoyo y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.*

## *Gracias a mis maestros*

*Que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida.*

## *Gracias a mis amigos*

*Por estar conmigo en todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes, gracias por ser mis amigos y recuerden que siempre los llevare en mi corazón.*

*Muchas gracias a todos, que sin ustedes a mi lado no lo hubiera logrado, tantas desveladas sirvieron de algo y aquí está el fruto. Les agradezco a todos ustedes con toda mi alma el haberme llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son lo que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean, los quiero mucho y nunca los olvidare.*

*¡Gracias!*

*María Concepción Campoy Pacheco*

## *AGRADECIMIENTO*

*En la culminación de mi carrera profesional quiero agradecer nuevamente a Dios por ponerme a personas en mi camino que me ayudaron a crecer como persona y ser humano, tanto en el aspecto personal y académico.*

*A mis padres y hermano, por su apoyo incondicional por siempre estar ahí cuando los necesite y por siempre tener una palabra de aliento cuando más lo necesitaba, ayudándome a cumplir mi objetivo.*

*A mi familia por brindarme su apoyo y hacerme saber que cuento con ellos, y alentarme a seguir a delante.*

*A cada uno de mis maestros a lo largo de mi carrera, por formarme como profesionista, mediante sus experiencias y sus conocimientos.*

*A mis amigas por su apoyo incondicional, por su papel como hermanas, por su comprensión, su apoyo por saber escucharme y apoyarme en los momentos difíciles, por compartir conmigo sus logros y fracasos.*

*Y cada una de aquellas personas que en una parte de mi carrera formaron parte de mi vida, gracias!.. Aprendí de las cosas buenas y malas que me dejaron, las cuales son experiencias y me ayudaron a crecer como persona y a fortalecer mi personalidad.*

*¡GRACIAS!*

*Marisol Guadalupe Salazar Martínez*

# ÍNDICE

	Páginas
<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	17
1.3 Objetivo.....	18
1.4 Justificación .....	18
1.5 Delimitaciones.....	19
1.6 Limitaciones.....	19
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
2.1 Estudio de tiempos.....	20
2.1.1 Requerimientos del estudio de tiempos.....	21
2.1.2 Elementos del estudio de tiempos.....	22
2.1.3 Equipo para el estudio de tiempos.....	25
2.1.4 Determinación del número de ciclos a cronometrar.....	27
2.1.5 Calificación del desempeño del operario .....	29
2.1.6 Asignación de suplementos.....	32
2.1.7 El tiempo estándar.....	35

2.2	Balanceo de líneas .....	36
2.2.1	Determinación del número de operadores necesarios para cada operación.....	38
2.2.2	Minimización del número de estaciones de trabajo .....	39
2.2.3	Asignación de elementos de trabajo a las estaciones de trabajo .....	40
2.3	Actividades de valor .....	40
2.4	Teoría de restricciones .....	40
2.4.1	Cuellos de botella .....	41
2.4.2	Modelo de Teoría de Restricciones (TOC) .....	41
2.4.3	Takt time .....	42
2.5	Cambios rápidos de producción .....	43
2.6	Principio de Manejo de Materiales .....	46
<b>III.</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>49</b>
3.1	Sujeto de estudio.....	49
3.2	Materiales.....	49
3.3	Procedimiento .....	50
3.3.1	Identificación de la línea de espaldilla .....	50
3.3.2	Analizar el proceso de la línea de espaldilla.....	51
3.3.3	Cronometrar las operaciones del proceso .....	51
3.3.4	Determinar el tiempo estándar .....	52
3.3.5	Elaborar el balanceo de líneas .....	54
3.3.6	Configurar la línea balanceada .....	56
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
4.1	Identificación de la línea de espaldilla.....	57
4.2	Analizar el proceso de la línea espaldilla .....	60
4.3	Cronometrar las operaciones del proceso .....	62
4.4	Determinar el tiempo estándar .....	63
4.5	Elaborar el balanceo de líneas.....	66
4.6	Configurar la línea balanceada .....	69

<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>77</b>
Anexo 1. Tabla de calificación de la actuación.....	78
Anexo 2. Tabla de tolerancias .....	80
Anexo 3. Tabla para determinar Z.....	82
<b>VIII. APENDICES .....</b>	<b>84</b>
Apéndice A. Diagrama de árbol.....	85
Apéndice B. Información significativa.....	87
Apéndice C. Diagrama de operaciones .....	89
Apéndice D. Tiempo de las operaciones de la espaldilla .....	91
Apéndice E. Factor de tolerancias.....	94

# LISTA DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>Figura 1.</b> Principales países productores de carne de porcino .....	2
<b>Figura 2.</b> Producción mundial de carne de porcino.....	3
<b>Figura 3.</b> Consumo de carne de porcino en el mundo .....	4
<b>Figura 4.</b> Producción porcina nacional.....	5
<b>Figura 5.</b> Producción de carne de porcino en México.....	7
<b>Figura 6.</b> Distribución porcentual de existencias totales de porcinos en la región ...	8
<b>Figura 7.</b> Localización Empresa Alimentos Grole .....	9
<b>Figura 8.</b> Diagrama de flujo del proceso productivo.....	12
<b>Figura 9.</b> Distribución de planta del área de corte y deshuese .....	13
<b>Figura 10.</b> Cuellos de botella, tiempo de ocio y producto desperdiciado .....	16
<b>Figura 11.</b> Cronómetro mecánico .....	26
<b>Figura 12.</b> Cronómetro electrónico .....	27
<b>Figura 13.</b> Red de Precedencia .....	60
<b>Figura 14.</b> Diagrama de operaciones.....	61
<b>Figura 15.</b> Línea exportación .....	71
<b>Figura 16.</b> Línea nacional .....	72

# LISTA DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
<b>Tabla 1.</b> Productos que elabora la empresa.....	11
<b>Tabla 2.</b> Actividades de la línea de espaldilla.....	57
<b>Tabla 3.</b> Descripción de actividades.....	58
<b>Tabla 4.</b> Tiempo promedio .....	62
<b>Tabla 5.</b> Número de ciclos faltantes .....	63
<b>Tabla 6.</b> Tiempo elementa.....	63
<b>Tabla 7.</b> Calificación de la actuación.....	64
<b>Tabla 8.</b> Tiempo normal .....	65
<b>Tabla 9.</b> Tiempo estándar .....	66
<b>Tabla 10.</b> Número de operadores .....	67
<b>Tabla 11.</b> Capacidad de la línea.....	68
<b>Tabla 12.</b> Eficiencia antes del balanceo.....	68
<b>Tabla 13.</b> Eficiencia después del balanceo .....	69
<b>Tabla 14.</b> Plantilla antes del balanceo.....	69
<b>Tabla 15.</b> Plantilla después del balanceo.....	70

# RESUMEN

La presente investigación fue realizada en una empresa de la región dedicada al sacrificio y corte de ganado porcino con ventas en el mercado nacional e internacional. El estudio se enfocó al área de corte y deshuese en la línea de espaldilla, la cual presentaba paros en la producción, mermas, cuellos de botella y tiempo de ocio en los trabajadores.

Se procedió a analizar la situación utilizando la técnica de estudio de tiempos en la línea de espaldilla con la finalidad de determinar un balanceo adecuado en cada estación de trabajo y lograr un flujo continuo libre de embotellamientos y tiempos de espera al mismo tiempo se busca determinar el número de operarios necesarios para cumplir con la demanda diaria.

Se utilizó el método de la Maytag Company y el método estadístico para el cálculo de observaciones necesarias con un nivel de confianza del 95%. El procedimiento utilizado en el estudio fue el de analizar cada una de las actividades de las áreas, una vez analizadas se continuo con un estudio de tiempos de tal modo que al tomar tiempos se prosiguió a la obtención del tiempo estándar de las actividades del área bajo estudio.

Con los resultados obtenidos se lograrán el reacomodo de operadores, se reducir el tiempo de ocio, se realizó una plantilla de operadores necesaria según la demanda que se presenta en la producción y el de una distribución en las estaciones de trabajo adecuada para la fluidez de las tareas asignadas, eliminación de los embotellamientos y de los tiempos de ocio.

---

---

## I. INTRODUCCIÓN

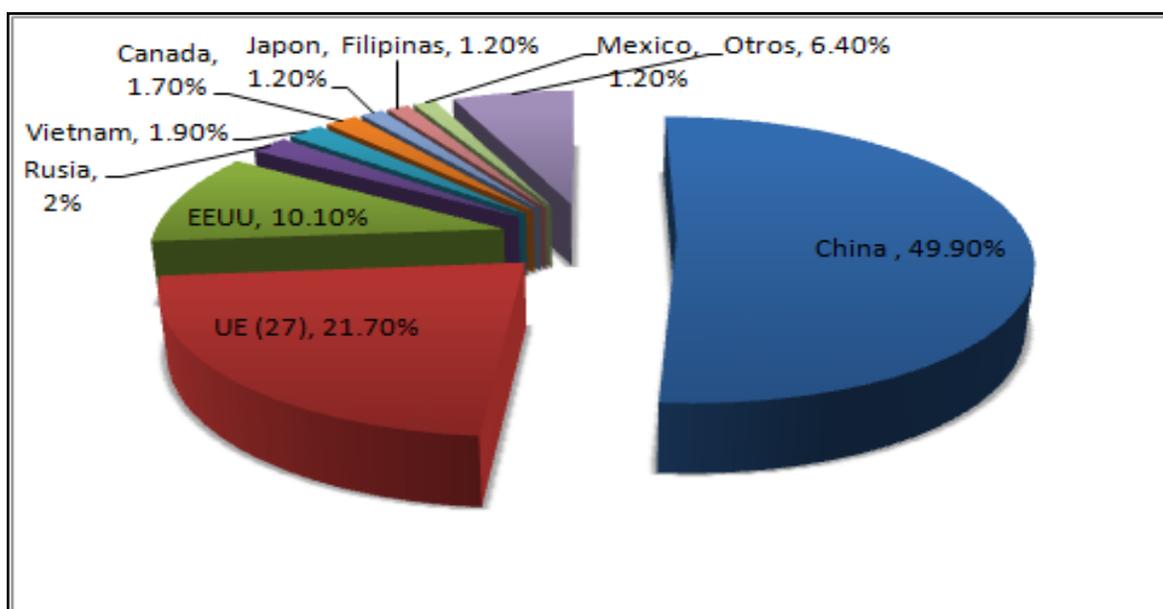
---

---

A continuación se presentan antecedentes referentes a la producción de carne de cerdo, con el propósito de mostrar los resultados alcanzados hasta el momento en lo que concierne a los ámbitos económicos y productivos de la actividad a nivel mundial, nacional y regional. En particular, el estudio se enfoca a la situación problemática de una empresa productora de alimentos derivados del cerdo en la región de Cd. Obregón Sonora, México; uno de los principales productores del ramo en el mundo.

## 1.1 Antecedentes

Según Agronet (2012) los cerdos han sido criados por el hombre tanto para producir su propio alimento como para disponer de medios de comercialización o intercambio. Estos animales se caracterizan por su alta capacidad productiva y adaptabilidad, por ello muchas personas aprovechan su capacidad de convertir productos considerados de desecho (por ejemplo: residuos de cocina, de cosecha, de restaurante, de agroindustria) en proteína y dinero. El cerdo doméstico es explotado en todo el mundo en los países cuya religión y cultura lo permiten. Según Agronet los datos para 2012, los principales productores de carne de cerdo en el mundo se muestran en la figura 1.

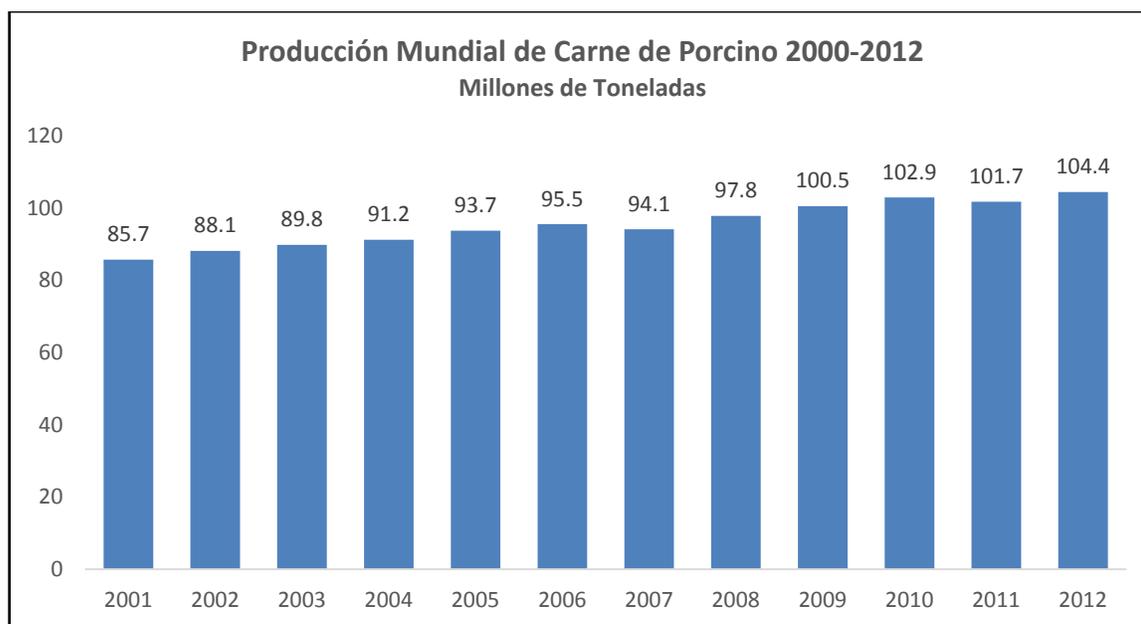


Fuente: UGRPG, 2012

Figura 1. Principales países productores de carne de porcino

La producción mundial de carne de porcino presenta una marcada creciente durante la última década. Así, en el periodo 2001-2011 la producción de carne en el mundo creció a una tasa media anual de 1.7%. Durante 2011, la producción mundial de carne totalizó 101.7 millones de toneladas, que en su relación con 2010 representa una caída del 1.2%. Sin embargo, para este 2012, el

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) estima una producción de 104.4 millones de toneladas de carne de porcino, lo que representa un crecimiento del 2.7% (Pérez, 2012), como se muestra en la figura 2.

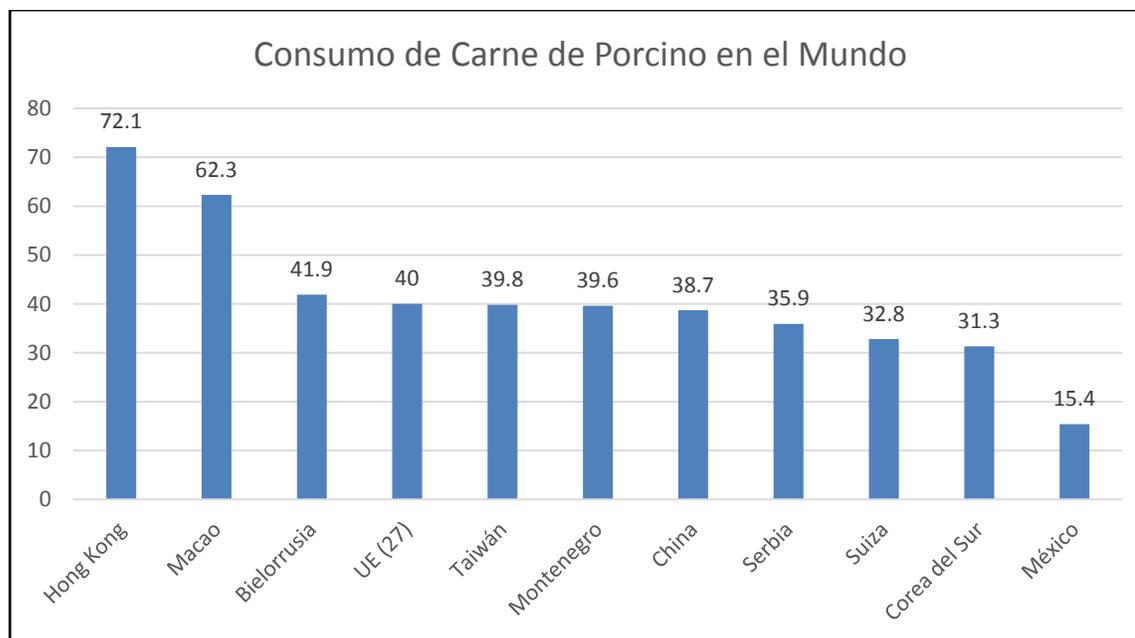


Fuente: UGRPG, 2012

Figura 2. Producción mundial de carne de porcino

China es el país que más carne de cerdo demanda; a pesar de ser el mayor productor en el mundo, su nivel de consumo es tan alto que debe importar carne de cerdo para abastecer su mercado interno, comprándole carne a México, Canadá, Chile y la Unión Europea, (Agronet, 2012).

El consumo per cápita más alto en el mundo se ubica en países asiáticos y europeos, donde Hong Kong se ubica con el nivel más alto, con 72.1 kilogramos de carne de porcino por persona por año. Le sigue Macao, con 62.3 kilogramos por persona por año. El volumen de consumo per cápita anual en México se ubica en 15.4 kilogramo, de acuerdo a información del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), ver figura 3. (Pérez, 2012).



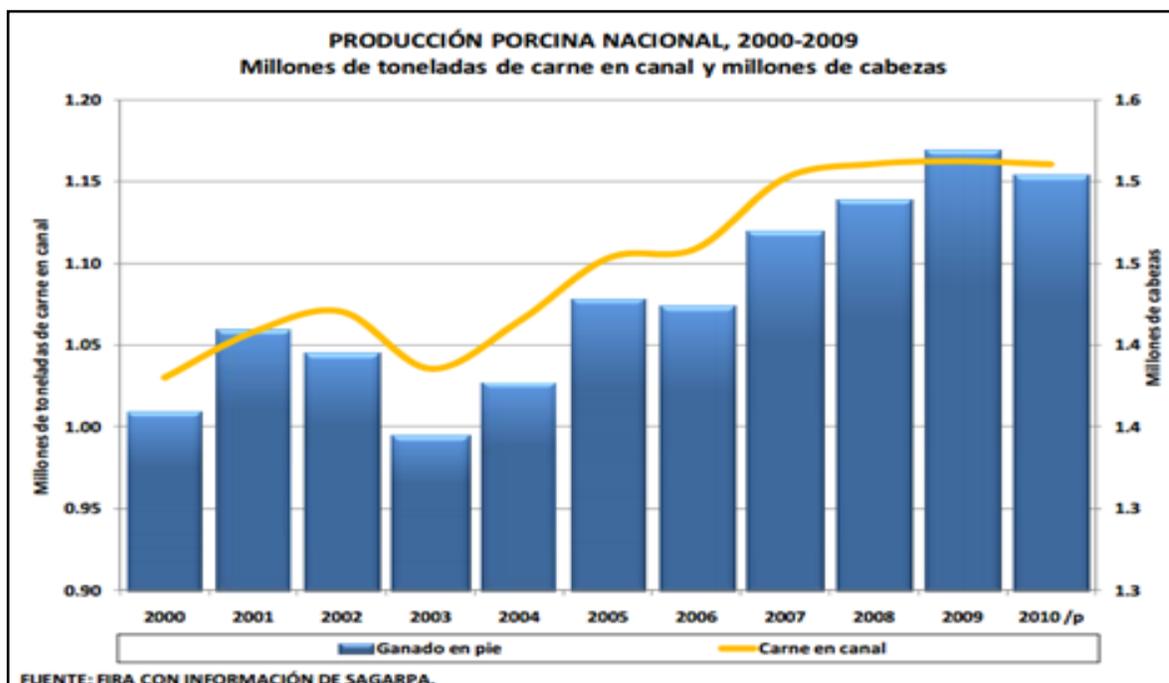
Fuente: UGRPG, 2012

Figura 3. Consumo de carne de porcino en el mundo

El 81,2 % de la producción mundial de carne es consumida en cuatro regiones principalmente: China, Unión Europea, Federación de Rusia y Estados Unidos, quienes al igual que China, a pesar de ser grandes productores, requieren importar el producto para abastecer su mercado interno. En América Latina y el Caribe los mayores exportadores de carne de cerdo y sus derivados son México con 267.685.000 dólares y Brasil que en 2010 cerró negocios por 194.932.000 dólares; en septiembre de 2012 Brasil exportó 55 % más carne de cerdo que en el mismo mes de 2011 (Agronet, 2012).

Según Garrido (2010), del Consejo Mexicano de Porcicultura (CMP) durante 2009, México produjo 1.16 millones de toneladas de carne de porcino, volumen 1.4% superior a lo producido en 2008. De acuerdo con el pronóstico de producción del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en 2010 la producción se reducirá 0.2% respecto a 2009 al registrar una reducción de cerca de 1,896 toneladas. Aun con esta reducción, de cumplirse el pronóstico la producción nacional de carne crecería a una tasa 1.2% promedio anual entre 2000 y 2010, mostrando su mayor crecimiento entre 2003 y 2009, período en el que se

incrementó en promedio 2.0% la producción de carne de puerco en canal, como se puede observar en la figura 4.



Fuente: CMP, 2010

Figura 4. Producción porcina nacional

La producción nacional de carne en canal al cierre de octubre de 2010 superó las 956 mil toneladas, mientras que al cierre de octubre de 2009 la producción fue de 952 mil toneladas de carne. Es decir, el dato más reciente de la producción nacional de carne reporta un incremento de 0.4% en la producción de 2010. (Garrido, 2010)

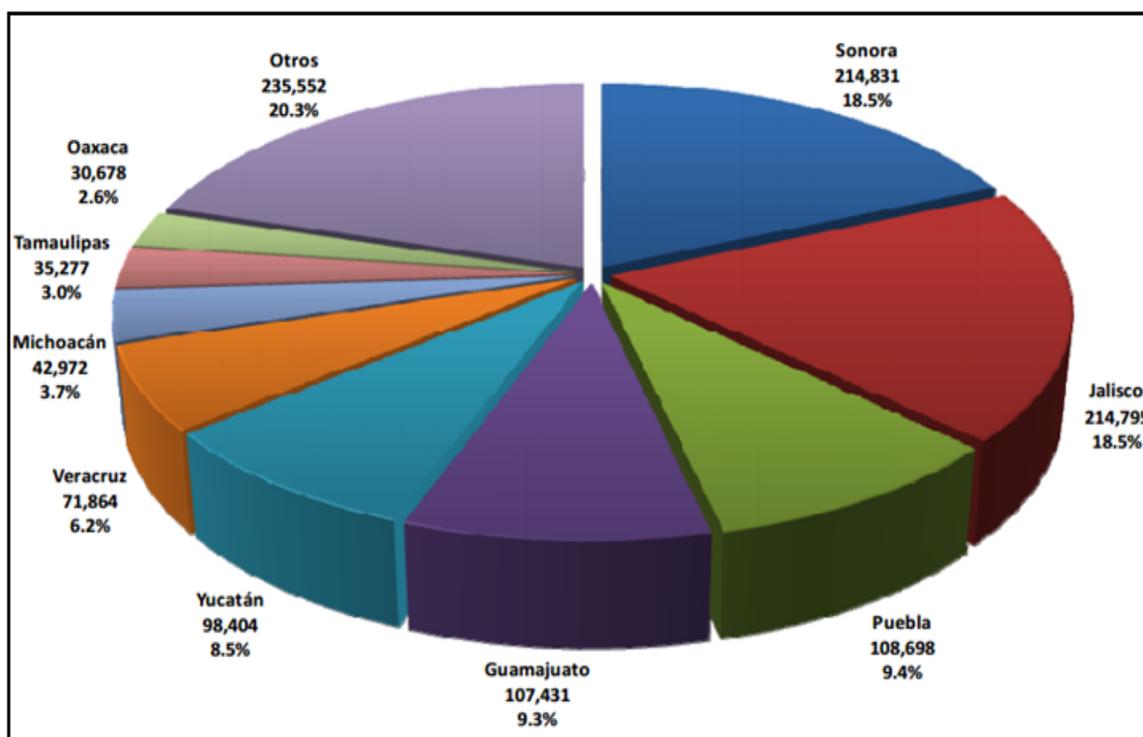
Según INEGI (2007) el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, registró la existencia de 9 021 192 cabezas de ganado porcino en el país, cifra que incluye tanto a las que son criadas y explotadas en unidades de producción, como a las que se ubican en viviendas o actividades de traspatio.

En el contexto nacional, destaca la participación de Sonora y su importancia en la actividad: el censo registró la existencia de 1 695 043 cabezas de ganado en la entidad fronteriza, de las cuales 1 692 942 corresponden a las localizadas en

unidades de producción y el resto, se ubican en viviendas. Sonora contribuye con 18.8% en el total de porcinos del país y 19.7% en los ubicados en granjas. Paradójicamente, Sonora cuenta con un muy reducido número de unidades de producción con cría y explotación de cerdos, y de viviendas con existencias, aportando 0.2 y 0.6%, para cada caso, del total del país; derivado de esto, podemos subrayar la elevada concentración de animales en las unidades de producción en el estado, siendo el promedio nacional de 11 ejemplares pero en la entidad fronteriza la cifra alcanza las 1,117 cabezas (INEGI, 2007).

Ningún otro estado del país se acerca ni ligeramente a estos niveles de agrupamiento, incluyendo aquéllos con existencias elevadas, esta distinción no es ninguna novedad, pues la posición había sido ocupada por la entidad desde inicios de la década de los 90. Jalisco, importante productor porcícola, cuenta con un promedio por unidad de 79 ejemplares, cifra muy por debajo a la de Sonora (INEGI, 2007).

Por entidad federativa, Sonora y Jalisco son las entidades con mayor producción de carne de porcino con una producción superior a las 214 mil toneladas cada una. En conjunto ambas entidades aportan el 37.0% de la producción nacional, seguidas por el Estado de Puebla que aporta 9.4%, Guanajuato con 9.3% de la producción nacional de carne, Yucatán con el 8.5%, Veracruz con 6.2%, Michoacán con 3.7%, Tamaulipas con 3.0%, Oaxaca con 2.6% y el resto de las entidades federativas, que aportan 20.3% como se puede observar en la figura 5 (Garrido, 2010).

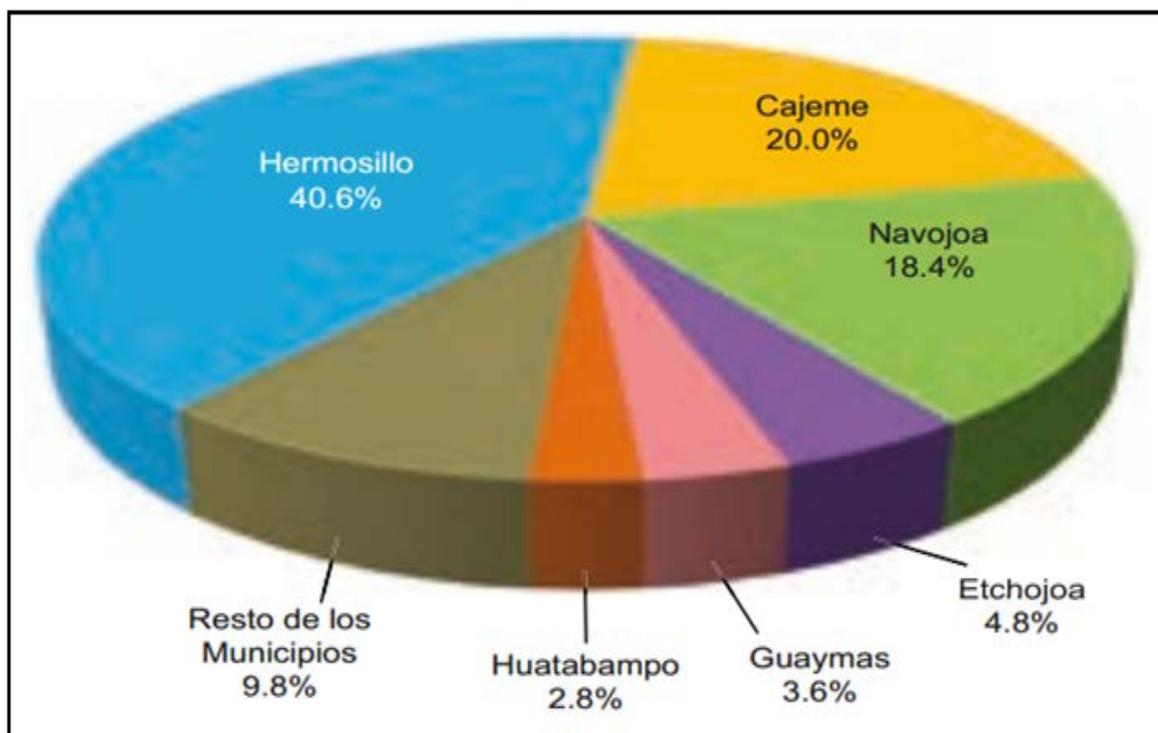


Fuente: CMP, 2010

Figura 5. Producción de carne de porcino en México

Según INEGI (2007) el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, registró la existencia de 9 021 192 cabezas de ganado porcino en el país, cifra que incluye tanto a las que son criadas y explotadas en unidades de producción 8 611 401 cabezas de cerdo, como a las que se ubican en viviendas o actividades de traspatio 409 791 cabezas de cerdo.

Con base en cifras del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, en Sonora 90.2% de la población porcina total se concentra en seis municipios, a saber, Hermosillo, Cajeme, Navojoa, Etchojoa, Guaymas y Huatabampo, todos ubicados en la región sur del estado, con excepción del primero, que se localiza en la parte central. En Hermosillo, el promedio de cerdos por unidad de producción alcanza los 4 332 ejemplares, en Navojoa se ubica en 2 121 ejemplares, Cajeme 1 940 ejemplares, Guaymas 1 498 ejemplares, Etchojoa 1 039 ejemplares y 406 ejemplares para Huatabampo, ver figura 6 (INEGI, 2007).

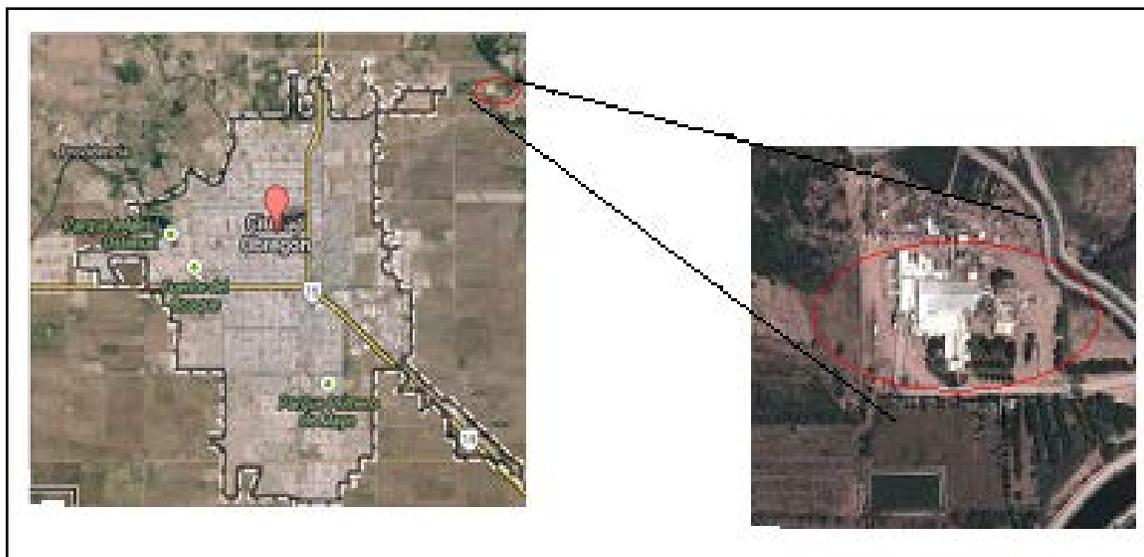


Fuente: INEGI, 2007

Figura 6. Distribución porcentual de existencias totales de porcinos en la región.

Como se mencionó anteriormente la carne de cerdo cuenta con un mercado muy amplio no solo a nivel nacional sino también a nivel internacional, mismo que constituyen a ser los principales clientes de la empresa bajo estudio ya que la mayoría del producto producido es de exportación, por lo que a continuación se hablará sobre los principales clientes y el área que se tiene bajo estudio dentro de la misma.

La empresa bajo estudio nació el tres de noviembre de 1998 la cual se encuentra ubicada en Calle Base y Canal Alto s/n, en el Predio Santa Rosa, Cajeme afueras de Ciudad Obregón, como se puede observar en la figura 7 la localización de dicha empresa. La empresa se dedica al sacrificio y corte de ganado porcino, maquila a terceros, y procesamiento de carne certificada como Tipo de Inspección Federal (TIF) además del procesamiento de subproductos de carne de cerdo y aves para mercado nacional y exportación, actualmente con una capacidad de sacrificio y corte de más 1,300 cerdos diarios (Osorio, 2014).



Fuente: Google Maps, 2014

Figura 7. Localización Empresa Alimentos Grole

Los productos que se manejan para el mercado nacional son: Pierna, Espaldilla, Lomo, y Cabeza de lomo. Los productos que se manejan para el mercado de exportación son: procesado, fresco, congelado, pollo. Los clientes que atiende a nivel nacional la empresa son: Guadalajara, Celaya, León, Irapuato, Morelia, Querétaro, Culiacán, Los Mochis, Mazatlán, México, La paz, Los cabos, Michoacán, Aguascalientes, Tijuana, Guaymas, Navojoa y Ciudad Obregón (Osorio, 2014).

Los clientes que atiende a nivel exportación son; Japón, Canadá, Estados Unidos, Corea, teniendo como principal cliente de exportación a Japón. Estos productos que se exportan tienen que tener algunas especificaciones y características como son carne sin moretones, sin hueso, peso, tamaño entre otras, además de cumplir con acreditaciones indispensables como es la certificación TIF (Tipo de Inspección Federal), (Osorio, 2014).

Grole cuenta con una amplia gama de procesos de sanidad, los cuales conllevan a que el producto elaborado dentro de la misma cumpla con todas las normas de calidad y sanidad requeridas, para que sus productos puedan ser exportados a

diferentes países. Constantemente dichos clientes recurren a la empresa para verificar la calidad de sus productos, constanding que todo el proceso de elaboración es de alta calidad y sumamente confiable para el consumo humano, ya que se cuenta con tecnología muy avanzada y en constante innovación.

La empresa en estudio se dedica al servicio para la transformación de alimentos, adaptable a las necesidades del mercado nacional e internacional con infraestructura tecnológica y desarrollo integral humano, cumpliendo con las normas regulatorias de calidad internacional y nacional". También ésta pretende ser una empresa líder y de clase mundial en el servicio de transformación de alimentos con personal altamente capacitado y comprometido con la satisfacción del cliente. Se encuentra distribuida en las siguientes áreas: corrales, área de sacrificio, cámaras de enfriamiento, área de corte, porcionados, área de congelación, empaque, embarque, planta de rendimiento, lavandería, recursos humanos, estacionamiento, vigilancia, jardines, lagunas, comedor y áreas administrativas (Osorio, 2014).

Actualmente la empresa se encarga del sacrificio de cerdo y el mejorado de pollo, este último no se sacrifica en la empresa, se compra a terceros para ser procesados en un área específica, de estos dos animales con los que se trabaja la de mayor auge es la de cerdo ya que se tiene los productos de mayor demanda en el mercado aprovechando la mayor parte del animal debido a que es muy poco lo que se desperdicia como lo es la sangre y el recto (Osorio, 2014).

El proceso productivo inicia cuando el ganado porcino llega de las granjas al área de corrales, donde permanece un tiempo de 24 horas sin comer, solo pueden beber agua y manteniéndolos lo más cómodos posible para que no se estresen y que la carne no salga con moretones, para así pasar al área de sacrificio donde cada cerdo tarda alrededor de 40 minutos en procesarse en esa área, el siguiente paso es almacenamiento en las cámaras de enfriamiento para bajar la temperatura canal este permanece un tiempo de alrededor 24 horas y luego se

traslada al área de corte, donde se separa en 3 partes, cuarto delantero, cuarto trasero y centro, una vez cumplido este proceso los cortes se pasan al área de porcionados donde se procesan y se les da una buena presentación logrando con esto aumentar el rendimiento de la materia prima que se genera en el área de corte.

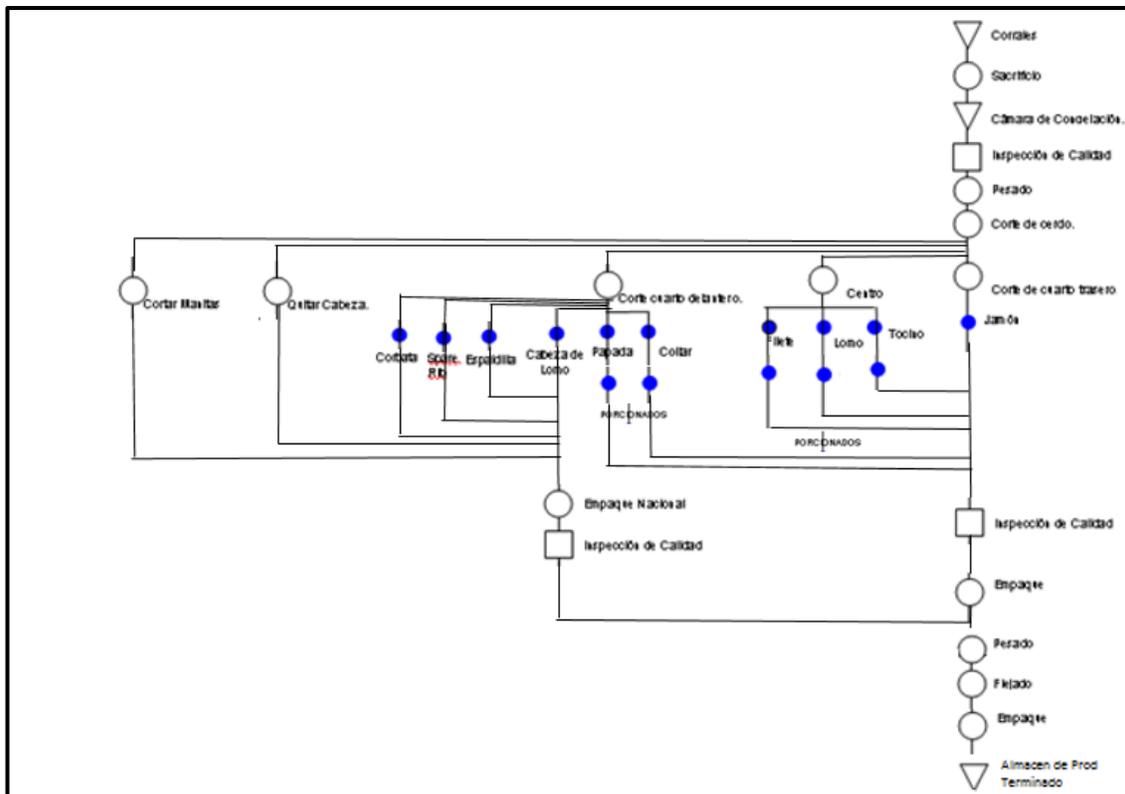
La empresa bajo estudio, realiza una gran variedad de productos tanto de exportación como nacionales, mismos que se pueden apreciar en la tabla 1, para mayor información ver el apéndice A.

Tabla 1. Productos que elabora la empresa

<b>Productos nacional</b>	<b>Productos para exportación</b>	
	<b>Cortes</b>	<b>Porcionados</b>
<b>Espaldilla</b>	Loin	Chop Loin.
<b>Jamón sin hueso</b>	Collar	Belly Kushi
<b>Cabeza de Lomo</b>	Tender loin	Slice loin
<b>Entrecot</b>	Shoulder s.rib	Collar slice
<b>Costillas</b>	One piece ham	Roll Belly
<b>Tocino</b>	Tree piece ham	Jowl Kushi
	Belly	Blok Belly
	Mmloin	Belly Stick
		CPC Tender Loin.
		Soft Bone
		Ham Bone
		Skin Off Tender Loin

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa (2014).

La secuencia para la realización de los productos tanto de venta nacional como de exportación se presenta en la figura 8, en la cual se muestra el diagrama de operaciones del proceso de corte y deshuese abarcando desde la llegada del cerdo a la empresa hasta su debido embarque.

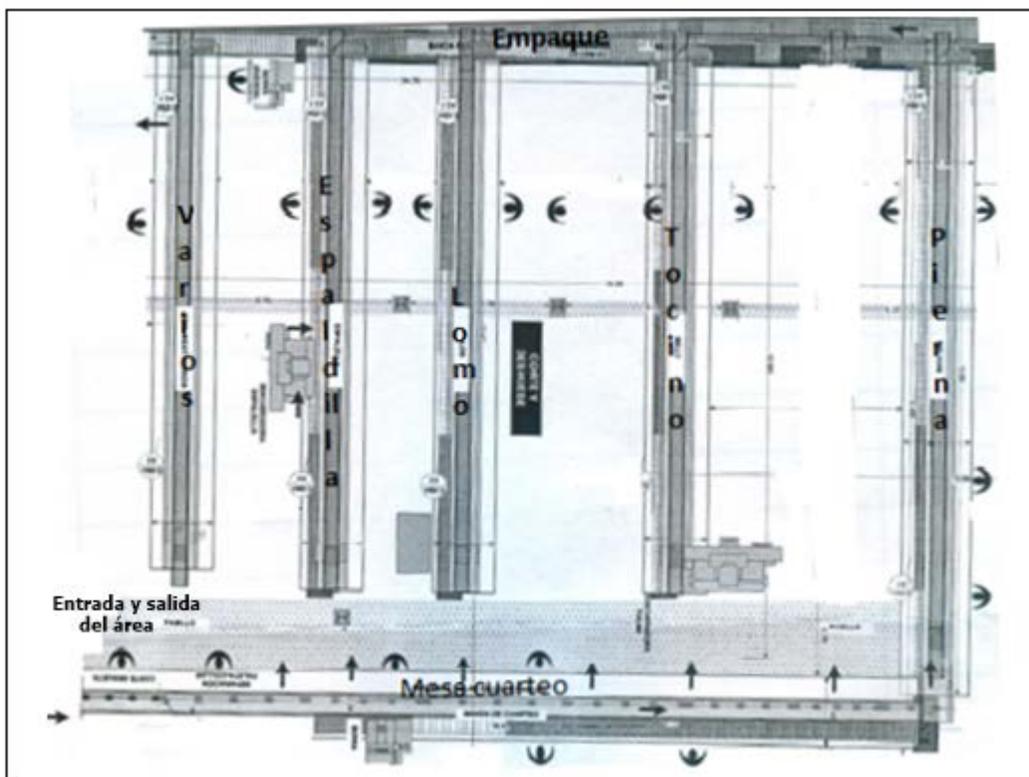


Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa (2014).

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso productivo.

Por su reciente reubicación el área de corte y deshuese encuentra ubicada en medio de la cámara de canales (es el cuarto donde se cuelga el cerdo ya sacrificado, en dicho lugar el cerdo adquiere la temperatura necesaria para pasar al área de corte y deshuese cuya temperatura debe ser  $2^{\circ}\text{C}$  o menos) y enseguida del área de corte y deshuese está ubicada el área de empaque lugar a donde se pasan los cortes realizados para su debido empaque. Está compuesta por seis líneas de trabajo (Ver figura 9) entre las cuales se encuentra la línea de espaldilla, donde se procesa la materia prima (canales) de acuerdo a las especificaciones del corte; es decir se manejan varios tipos de corte dependiendo de las especificaciones del cliente; entre las cuales se encuentran los siguientes cortes: exportación (Korea, Canadá y Japón), Nacional (los cuales se quedan para su comercialización dentro del país) y Capote ( es el corte que requiere menos tiempo ya que el producto es cortado muchas veces sin deshuesar y sin descuerar mismo que se emplea como materia prima para la elaboración de diferentes

productos). En esta área laboran 98 empleados que son los encargados de realizar las operaciones necesarias para la elaboración de los distintos productos (Osorio, 2014).



Fuente: Figura proporcionada por la empresa (2014).

Figura 9. Distribución de planta del área de corte y deshuese.

Los supervisores, así como los jefes de grupo del área de corte de la empresa, no tienen un método para determinar cuántas o cuáles actividades se le deben asignar a los operadores, ya que las operaciones que se realizan son las mismas desde que la empresa empezó a operar, solamente se le han agregado algunas operaciones al proceso, debido a los requerimientos del mercado, misma situación conlleva a que los operadores de dicha área diariamente trabajen horas extras, por la mala planeación de las actividades realizadas.

En caso de ser necesario incorporar nuevas operaciones al proceso de corte, se hace de manera inmediata, sin realizar un estudio para determinar la cantidad de

personas que se requerirán para realizar esta nueva operación y poder cubrir de esta manera la demanda de producto presentada con el número de operadores necesarios. De esta manera la empresa comete el error de no contar con la plantilla óptima para la operación, ya que agregan operaciones a la línea sin considerar el tiempo de realización que esta operación representa, provocando que existan diferencias en el tiempo de operación de cada operador, provocando de esta manera un desperdicio, sobrecarga en la mano de obra y pago de tiempo extra de horas laboradas a los operadores.

Por lo mencionado anteriormente cabe señalar que para la solución de los problemas que se presentan es necesario, conocer la siguiente información:

Según López (2009) establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas. Por ende, vale la pena considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo de línea, dado que no todo proceso justifica la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones. Tales condiciones son:

- Identificar el volumen o la cantidad de la producción la cual debe de ser suficiente para cubrir la preparación de la línea, esto va relacionado para tener en cuenta la duración del proceso, cabe mencionar que en el área de corte y deshuese de la empresa bajo estudio se cortan diario un promedio de 1300 canales.
- Debido a que cada una de las estaciones en la línea de producción tienen una secuencia en el proceso el tomarse las medidas de gestión de aprovisionamiento continuo de las piezas a trabajar, ayuda a que se minimicen las fallas y que se obtenga una continuidad en el proceso.

- Por último el equilibrar cada una de las operaciones de trabajo en cada una de las estaciones de la línea de producción, va de la mano para aumentar la eficiencia de la línea en la cual se realiza el estudio.

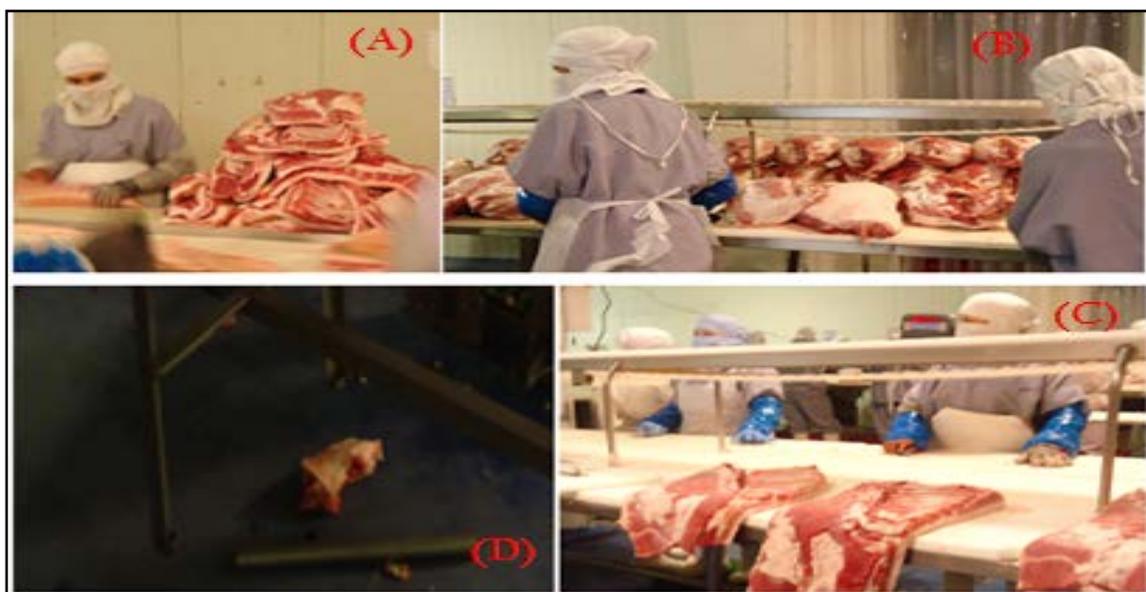
Una vez limitado el alcance de un balanceo de línea cabe mencionar que existen diferentes puntos que se tomaran en cuenta durante su realización, mismos que se mencionan a continuación:

- Determinar el número de operarios necesarios para cada operación.
- Minimizar el número de estaciones de trabajo.
- Asignar elementos de trabajo a la misma (García 2005).

Debido a que durante la observación del área para poder realizar un flujo continuo de producción, los principales problemas que se presentaron durante su exanimación fueron los tiempos muertos (tiempo de ocio), los cuellos de botella (acumulamiento del producto en una o más estaciones de la línea de producción) y las mermas que se presentan durante el proceso de producción diario, por lo que se prosiguió a investigar en qué consiste cada una de estos.

Los cuellos de botella en una organización se refieren a las diferentes actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad, trayendo como consecuencia final el incremento en los costos de producción, los cuales no agregan valor al producto. Los tiempos muertos hacen referencia al tiempo total de producción menos la sumatoria total de los tiempos de preparación, procesamiento y de espera. Las mermas en una producción es la diferencia entre la cantidad real de los componentes de la materia prima que son alimentados al proceso de fabricación y la cantidad real de los componentes obtenidos en el producto terminado; en otras palabras, es la diferencia de entradas y salidas de materia prima (Casas, 2010).

La empresa cuenta con corrales, en los cuales se reciben a los cerdos diariamente para así empezar con el proceso de preparación para transformarlos en los diferentes productos que se realizan, recorriendo cada una de las áreas necesarias de la empresa para su elaboración hasta llegar al cliente final; por lo que se hablará sobre las necesidades de mejora que se detectaron en el área de corte y deshuese, mismas que por su faltan de solución afectan diariamente el proceso de dicha área; entre los más comunes son cuellos de botella en ciertas partes de las diferentes líneas figuras (A) y (B), tiempos muertos figura (C), producto desperdiciado figura (D), como se aprecia en la figura 10.



Fuente: Grole 2014

Figura 10. Cuellos de botella, tiempo de ocio y producto desperdiciado

Como se mencionó anteriormente, a continuación se enlistan algunos de los problemas que se presentan dentro del área:

- Las tareas de los operadores en la línea no están bien distribuidas por lo que hay quienes tienen tiempo muerto y a otros se les acumula inventario en proceso.

- Al hacer cambio del tipo de corte muchas veces hay personal en exceso en la línea, el cual no se reubica en otra línea, ni apoya a las operaciones más cargadas.
- Hay paros de producción debido a que las canales no tienen la temperatura requerida, para su procesamiento.
- La forma del manejo de piezas en la línea es manual y en ciertos casos consiste en lanzarlo de una línea a otra, provocando con esto que el producto caiga al suelo.

Por todo lo mencionado anteriormente, la empresa Grole presenta grandes áreas de oportunidad dentro del área de corte y deshuese específicamente en la línea de espaldilla debido a la sobrecarga de trabajo y tiempo de ocio observado en algunos trabajadores, amontonamiento de producción en proceso, baja eficiencia en la línea de producción, por lo cual se requiere equilibrar el proceso, para lograr un flujo continuo en la línea de producción.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

Analizando el área de corte y deshuese específicamente en la línea de espaldilla, se encontró que se cuenta con deficiencias en la línea, debido a que existen acumulamientos y tiempos muertos en ciertas estaciones de la línea. Esta área se encuentra recientemente reubicada por lo que es necesario realizar un estudio de las operaciones que se realizan en la misma, específicamente en la línea de espaldilla, analizando su comportamiento durante el proceso productivo; para identificar el número de personas necesarias por cada tipo de corte.

Por lo mencionado anteriormente se enuncia la siguiente problemática.

**El área de Corte y Deshuese en la línea de espaldilla de la empresa en estudio presenta un desequilibrio en el flujo de las operaciones, provocando una disminución de la eficiencia de producción.**

## **Objetivo**

Equilibrar el flujo de las operaciones en el área de Corte y Deshuese en la línea de espaldilla para obtener un proceso más eficiente.

### **1.3 Justificación**

La presente investigación se realiza debido a que las diferentes operaciones realizadas dentro del área de corte y deshuese en la línea de espaldilla no son en su totalidad eficientes. Al proponer mejoras en la línea de producción se pretende tener un flujo de operaciones equilibrado, el cual reduzca los cuellos de botella, tiempos muertos y mermas en la línea de producción.

El beneficio de esta investigación será para los empleados de la empresa debido a que con un método de trabajo más eficiente se verán menos forzados en su labor diaria; así como para la empresa, al contar con una plantilla justa de trabajadores por corte a realizar, la cual evitara el aumento del costo de la producción al eliminar tiempos extras, específicamente en el área de corte y deshuese en la línea de espaldilla se busca incrementar la productividad del área aprovechando al máximo la mano de obra disponible, para de esta forma, al contar con un método equilibrado, se pueda cumplir con la demanda diaria en tiempo y forma.

En caso de no realizarse esta mejora al área de corte y deshuese en la línea de espaldilla, se seguirán teniendo plantillas de personal poco eficientes, ya sea porque se cuente con poco personal o de más, incrementando con esto los cuellos de botella, tiempos muertos y el costo de la producción, al requerir para satisfacer la demanda.

## 1.4 Delimitaciones

La presente investigación estará enfocada en los siguientes factores:

- El estudio se desarrolla en la línea de espaldilla del área de producción.
- La propuesta de mejora estará basada en la determinación del número de operarios adecuados para cada tipo de corte.

## 1.5 Limitaciones

Para la presente investigación las restricciones detectadas al momento de analizar las operaciones y la elaboración de la propuesta de mejora fueron las siguientes:

- El periodo de tiempo para la realización del proyecto (semestre Enero-Mayo 2014).
- La visita a la empresa es por parte de los analistas tres días a la semana.
- Se presentan cambios en el tipo de corte de un momento a otro, de acuerdo a la demanda solicitada.
- La temperatura del canal para empezar a ser procesado no debe ser mayor a 2 °C.
- Resistencia de los operadores a realizar las actividades de la forma correcta.
- Restricción de información requerida por parte de la empresa, debido al protocolo de confidencialidad.

---

---

## II. MARCO TEÓRICO

---

---

El presente capítulo muestra los temas que se utilizarán para la realización del análisis de operaciones, con el objetivo de obtener un marco de referencia, mismo que sirva para respaldar dicha investigación.

### **2.1 Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido (García, 2005)

El estudio de tiempos generalmente se hace con un cronómetro, ya sea en el lugar mismo o mediante el análisis de una videocinta de trabajo. El trabajo o la tarea por estudiar se dividen en partes o elementos mensurables, y cada elemento se cronometra individualmente (Chase, 2009)

### **2.1.1 Requerimientos del estudio de tiempos**

Los requerimientos del estudio tiempo incluyen el hecho de que los analistas deben comunicar al representante del sindicato, al supervisor del departamento y al operario que se estudiará el trabajo. Cada parte puede hacer planes específicos y tomar las medidas necesarias para realizar un estudio coordinado y adecuado. El operario debe verificar que aplica el método correcto y debe estar familiarizado con todos los detalles de esa operación. El supervisor debe verificar el método para asegurar que la alimentación, la velocidad, las herramientas de corte, entre otras, cumplen con las prácticas estándar, como lo establece el departamento de método (Aponte, 2010).

Según Aponte 2010 los requerimientos para realizar el estudio del tiempo antes de emprender el estudio hay que considerar básicamente lo siguiente:

- Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.
- El método a estudiar debe haberse estandarizado.
- El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato.
- El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación.
- El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato pre impreso y una calculadora.

También ha de investigar la cantidad de material disponible para que no ocurran faltantes durante el estudio. Si dispone de varios operarios para el estudio, debe determinar quién tendrá los resultados más satisfactorios. El

representante del sindicato se asegura que solo se elijan operarios capacitados y competentes, debe explicarles porque se realiza el estudio y responder a cualquier pregunta pertinente que surja de los operarios (Niebel, 2004)

### **2.1.2 Elementos del estudio de tiempos**

Para asegurar que la realización del estudio de tiempos sea un éxito, el analista debe inspirar confianza, aplicar su juicio y desarrollar un enfoque de acercamiento personal con quienes tenga contacto. Además, sus antecedentes y capacitación deben prepararlo para entender a fondo y realizar las distintas funciones relacionadas con el estudio. Estos elementos incluyen; seleccionar al operario, analizar el trabajo y desglosarlo en sus elementos, registrar los valores elementales de tiempos transcurridos, calcular la calificación del operario y asignar los suplementos adecuados (Niebel, 2004)

Según García (2005), para seleccionar los elementos del estudio de tiempos deberán ser de fácil identificación, con inicio y termino claramente definido, deben de ser todo lo breve posible, se han de separar los elementos manuales a máquina parada, de los de máquina en marcha. Los primeros pueden reducir el ciclo de trabajo de la actividad desarrollada por el operario; los de máquina no influyen en el ciclo, pero si intervienen en la saturación del operario. A continuación se detalla la información considerada en cada uno de los elementos necesarios, (Niebel, 2004):

- Elección del operario: El primer paso para iniciar un estudio de tiempos se hace a través del jefe del departamento o del supervisor de línea. Después de revisar el trabajo en operación, tanto el jefe como el analista de tiempos deben estar de acuerdo en que el trabajo está listo para ser estudiado. Si más de un operario está efectuando el trabajo para el cual se van a establecer sus estándares, varias consideraciones deberán ser tomadas en cuenta en la selección del operario que usará para el estudio. En general, el operario de tipo medio o el que está algo más arriba del promedio, permitirá obtener un estudio más satisfactorio que el efectuado con un operario poco

experto o con uno altamente calificado. El operario medio normalmente realizará el trabajo consistente y sistemáticamente. El operario a seleccionar deberá estar bien entrenado en el método a utilizar, tener gusto por su trabajo e interés en hacerlo bien. Debe estar familiarizado con los procedimientos del estudio de tiempos y su práctica, y tener confianza en los métodos de referencia así como en el propio analista. Es deseable que el operario tenga espíritu de cooperación, de manera que acate de buen grado las sugerencias hechas por el supervisor y el analista.

- En ocasiones, el analista no puede elegir al operario, porque solo uno realiza la operación. En estos casos, debe ser muy cuidadoso al establecer la calificación del desempeño, porque quizá el operario esté trabajando en uno de los extremos de la escala de calificaciones. En las tareas de un solo trabajador, el método usado debe ser el correcto y el analista debe acercarse a él con cuidado y tacto.
- Análisis de comprobación del método de trabajo: Nunca debe cronometrarse una operación que no haya sido normalizada. La normalización de los métodos de trabajo es el procedimiento por medio del cual se fija en forma escrita una norma del método de trabajo para cada una de las operaciones que se realizan en una fábrica. En estas normas se especifican el lugar de trabajo y sus características, las máquinas y herramientas, los materiales, el equipo de seguridad que se requiere para ejecutar dicha operación (por ejemplo: lentes, mascarillas, extinguidotes, delantales, botas, entre otras) y los requisitos de calidad de dicha operación (tolerancias o acabado).
- Registro de Información significativa: Este registro debe contener las máquinas, herramientas, manuales, dispositivos, condiciones de trabajo, materiales, operaciones, nombre y número del operario, departamento, fecha del estudio y nombre del observador. Para estos detalles, se tiene designado un espacio en la forma de observación del estudio de tiempos. Es útil también contar con un bosquejo de la distribución del área estudiada.

Mientras más información se registre, más útil será el estudio de tiempos a través de los años.

- Cuando se usan máquinas y herramientas, debe especificarse nombre, tamaño, estilo, capacidad y número de serie o inventario, lo mismo que las condiciones en que trabaja. Si las condiciones de trabajo durante el estudio son distintas a las normales para esa operación, afectarán el desempeño del operario.
- Trato con el operario: De la técnica usada por el analista del estudio de tiempos para establecer contacto con el operario seleccionado dependerá mucho la cooperación que reciba. A este trabajador deberá tratársele amistosamente e informársele que la operación va a ser estudiada. Debe dársele oportunidad de que haga todas las preguntas que desee acerca de cosas como técnica de toma de tiempos, método de evaluación y aplicación de márgenes. En casos en que el operario sea estudiado por primera vez, el analista debe responder a todas las preguntas sincera y pacientemente. Además, debe animar al operario a que proporcione sugerencias y, cuando lo haga, éstas deberán recibirse con agrado demostrándole que se respeta su habilidad y sus conocimientos.
- El analista debe mostrar interés en el trabajo del operario, y en toda ocasión ser justo y franco en su comportamiento hacia el trabajador. Esta estrategia de acercamiento hará que se gane la confianza del operario, y el analista encontrará que el respeto y la buena voluntad obtenidos le ayudarán no sólo a establecer un estándar justo, sino que también harán más agradables los trabajos futuros que les sean asignados en el piso de producción.
- Posición del observador: Una vez que el analista ha realizado el acercamiento correcto con el operario y registrado toda la información importante, está listo para tomar el tiempo en que transcurre cada elemento.

- El observador de tiempos debe colocarse unos cuantos pasos detrás del operario, de manera que no lo distraiga ni interfiera en su trabajo. Es importante que el analista permanezca de pie mientras hace el estudio. Los observadores de pie se pueden mover con mayor facilidad y seguir los movimientos de las manos del operario mientras este realiza el ciclo de la tarea. Durante el estudio el observador debe evitar cualquier tipo de conversación con el operario, ya que esto podría distraerlo o estorbar las rutinas.
- División de la operación en elementos: Para facilitar la medición, se divide la operación en grupos de movimientos conocidos como elementos. Para dividirlos en elementos individuales, el analista debe observar al operario durante varios ciclos. Si es posible, es preferible que se determinen los elementos de la operación antes de iniciar el estudio. Éstos deben separarse en divisiones tan finas como sea posible, pero no tan pequeñas que se sacrifique la exactitud de las lecturas. Las divisiones elementales de alrededor de 0.04 min. se aproximan a lo mínimo que puede leer de manera consistente un analista experimentado de estudio de tiempos.

Para identificar por completo los puntos terminales y desarrollar consistencia en las lecturas del cronómetro de un ciclo al siguiente, se toman en cuenta los sonidos y lo que se ve al desglosar los elementos.

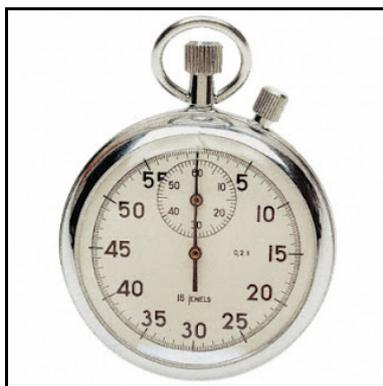
### **2.1.3 Equipo para el estudio de tiempos**

El equipo mínimo requerido para llevar a cabo un programa de estudio de tiempos incluye un cronómetro, una tabla, las formas para el estudio y una calculadora. También puede ser útil un equipo de video grabación. (Niebel, 2004). A continuación se detallan estos equipos.

Cronómetros:

En la actualidad se utilizan dos tipos de cronómetros: el cronómetro tradicional con décimos de minutos (0.01 min.) y el cronómetro electrónico mucho más práctico.

A continuación se muestra el cronómetro tradicional de decimos de minutos (Ver figura 11).



Fuente: Sport 360, 2011

Figura 11. Cronómetro mecánico

Los cronómetros electrónicos proporcionan una resolución de 0.001 s. y una exactitud de  $\pm 0.002\%$ . Pesan cerca de cuatro onzas y miden aproximadamente 4x2x1 pulgadas. Permiten tomar el tiempo de cualquier número de elementos individuales, mientras sigue contando el tiempo total transcurrido. Entonces, proporcionan tanto tiempos continuos como regresos a cero, sin las desventajas de los cronómetros mecánicos.

A continuación se muestra el cronómetro electrónico. (Ver figura 12)



Fuente: Archiexpo, 2014

Figura 12. Cronómetro electrónico

Formas de estudio de tiempos:

Las formas impresas deben tener el espacio necesario para hacer las anotaciones pertinentes respecto al estudio, desde el nombre del operario, nombre de la operación, tipo de máquina utilizada, espacio para comentarios, hasta la información sobre el método de trabajo.

#### **2.1.4 Determinación del número de ciclos a cronometrar**

Un ciclo de trabajo es la secuencia de elementos que constituyen el trabajo o serie de tareas en observaciones. El número de ciclos en el trabajo que debe cronometrarse depende del grado de exactitud deseado y de la variabilidad de los tiempos observados en el estudio preliminar (Niebel, 2004)

Es posible determinar matemáticamente el número de ciclos que deberán ser estudiados como objeto de asegurar la existencia de una muestra confiable, y tal valor, aplicando un buen criterio, dará al analista una útil guía para poder decidir la duración de la observación (Niebel, 2004). A continuación se detallan los distintos métodos para el cálculo de observaciones necesarias.

Método de la Maytag-Company: La Maytag-Company emplea el siguiente procedimiento para estimar el número de observaciones necesarias:

1. Toma de lecturas: diez lecturas para ciclos de dos minutos o menos y cinco lecturas para ciclos superiores a dos minutos.
2. Determinación del intervalo R, o sea, el valor máximo H, del estudio de tiempos, menos el valor mínimo L =  $R = (H - L)$ .
3. Determinación de la media X, o sea, la suma de las lecturas dividida por el número de ellas (5 o 10). Esta media se obtiene aproximadamente dividiendo por dos la suma de los valores mayor y menor, o sea,  $X = (H + L) \div 2$
4. Determinación de R / X, o sea, el intervalo dividido por la media.
5. Determinación del número de lecturas necesario (4) según la tabla de la Maytag – Company (Ver anexo IV). Se desciende por la primera columna hasta encontrar el valor de  $\frac{R}{X}$ ; se sigue horizontalmente hasta hallar el número de lecturas necesario, según el tamaño de la muestra escogida (5 o 10). Para un nivel de confianza del 95% y precisión  $\pm 10\%$ , se divide por cuatro el número hallado.
6. Continuación de las lecturas hasta que se alcanza el número de ellas indicado. (Niebel, 2004)

Método estadístico: Los métodos estadísticos pueden servir de guía para determinar el número de ciclos a estudiar. Se sabe que los promedios de las muestras (X) tomados de una distribución normal de observaciones, están normalmente distribuidos con respecto a la medida de la población  $\mu$ . La variable de x con respecto a la medida de población  $\mu$  es igual a  $\sigma^2/n$  donde n es el tamaño de la muestra y  $\sigma^2$  la varianza de la población. A continuación se muestra la ecuación para calcular el número de observaciones requeridas, según Niebel (2004):

$$n_i = \frac{[ZSI]^2}{[EX_{ij}]} \quad \text{donde:} \quad S_i = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m (X_{ij})^2 - \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij})]^2}{m}}}{m - 1}$$

Donde:

$S_i$  = Desviación estándar de la serie de desviaciones para el elemento de trabajo i.

$M$  = Número de observaciones preliminares realizadas.

$X_{ij}$  = Tiempo registrado para cada elemento de trabajo  $i$ , en la observación  $j$ .

$N_i$  = Número de observaciones requeridas.

$E$  = Error permisible (5%). Por lo tanto, se maneja un 95 % de confiabilidad.

$Z$  = Calificación  $Z$  correspondiente al nivel deseado de confiabilidad

A continuación se muestra la fórmula para calcular el nivel de confianza deseado:

$$Z = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

### 2.1.5 Calificación del desempeño del operario

Debido a que el tiempo real requerido para ejecutar cada elemento del estudio depende en un alto grado de la habilidad y esfuerzo del operario, es necesario ajustar hacia arriba el tiempo normal del operario bueno y hacia abajo el del menos capacitado. Por lo tanto antes de dejar la estación de trabajo, el analista debe de dar una calificación justa e imparcial al desempeño en el estudio. En un ciclo corto con trabajo repetitivo, es costumbre aplicar una calificación al estudio completo, o una calificación promedio para cada elemento.

En el sistema de calificación del desempeño, el observador evalúa la efectividad del operario en términos del desempeño de un operario calificado que ejecuta el mismo elemento. El valor de la calificación se expresa como un decimal o como un porcentaje. Un operario calificado se define como un operario con alta experiencia que trabaja en las condiciones acostumbradas en la estación de trabajo, a un paso no demasiado rápido y no demasiado lento, sino representativo de uno que se puede mantener a lo largo del día. (Niebel, 2004)

La calificación de la actuación es el paso más importante del procedimiento de medición de trabajo, ésta, es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que el operario normal ejecute una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio.

La primera y la más importante de las características de un sistema de calificación es su exactitud. El plan de calificación que dé resultados más consistentes y congruentes será también el más útil, si el resto de los factores son semejantes. Se puede corregir un plan de calificación que tuviera consistencia al ser utilizado por los diversos analistas de tiempos de una planta y que, sin embargo, estuviese fuera de la definición aceptada de exactitud normal.

Un sistema de calificación que sea simple, conciso, de fácil explicación y basada en puntos de referencia bien establecidos, dará mejores resultados que técnicas complicadas que requieran factores de ajuste y cálculos matemáticos que confundan al trabajador (Ingeniería Industrial, 2012).

Algunos de los sistemas de calificación utilizados para la calificación del operario son los siguientes, según George (2004):

- Calificación sintética: Determina un factor de actuación para elementos de esfuerzo representativos de ciclo de trabajo para la comparación de los tiempos reales.
- Calificación por velocidad: Se considera la rapidez de realización (por unidad de tiempo). El observador mide la efectividad del operario en comparación con el concepto de un operario normal que lleva a cabo el mismo trabajo, y luego asigna un porcentaje para indicar la relación o razón de la actuación observada a la actuación normal.
- Calificación Objetiva: Trata de eliminar las dificultades para establecer un criterio de velocidad o rapidez normal para cada trabajo.
- Sistema Westinghouse: es uno de los sistemas más antiguos en el cual se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario, que son: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.

Por lo que el sistema Westinghouse es considerado uno de los más sencillos para la calificación de la actuación del operario, es por tal motivo que fue el

sistema que se utilizó para la realización del proyecto mismo que hace referencia a lo siguiente: En este método se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario, que son la habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.

La habilidad se define como: pericia en seguir un método dado y se puede explicar más relacionándola con la calidad artesanal, revelada por la apropiada coordinación de la mente y las manos.

Según el sistema Westinghouse de calificación o nivelación, existen 6 grados o clases de habilidad asignables a operarios y que representan una evaluación de pericia aceptable. Tales grados son: deficiente, aceptable, regular, buena, excelente y extrema. El observador debe evaluar y asignar una de estas seis categorías, que va desde +15% hasta -22%.

Según el sistema el esfuerzo o empeño se define como una "demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia". El empeño es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad, y puede ser en alto grado por el operario. Pueden distinguirse seis clases representativas de rapidez aceptable: deficiente, aceptable, regular, bueno, excelente y excesivo. Al excesivo se le asigna valor de +13% hasta -17%.

Las condiciones a que se ha hecho referencia en este procedimiento de calificación de la actuación, son aquellas que afectan al operario y no a la operación. Las condiciones serán calificadas como normales o promedio cuando las condiciones se evalúan en comparación con la forma en la que se hallan generalmente en la estación de trabajo. Se han enumerado 6 clases generales de condiciones que van desde más 6% hasta menos 7% estas condiciones de estado general se denominan ideales, excelentes, buenas, regulares, aceptables y deficientes.

El último de los cuatro factores es la consistencia del operario. La consistencia del operario debe evaluarse mientras se realiza el estudio. Los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indican consistencia perfecta; hay seis clases de consistencia: perfecta, excelente, buena, regular, aceptable, y deficiente, asignando el valor más 4% a la consistencia perfecta y de menos 4% a la deficiente. (Ingeniería Industrial, 2012)

### **2.1.6 Asignación de suplementos**

No es posible que un operario mantenga un paso estándar todos los minutos del día de trabajo. Por lo cual, pueden tener lugar tres clases de interrupciones para las que debe asignarse tiempo adicional.

La primera son las interrupciones personales, como viajes al baño y a los bebederos; la segunda es la fatiga que afecta aún a los individuos más fuertes en los trabajos más ligeros; por último, existen retrasos inevitables, como herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, pequeños problemas con las herramientas y variaciones del material, todos ellos requieren la asignación de un suplemento. Como el estudio de tiempos se toma en un periodo relativamente corto y como los elementos extraños se eliminan para determinar el tiempo normal, debe añadirse un suplemento al tiempo normal para llegar a un estándar justo que un trabajador pueda lograr de manera razonable (Niebel, 2004).

Según Valenzuela (2012) la adición de un margen o tolerancia al tener en cuenta las numerosas interrupciones, retrasos y movimientos lentos producidos por la fatiga inherente a todo trabajo. Se debe asignar un margen o tolerancia al trabajador para que el estándar resultante sea justo y fácilmente mantenible por la actuación del trabajador medio a un ritmo normal continuo; las tolerancias se aplican para cubrir tres amplias áreas, que son las demoras personales, la fatiga y los retrasos inevitables.

Las tolerancias se aplican a tres categorías del estudio que son:

1. Tolerancias aplicables al tiempo total de ciclo
2. Tolerancias aplicables solo al tiempo de empleo de la máquina
3. Tolerancias aplicables al tiempo de esfuerzo

Existen dos métodos utilizados frecuentemente para el desarrollo de datos de tolerancia estándar. El primero es el que consiste en un estudio de la producción que requiere que un observador estudie dos o quizá tres operaciones durante un largo periodo. La segunda técnica para establecer un porcentaje de tolerancia es mediante estudios de muestreo del trabajo.

El observador debe tener cuidado de no anticipar sus observaciones, y solo anotará lo que realmente sucede; un estudio dado no debe comprender trabajos de símbolos, sino que debe limitarse a operaciones semejantes en el mismo tipo general de equipo. Entre las cuáles se encuentran las siguientes (Valenzuela, 2012):

- Retrasos personales

Las condiciones generales en que se trabaja y la clase de trabajo que se desempeña, influirá en el tiempo correspondiente a retrasos personales. De ahí que condiciones de trabajo que implica gran esfuerzo en ambientes de alta temperatura. El tiempo por retrasos personales dependerá naturalmente de la clase de persona y de la clase de trabajo.

- Fatiga

Estrechamente ligada a la tolerancia por retrasos personales, está el margen por fatiga. En las tolerancias por fatiga no está en condiciones de calificarlas con base en teorías racionales y sólidas, y probablemente nunca se podrá lograr lo anterior. La fatiga no es homogénea; va desde el cansancio puramente físico hasta la fatiga puramente psicológica e incluye una combinación de ambas.

- Retrasos inevitables.

Se aplica a los elementos de esfuerzo y comprende conceptos como interrupciones; todo operario tendrá numerosas interrupciones en el curso de un día de trabajo, que pueden deberse a un gran número de motivos. Los retrasos inevitables suelen ser resultado de irregularidades en los materiales, a

medida que resultan inadecuadas las tolerancias usuales por retrasos inevitables.

- Interferencia de máquinas.

Cuando se asigna más de una instalación de trabajo a un operario u operador, hay momentos durante el día de trabajo en que una o más de ellas debe esperar hasta que le operario termine su trabajo en otra. Cuanto mayor sea el número de equipos o máquinas que se asignen al operario tanto más aumentará el retraso por interferencia. La magnitud de interferencia que ocurre está relacionada con la actuación del operador. El analista procurará determinar el tiempo de interferencia normal que al ser sumado a 1) al tiempo de funcionamiento de la máquina requerida para producir una unidad y 2) al tiempo normal utilizado por el operario para el servicio de la máquina parada, será igual al tiempo de ciclo.

- Retrasos evitables.

Estas demoras pueden ser tomadas en cuenta por el operario a costa de su rendimiento o productividad, pero no se proporciona ninguna tolerancia por estas interrupciones del trabajo en la elaboración del estándar.

- Tolerancias adicionales o extras.

Sin embargo, en ciertos casos puede ser necesario suministrar una tolerancia extra o adicional para establecer un estándar justo. Por tanto, debido a un lote su estándar de materia prima, pudiera ser necesario suministrar una tolerancia extra o adicional para tener en cuenta una indebidamente alta formación de desechos, originada por las deficiencias en el material.

Siempre que sea práctico, el tiempo permitido se debe establecer para el trabajo adicional de una operación dividiéndola en elementos, y luego incluyendo estos tiempos en la operación específica.

- Limpieza de la estación y lubricación de la máquina.

El tiempo necesario para limpiar y lubricar la máquina de un operador se puede clasificar como un retraso inevitable, cuando es gastado por el operario, se incluyen generalmente como una tolerancia de tiempo de ciclo total. El tipo y tamaño del equipo, y el material de la fabricación tendrá considerable efecto.

Tolerancia por tiempo de suministro de potencia a una máquina.

La tolerancia requerida para los elementos correspondientes a la alimentación o suministro de potencia diferirán con frecuencia de los requeridos por

elementos de esfuerzo. Las tolerancias se establecen por variación en la potencia ocasionada por velocidades reducidas provenientes del resbalamiento de una banda de transmisión o de paros por reparaciones menores.

- Aplicación de las tolerancias o márgenes

El propósito fundamental de las tolerancias es agregar un tiempo suficiente al tiempo de producción normal que permite al operario de tipo medio cumplir con el estándar cuando trabaja a ritmo normal, la tolerancia se basa en el tiempo de producción normal, puesto que es este valor al que se aplicará el porcentaje en estudios subsecuentes.

### 2.1.8 El tiempo estándar

Según Niebel (2004), al tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio para ejecutar la operación se llama tiempo estándar de esa operación.

Para calcular el tiempo estándar, es necesario conocer antes el tiempo normal, el cual se calcula de la siguiente manera: tiempo elemental multiplicarlo por la calificación del desempeño de la actuación que se le dará a cada operación, el resultado dividido entre 100.

$$Tiempo Normal = \frac{Tiempo Elemental * Calificación de actuación}{100}$$

Una vez obtenido el tiempo normal, será posible calcular el tiempo estándar, considerando las tolerancias necesarias para la realización de cada actividad.

$$Tiempo Estándar = Tiempo Normal * (1 + Suplemento)$$

Según García (2005), al determinar el tiempo estándar dentro de una organización se pueden obtener algunos de los siguientes beneficios:

- Medio para determinar la capacidad de la planta

- Programar los niveles de producción
- Bases para el balanceo de líneas
- Reducir el tiempo para la realización de las actividades
- Medio para asegurar una eficiente distribución en el espacio disponible de la planta
- Mejorar la calidad de los productos
- Proporciona bases para incentivar al personal
- Bases para elevar los estándares del personal

Una vez ya definido lo que es el tiempo estándar es muy importante retomar ciertos temas los cuales lo complementan, para una mejor implementación en el ámbito laboral, los cuales se presentan a continuación.

## **2.2 Balanceo de línea**

La producción en línea es una disposición de áreas de trabajo donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonadamente directo. (García, 2005)

Según López (2009), deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

- Cantidad. El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que la tarea tendrá.
- Equilibrio. Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
- Continuidad. Una vez iniciadas, las líneas de producción deben continuar pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones. Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar

un aprovisionamiento continuo del material, piezas, subensambles, entre otros, y la previsión de fallas del equipo.

Según García (2005), la técnica de balanceo es una aplicación de los estándares de tiempo elementales para fin de:

- Igualar la carga de trabajo entre personas, celdas y departamentos. No ayuda que un empleado, celda o departamento haga una unidad raíz los departamentos que le envían el trabajo o aquellos que los despacha no pueden seguir el ritmo. Es necesario que todos los empleados, celdas y departamentos estén balanceados. Para que el trabajo sea más equitativo, podemos quitar parte del trabajo a una estación ocupada y dárselo a la que no tenga suficiente.
- Identificar la operación cuello de botella. El empleado celda o departamento que tenga más trabajo es la estación cuello de botella y es necesario ponerla en equilibrio con el resto de la planta. Esta estación requiere más ingeniería industrial y asistencia de la supervisión que cualquier otra. Si tenemos una persona con 10% más de trabajo que las otras 20 de una línea de ensamble, podemos ahorrar el equivalente de una quinta parte de un empleado por cada reducción del 1% en el tiempo de la estación cuello de botella, hasta que reduzcamos 10%. Con este multiplicador justificamos hasta 20 veces el costo normal de herramental. La técnica de balanceo también es una herramienta de reducción de costos.
- Establecer la velocidad de la línea de ensamble. Es necesario ajustar las velocidades de las bandas transportadoras para el ritmo de la planta. Incluso si no hay bandas, se requieren programas de movimiento.
- Determinar el número de estaciones de trabajo. Cuando una tarea tiene más trabajo del que puede realizar el operario para alcanzar las metas de cantidad establecidas por los clientes, debe agregarse estaciones de trabajo. ¿Cuántas? El estándar de tiempo dividido entre el ritmo de la planta nos da esta cifra.

- Ayudar a determinar el costo de la mano de obra. La suma de los estándares de tiempo en horas por pieza de todas las operaciones no dará las horas totales. Las horas totales multiplicadas por la tasa horaria promedio de salarios nos dará el costo de mano de obra.
- Establecer el porcentaje de carga de trabajo de cada operador, para saber qué tan ocupados están en comparación con la estación cuello de botella, el tiempo takt o el ritmo de la planta.

Según García (2005), los casos típicos de balanceo de línea de producción son:

- Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operadores necesarios para cada operación.
- Conocido el tiempo de ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo.
- Conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a las mismas. (García , 2005)

El Balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales de trabajo en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso. Las actividades compatibles entre sí se combinan en grupos de tiempos aproximadamente iguales que no violan las relaciones de precedencia, las cuales especifican el orden en que deben ejecutarse las tareas en el proceso de ensamble (García, 2005).

### **2.2.1 Determinación del número de operadores necesarios para cada operación**

Para calcular el número de operadores necesarios para el arranque de la operación se aplica la siguiente fórmula (García, 2005).

$$IP = \frac{\textit{Unidades a fabricar}}{\textit{Tiempo disponible de un operador}}$$

$$NO = \frac{\textit{Tiempo Estándar} * \textit{Índice de producción}}{\textit{Eficiencia}}$$

*En donde:*

*NO= Número de operadores para la línea*

*IP= Índice de producción También se usa el editor*

### **2.2.2 Minimización del número de estaciones de trabajo**

Para la minimización del número de estaciones de trabajo dentro del procedimiento que se este estudiando, es necesario realizar un diagrama de precedencia par a conocer la secuencia de los elemento que se encuentren dentro de la operación.

El diagrama de precedencia es una gráfica donde se establece el número limitado de las secuencias de los elementos que sean física o económicamente factibles de realizar en un procedimiento. Una vez elaborado el diagrama de precedencia, el siguiente paso será calcular el peso posicional por cada unidad de trabajo.

El peso posicional se obtiene calculando la sumatoria de cada unidad de trabajo y de todas aquellas unidades de trabajo que deben seguirla.

Una vez calculado el peso posicional asignar elementos de trabajo a las diversas estaciones ya existentes, basados en los pesos de posición y en el tiempo de ciclo del sistema. (García, 2005)

$$\textit{Tiempo del ciclo del sistema} = \frac{\textit{Tiempo disponible de un operador}}{\textit{Producción diaria}} \times \textit{Eficiencia}$$

### **2.2.3 Asignación de elementos de trabajo a las estaciones de trabajo**

Los elementos de trabajo deben asignarse a las distintas estaciones de trabajo. Este proceso se basa en los pesos de posición (es decir, los elementos de trabajo con los pesos más grandes se asignan primero) y el tiempo de ciclo del sistema. El elemento de trabajo con el peso de posición más alto se asigna a la primera estación. El tiempo no asignado de esta estación se determina restando la suma de los tiempos de los elementos asignados del tiempo de ciclo estimado. Si se tiene un tiempo adecuado sin asignar, se elige el elemento de trabajo con el siguiente peso de posición más alto, siempre que ya se hayan asignado los elementos en la columna de "predecesores inmediatos". Una vez agotado el tiempo disponible en una estación de trabajo, se analiza la siguiente y el procedimiento continúa hasta asignar todos los elementos. (García, 2005).

### **2.3 Actividades de Valor**

Las actividades agregan valor cuando es percibida por el cliente o contribuye a su requerimiento o a la estrategia del negocio. Estas actividades pueden dividirse como sigue:

- 1.La actividad impacta directamente y agrega valor para el cliente. La actividad es algo por lo que el cliente pagaría para que sea efectuada.
- 2.La actividad agrega valor al negocio cuando es una actividad crítica para lograr las estrategias.

Cuando la actividad no agrega valor desde el punto de vista del cliente ni de la estrategia, la actividad es necesaria para conducir la operación general del negocio y/o dar soporte a actividades de alto valor agregado (Magalhaes, 2010).

## **2.4 Teoría de Restricciones.**

Está basada en el simple hecho de que los procesos de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento. La manera de balancear el proceso es utilizar un acelerador en este paso y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo, estos factores limitantes se denominan restricciones, embudos o cuellos de botella (Casas, 2010). Algunos conceptos importantes se detallan a continuación.

### **2.4.1 Cuellos de botella**

Se refiere a diferentes actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad, trayendo como consecuencia final el aumento en los costos.

Los cuellos de botella producen una caída considerable de la eficiencia en un área determinada del sistema, y se presentan tanto en el personal como en la maquinaria, debido a diferentes factores como falta de preparación, entrenamiento o capacitación en el caso del personal, o la falta de mantenimiento apropiado para el caso de las máquinas y equipos (Casas 2010).

Los cuellos de botella presentados durante el análisis a la línea de espaldilla, fueron causa de que el tiempo determinado para cada operación no es el adecuado por lo que lleva a que se haga un acumulamiento de piezas, en esta.

### **2.4.2 Modelo de Teoría de Restricciones (TOC).**

Según (Reyes, 2007) DBR (Drum-Buffer-Rope) es una metodología simple de planeación, programación y ejecución de la producción de un producto o servicio.

- El Drum (tambor) se refiere a los cuellos de botella (recursos con capacidad restringida - CCR) que marcan el paso de toda la empresa.

- El Buffer es un amortiguador de impactos basado en el tiempo, que protege al throughput (ingreso de dinero a través de las ventas) de las interrupciones del día a día (atribuidas al Sr. Murphi) y asegura que el Drum (tambor) nunca se quede sin insumos. Los Buffer están "basados en tiempo de proceso". Es decir, en lugar de tener una cantidad adicional de material, se hacen llegar los insumos a los puntos críticos con una cierta anticipación.

El tiempo de preparación y ejecución necesario para todas las operaciones anteriores al Drum, más el tiempo del Buffer, es llamado "Rope-length" (longitud de la soga).

La liberación de materias primas y materiales a la planta, está entonces "atada" a la programación del Drum, ningún material puede entregarse a la planta antes de lo que la "longitud de la soga" permite, de este modo cada producto es "jalado por la soga" a través de la empresa. Esto sincroniza todas las operaciones al ritmo del Drum, con flujo de materiales rápido y uniforme a través de la compleja red de procesos de una empresa. El método DBR (Drum-Buffer-Rope) mejora la eficiencia de la cadena de suministros asegurando que la empresa funcione a la máxima velocidad posible con el mínimo de inventarios y que permita cubrir demandas inesperadas (Reyes, 2007).

### 2.4.3 TAKT TIME

El tiempo Takt se calcula dividiendo el tiempo disponible para producir determinada cantidad de unidades entre la propia cantidad de unidades. Es decir tiempo disponible entre requerimiento del cliente como se muestra en la Formula (Sigma Ingeniería, 2014).

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ Disponible}{Unidades\ Demandadas}$$

Tiempo Takt es definido también como un métrico de desempeño del área de producción, incluso puede ser utilizado para basar en él un proceso de mejora continua si entendemos la diferencia entre tiempo real de ciclo y tiempo takt como la evidencia de un desperdicio y se actúa en consecuencia para

eliminarlo aplicando una de las herramientas de manufactura esbelta; como se observa en la formula (Sigma Ingeniería, 2014).

*Tiempo real de ciclo < Tiempo Takt =  
Sobreinventarios – Sobreproducción*

*Tiempo real de ciclo > Tiempo Takt =  
Espera – Sobreproceso – Retrabajo – Scrap – Tiempos Extras*

Este tiempo indica el ritmo que debe seguir una línea de producción o ensamble, de modo que pueda cumplir con los requerimientos de la demanda en el tiempo disponible por turno (Gómez, 2003).

El tiempo takt en el estudio de la línea fue de gran utilidad para saber en qué tanto tiempo debían estar llegando las piezas a cada uno de las estaciones de trabajo, y así poder seguir con el diagnóstico que ayudaría resolver las dificultades diagnosticadas.

## **2.5 Cambios rápidos de producción**

La metodología SMED se utiliza para la reducción del tiempo de espera al cambiar de un producto a otro, evitando lo más posible la pérdida de tiempo al realizar el cambio, reducir el exceso de inventario, y el de producir varios productos en una sola línea, por lo que en la actualidad las empresas necesitan la optimización de recursos y para lograrlo, la metodología SMED es una de las más eficientes (Carbonell, 2013).

Los mercados han evolucionado para exigir a las empresas productoras más variedad de producto, pedidos de menor tamaño, plazos de entrega reducidos y costes de producción altamente competitivos.

La técnica SMED, diseñada por Shigeo Shingo en los años 50, se ofrece como alternativa para abordar este reto de la producción contemporánea.

Dicha técnica establece una serie de pasos, en los que se estudian concienzudamente las operaciones que tienen lugar durante el proceso de

cambio de lote, haciendo posible una reducción radical del tiempo de preparación.

El resultado de la aplicación de SMED es una planta flexible, capaz de satisfacer la demanda de los clientes actuales (Carbonell, 2013).

Al realizar cambios de preparación de un tipo de producción a otro dentro de la misma área ocurren grandes pérdidas de tiempo, por lo que para evitar este tipo de tiempo muerto se realiza un análisis de SMED el cual sirve para reducir los tiempos de la preparación, haciendo que esta sea más confiable, segura y simple.

"El SMED hace posible responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para las reducciones de los plazos de fabricación. Ha llegado el tiempo de despedirse de los mitos añejos de la producción anticipada y en grandes lotes. La producción flexible solamente es accesible a través del SMED", Shigeo Shingo (Carbonell, 2013). SMED es el acrónimo de las palabras "Single-Minute Exchange of Dies", que significa que los cambios de formato o herramienta necesarios para pasar de un lote al siguiente, se pueden llevar a cabo en un tiempo inferior a 10 minutos (Carbonell, 2013)

Conozcamos con un poco más de profundidad en qué consiste la técnica.

La técnica SMED sigue los siguientes pasos según Carbonell (2013):

1. Observar y comprender el proceso de cambio de lote: El proceso de cambio de lote discurre desde última pieza correcta del lote anterior, hasta la primera pieza correcta del lote siguiente. En este primer paso, se realiza la observación detallada del proceso con el fin de comprender cómo se lleva a cabo éste y conocer el tiempo invertido. Son 3 las actividades principales:
  - Filmación completa de la operación de preparación. Se presta especial atención a los movimientos de manos, cuerpo y ojos. Cuando el proceso

de cambio se lleva a cabo por varias personas, todas ellas deben ser grabadas de forma simultánea.

- Creación de un equipo de trabajo multidisciplinar, en el que deben figurar los protagonistas de la grabación, personal de producción, encargados, personal de mantenimiento, calidad, etc. En esta fase se aclaran dudas y se recopilan ideas.
  - Elaboración del documento de trabajo, donde se resumirán de forma sencilla las actividades realizadas y los tiempos que comprenden.
2. Identificar y separar las operaciones internas y externas: Se entiende por operaciones internas aquellas que se deben realizar con la máquina parada. Las operaciones externas son las que pueden realizarse con la máquina en funcionamiento. Inicialmente todas las operaciones se hallan mezcladas y se realizan como si fuesen internas, por eso es tan importante la fase de identificación y separación.
  3. Convertir las operaciones internas en externas: En esta fase las operaciones externas pasan a realizarse fuera del tiempo de cambio, reduciéndose el tiempo invertido en dicho cambio.
  4. Refinar todos los aspectos de la preparación: En este punto se busca la optimización de todas las operaciones, tanto internas como externas, con el objetivo de acortar al máximo los tiempos empleados. Los tiempos de las operaciones externas se reducen mejorando la localización, identificación y organización de útiles, herramientas y resto de elementos necesarios para el cambio.  
  
Para la reducción de los tiempos de las operaciones internas se llevan a cabo operaciones en paralelo, se buscan métodos de sujeción rápidos y se realizan eliminaciones de ajustes.
  5. Estandarizar el nuevo procedimiento: La última fase busca mantener en el tiempo la nueva metodología desarrollada. Para ello se genera documentación sobre el nuevo procedimiento de trabajo, que puede incluir documentos escritos, esquemas o nuevas grabaciones de vídeo.

Alguna de las ventajas de implementar el análisis SMED son:

- Se transforma el tiempo no productivo en tiempo productivo, que repercute en un incremento de la capacidad de producción y de la productividad de la planta.
- Es posible la reducción del lote de producción, cuyas consecuencias son un incremento de la flexibilidad de la planta frente a los cambios de la demanda, una reducción del plazo de entrega, una disminución del stock de material en curso y la consecuente liberación de espacio en la planta productiva.
- Se estandarizan los procedimientos de cambio de lote, estableciendo métodos de trabajos cómodos y seguros, reduciendo el producto rechazado en los procesos de ajuste, ofreciendo procesos de aprendizaje fáciles y garantizando la competitividad de la empresa a lo largo del tiempo. (Carbonell, 2013)

## **2.6 Principio del Manejo de Materiales**

Según Niebel (2004) el manejo de materiales incluye consideraciones de movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio. Primero, el manejo de materiales debe asegurar que las partes, materia prima, material en proceso, productos terminados y suministros se desplacen periódicamente de lugar a lugar. Segundo, como cada operación del proceso requiere materiales y suministros a tiempo en un punto particular, el eficaz manejo de los materiales aseguro que ningún proceso de producción o usuario será afectado por la llegada oportuna del material no demasiado anticipada o muy tardía. Tercero, el manejo de materiales debe asegurar que el personal entregue el material al lugar correcto. Cuarto, el manejo de materiales debe asegurar que los materiales sean entregados en cada lugar sin ningún daño en la cantidad correcta. Finalmente, el manejo de materiales debe considerar el espacio para almacenamiento, tanto temporal como potencial.

El manejo adecuado de los materiales permite, por lo tanto, la entrega de un surtido adecuado en el momento oportuno y en condiciones apropiada en el punto de empleo y con el menor costo. Es evidente que un buen manejo de materiales debe actuar de acuerdo con la buena administración de los mismos.

Por tanto, cuando un analista de métodos considera el enfoque para el análisis de la operación, debe considerar lo siguiente como un sistema integrado; control de inventarios, política de compras, recepción, inspección, almacenamiento, control de tráfico, recolección y entrega, distribución de equipo e instalaciones en la fábrica o planta.

Los beneficios tangibles e intangibles del manejo de materiales pueden reducirse a cuatro objetivos principales, según la American Material Handling Society (Sociedad Norteamericana para el Manejo de Materiales) , que son:

1. Reducción de costos de manejo: reducción de costos de mano de obra, reducción de costos de materiales, reducción de gastos generales.
2. Aumento de capacidad: incremento de producción, incremento de capacidad de almacenamiento, mejoramiento de la distribución de equipo.
3. Mejora en las condiciones de trabajo: aumento de la seguridad, disminución de la fatiga, mayores comodidades al personal.
4. Mejora distribución: mejora en el sistema de manejo, mejora en las instalaciones de recorrido, localización estratégica de almacenes, mejoramiento en el servicio a usuarios, incremento en la disponibilidad del producto.

Según Niebel (2004), un estudio efectuado por el Material Handling Institute (Instituto de Manejo de Materiales, de E.U.) reveló que entre el 30% y 85% del costo de llevar un producto al mercado está relacionado con el manejo de materiales. Un axioma que el analista de métodos debe tener siempre en mente es que la parte mejor manejada es aquella que tiene la menor operación manual. Ya sea que las distancias de movimiento sean grandes o pequeñas, el analista de métodos debe estudiarlas con vistas a su mejoramiento.

Considerando los seis puntos siguientes es posible reducir el tiempo y la energía empleados en el manejo de materiales (Niebel, 2004):

- Reducir el tiempo destinado a recoger el material
- Reducir la manipulación de materiales recurriendo a equipo mecánico
- Reducir el manejo de materiales mediante equipo mecanizado o automatizado
- Hacer mejor uso de los dispositivos de manejo existentes

- Manejar los materiales con mayor cuidado
- Considerar la aplicación de código de barras para inventario y aplicaciones relacionadas

Un buen ejemplo de la aplicación de estos seis conceptos es la transformación de la antigua bodega en un centro de distribución automatizado. Actualmente el almacén automatizado dispone de control por computadora para el movimiento de materiales, así como de flujo de información mediante el procesamiento de datos. En este tipo de bodega mecanizada, la recepción, el transporte, la entrada y la salida de almacén, y el control de inventarios, se consideran como una función integrada. (Niebel, 2004).

---

---

## III. MÉTODO

---

---

En el presente capítulo se da a conocer de manera detallada el sujeto bajo estudio, los materiales utilizados y la descripción de cada uno de los pasos que se siguieron para la realización del balanceo de líneas, señalando las actividades efectuadas como se muestra a continuación.

### **3.1 Sujeto de estudio**

El presente trabajo fue realizado en Grole, una empresa dedicada a la producción y comercialización de carne de cerdo específicamente en el área de corte y deshuese en la línea de espaldilla.

### **3.2 Materiales**

Para realizar este proyecto se acudió al uso de diversos materiales y herramientas los cuales se mencionan a continuación.

- Software Visio: fue utilizado para la realización de diagramas de flujo.
- Cronómetro digital: instrumento utilizado para realizar tomas de tiempos a los operarios de cada operación que se realiza en el área de corte, por lo que las tomas de tiempo son de gran importancia para obtener el tiempo estándar de cada operación.
- Software Excel 2007: fue utilizado para la realización de cálculos estadísticos
- Tablas de tolerancias de OIT: estas tablas fueron utilizadas para determinar los factores que afectan a los operarios que elaboran en el área de corte y deshuese en línea de espaldilla.
- Tablas de Factor de actuación: estas tablas fueron utilizadas para determinar cuatro factores al evaluar la actuación del operario, que son habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia con forme al sistema Westinghouse.

### **3.3 Procedimiento**

Para resolver la problemática planteada en el capítulo I, a continuación se presenta el procedimiento seguido para obtener y aplicar mejoras en el proceso productivo de corte y deshuese.

#### **3.3.1 Identificar la Línea de Espaldilla.**

En este punto se identificó las actividades que actualmente se realizan en el área de corte y deshuese en la línea de espaldilla de la empresa Grole, con la finalidad de conocer las diferentes operaciones del proceso, en la cual se encuentran estandarizados los procesos. En esta actividad se documentó toda la información necesaria para realizar el estudio de tiempos como son las actividades que se realizan en dicha área. Entre los datos más importantes se encontraron: El número de máquinas utilizadas en el área de trabajo, las condiciones de trabajo en las que laboran los operarios y las herramientas utilizadas para realizar su trabajo.

### 3.3.2 Analizar el proceso de la línea de espaldilla

A partir de los pasos descritos en el punto anterior se establecieron las diferentes operaciones, en la línea de espaldilla del área de corte y deshuese logrando con ello comprender a detalle el proceso del área. Para esta etapa se tomaron en cuenta la secuencia que siguen las operaciones dentro de la línea de producción, para ejemplificar gráficamente el orden de las operaciones se elaboró un diagrama de operaciones, y la red de procedencia en la cual se mostraron los elementos predecesores y sucesores de cada elemento dentro de la operación.

### 3.3.3 Cronometrar las operaciones del proceso

En este paso se tomó una pequeña muestra del tiempo de cada operación; para lo cual, de acuerdo a Niebel (2004), se toman 30 lecturas para operación de entre 5-6 minutos. Los tiempos fueron tomados con la ayuda de un cronómetro digital. La captura de las tomas fueron de gran ayuda para determinar el número de ciclos a observar, calcular el tiempo elemental, el tiempo normal, el tiempo estándar, lo cual se utilizó para llevar a cabo el balanceo de líneas.

Una vez hechas las tomas preliminares, se determinó si el tamaño de la muestra era suficiente para un intervalo de confianza del 95% y un error permisible del 5%, mediante el uso de la fórmula estadística. Para obtener el número de ciclos a observar primero se obtuvo el promedio (media) de los tiempos de cada operación, después se determinó la desviación estándar, y por último se obtuvo el valor de Z de acuerdo a la confiabilidad deseada.

A continuación se muestra la ecuación para calcular el número de observaciones requeridas según Niebel, 2004.

$$n_i = \frac{[ZS_i]^2}{[EX_{ij}]} \quad \text{donde:} \quad S_i = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m (X_{ij})^2} - \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij})]^2}{m}}{m-1}$$

Donde:

$S_i$  = Desviación estándar de la serie de desviaciones para el elemento de trabajo  $i$ .

$M$  = Número de observaciones preliminares realizadas.

$X_{ij}$  = Tiempo registrado para cada elemento de trabajo  $i$ , en la observación  $j$ .

$N_i$  = Número de observaciones requeridas.

$E$  = Error permisible

$Z$  = Calificación  $Z$  correspondiente al nivel deseado de confiabilidad

A continuación se muestra la fórmula para calcular  $Z$  correspondiente al nivel de confianza deseado según Niebel, 2004 (Ver figura 18).

$$Z = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

A partir de la toma de tiempos preliminares cronometradas se determinó el número de ciclos faltantes que se deben cronometrar como el número de ciclos a observar se logró utilizando el método estadístico y haciendo uso de la formula mostrada anteriormente.

### 3.3.4 Determinar el tiempo estándar

Se procedió a calcular el tiempo estándar, el cual se compone de varios elementos, tiempo elemental, calificación de la actuación, tiempo normal y el factor de tolerancias. Los cuales se integraron mediante la ecuación:

$$TS = TN * FT$$

Donde:

$TS$  = Tiempo estándar

$TN$  = Tiempo normal

$FT$  = Factor de tolerancias

La obtención de cada uno de estos elementos, se realizó de la siguiente manera:

Primero se determinó el tiempo elemental obteniendo el tiempo promedio de la suma de todas las lecturas cronometradas, considerando tanto las lecturas preliminares como las adicionales. En esta etapa se determinó el tiempo promedio (media) que tardan los operarios en realizar la operación, la cual se obtuvo sumando los tiempos de cada operación y dividiendo entre el número de tomas. Esto se realizó por separado en cada una de las actividades del proceso.

Para calcular los tiempos normales se tomaron los tiempos elementales se multiplicaron por los factores de actuación, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$TN = \text{Tiempo elemental} * \text{Calificación de la actuación}$$

La calificación de la actuación del operario, una vez seleccionado con ayuda de la persona encargada del área, se realizó en cuatro aspectos respecto a cada uno de los elementos: la destreza o habilidad, que tiene para llevar a cabo la tarea señalada, el esfuerzo o empeño con que la realiza, las condiciones bajo las cuales se desarrollan las operaciones y por último la consistencia de los tiempos arrojados, mediante el uso de las tablas para la calificación de actuación del sistema Westinghouse. Las calificaciones obtenidas fueron sumadas y por último a éste resultado se le añadió la unidad, a modo de obtener el factor de actuación.

$$\text{Factor actuación} = 1 + \text{suma de las calificaciones}$$

El siguiente paso que se realizó fue calcular el factor de tolerancia, esto se llevó a cabo basándose en la tabla de tolerancias de la OIT en la cual se sumaron los porcentajes de las tolerancias que se obtuvieron de la operación bajo estudio observando las condiciones del método de trabajo y del área en las que el operador las realiza, con la siguiente fórmula:

$$FT = \frac{100}{(100 - \sum tol)}$$

En donde:

$FT$  = Factor de tolerancia

$\sum tol$ = Sumatoria de tolerancias

Una vez obtenido el tiempo normal y hacer aplicado las tolerancias se procede a calcular el tiempo estándar, para lo cual se utilizo la siguiente fórmula:

$$TE = TN * \left[ \frac{100}{100 - \sum Tol} \right]$$

En donde:

$TN$ = tiempo normal

$\sum tol$ = Sumatoria de las tolerancia

### 3.3.5 Elaborar el balanceo de líneas

En este paso, para la realización el balanceo de líneas, fue necesario determinar el takt time para definir los tiempos de las operaciones de las líneas, así como los tiempos de ciclo de cada una, y calcular el número de operadores reales que se ocupan en cada operación, mediante el empleo de los tiempos estándares calculados en el paso anterior.

El tiempo takt time del proceso se calculó dividiendo el total de minutos de la jornada laboral entre la demanda promedio del día, la cual se otorgó por el jefe de producción. El takt time se calculó con la siguiente fórmula:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Unidades\ demandadas}$$

Después se sumaron los tiempos de todas las operaciones, para obtener el tiempo de ciclo. Una vez calculado los tiempos totales de ciclo para cada uno de los productos, se procedió a dividir los tiempos entre el número de empleados que intervienen en el proceso con el fin de compararlo contra el tiempo takt time. El índice de producción se calculó dividiendo las unidades a fabricar sobre el tiempo disponible por operador.

$$IP = \frac{Unidades\ a\ fabricar}{Tiempo\ disponible\ de\ un\ operador}$$

Enseguida se determinó el número de operadores teóricos necesarios por línea.

$$NO = \frac{\textit{Tiempo estandar} * \textit{Índice de producción}}{\textit{Eficiencia}}$$

En donde:

*IP* = Índice de producción

*NO* = Número de operadores

Enseguida se determinó la capacidad de la línea con la siguiente fórmula:

$$CL = \frac{\textit{Total de segundos por día} * \textit{No. de operadores por operación}}{\textit{Tiempo estandar por operación}}$$

Donde:

*CL* = Capacidad de la línea

La capacidad de producción de la línea es el volumen máximo de producción que es capaz de producir una empresa o una línea de producción.

La eficiencia de la línea se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Minutos estándar por operación}}{\textit{Minutos estándar permitidos por operación}} X 100$$

Con base en la determinación del número de operadores se realizó una redistribución del personal con la finalidad de eliminar los tiempos de ocio, mermas y cuellos de botella que se presentan en algunas de las operaciones, mediante una combinación de operaciones basada en una inspección visual para que los tiempos no sobrepasen la capacidad del trabajador permaneciendo dentro de la jornada laboral y cumpliendo con la demanda.

### **3.3.6 Configurar la línea balanceada.**

Para la configuración para la línea balanceada primeramente se procedió a realizar una tabla en la cual se colocaron el número de operadores óptimos por tipo de corte (nacional o exportación), los cuales se calcularon en el punto anterior. Tomando en cuenta que la razón principal del balanceo es hacer una plantilla de trabajadores adecuados para cada tipo de corte.

Posteriormente se realizó una distribución gráfica en la cual se acomodaron el número de operadores óptimos en la línea (nacional y exportación) lo cual se realizó con la finalidad de tener una representación gráfica del acomodo de operadores.

La propuesta de mejora que se realizó para ser implementada en la empresa, misma que soluciona algunas de las problemáticas presentadas dentro del área y en especial en la línea de espaldilla.

---

---

## IV. RESULTADOS

---

---

En el siguiente capítulo se muestran los resultados que se obtuvieron una vez finalizado el proyecto, también se muestran una serie de recomendaciones que se pueden aplicar para mejorar el funcionamiento del proceso productivo.

### 4.1 Identificación de la Línea de Espaldilla.

Las actividades identificadas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Actividades de la línea de espaldilla

<b>Actividad</b>	<b>No. de Operadores</b>
Descuerador (espaldilla)	2
Deshuesar (espaldilla)	6
Alimentador de espaldilla	1
Detallador (costilla)	2
Desgrasado (espaldilla)	5
Detallador (espaldilla Nacional)	5

Para ver la descripción correspondiente a cada una de las actividades véase en la tabla 3.

Tabla 3. Descripción de actividades

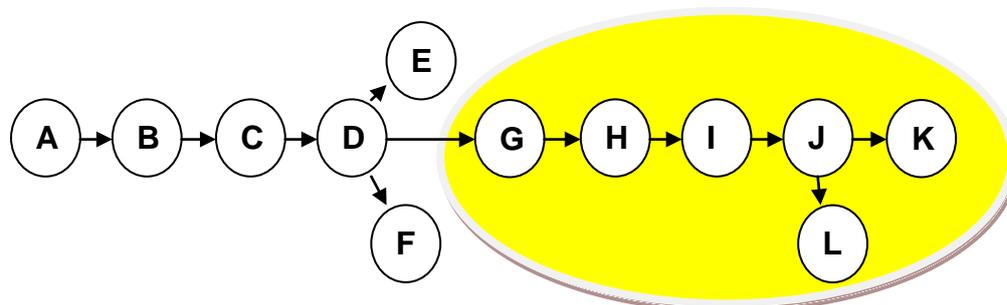
Actividad	Descripción	No. de Operadores
Descuerador (espaldilla)	Tomar la pieza de la banda transportadora y colocarla en la mesa de trabajo, con el filo del cuchillo rebanar el cuero de toda la longitud del codillo por uno de sus costados sin desprenderlo de la pieza, tomar el cuero con la otra mano y tirar de él apoyándose con el cuchillo deslizarlo entre el cuero y la grasa de la pieza para separar el cuero tratando de llevar la menor grasa posible, colocar el cuero y la espaldilla por separado de nuevo en la banda transportadora; para continuar con el proceso en la siguiente estación de trabajo de la línea el deshuesado de la espaldilla.	2
Deshuesar (espaldilla)	Tomar la pieza de la banda transportadora y colocarla en la mesa de trabajo, pasar el cuchillo por ambos lados del hueso radial para desprenderlo, posteriormente pasar el cuchillo por la articulación del fémur con el hueso radial hasta separarlos, con el cuchillo dentro de la articulación hacer palanca con el mismo hueso radial para levantarlo y tomarlos con la mano, desprender totalmente hueso radial y colocarlo en el canasto, pasar el cuchillo por el contorno del fémur hasta desprenderlo por completo de la espaldilla, el filo del cuchillo debe pasar pegado al hueso para no dañar la pieza (colocar fémur en el canasto), deslizar el cuchillo por un costado del húmero, inclinando el cuchillo para facilitar el desprendimiento del hueso de la pieza, deslizar el cuchillo por todo el contorno del húmero hasta desprenderlo por completo para proseguir a colocar el húmero y la espaldilla por separado en la banda transportadora, para seguir siendo procesada en la siguiente estación de trabajo, que es introducir la espaldilla en la máquina Townsend.	6
Alimentador de espaldilla	Tomar la espaldilla para depositarla en la entrada de la máquina Townsend 9000 que se encuentra en la línea de tocino, procurando que la pieza entre lo más plana posible para que la máquina realice su función con mayor eficiencia, se coloca la pieza en posición para que la capa de grasa hacia abajo (debe de introducirse una pieza a la vez), la máquina realiza el descuerado y expulsa la pieza por el otro extremo a través de una	1

	banda, la cual se toma y se coloca en la caja correspondiente para ser llevada a la línea de espaldilla para continuar a la siguiente estación de trabajo, la cuál es la estación del detallado de espaldilla.	
Detallador (costilla)	Tomar la costilla de la banda transportadora, detallar según especificaciones del cliente y tipo de corte, remover los excesos de grasa que se encuentran en la pieza y colocar esta grasa de regreso en la banda transportadora, cuadrar la pieza de costilla para darle la forma especificada en los requerimientos del producto, una vez terminado el detallado colocar la pieza en la banda transportadora para ser enviada al área de empaque.	2
Detallador (Exportación)	Tomar pieza de la banda transportadora y colocarla en la mesa de trabajo, revisar que la pieza esté libre de algún material extraño de ser así seguir con el procedimiento, quitar el exceso de grasa de la pieza hasta dejar el grosor indicado según las especificaciones, quitar todo el huesillo, moretones y cartílago que pueda contener la pieza (colocar la grasa en la banda transportadora), hacer un corte recto a la altura meda humeral, quitar toda la grasa y recortes del contorno de la pieza hasta redondearla, se voltea la pieza para verificar que no haya residuos de cuero y de ser así se le retira con el cuchillo, una vez terminado de trabajar con la pieza se coloca de nuevo a la banda transportadora, para ser enviada a el área de empaque.	5
Detallado (Materia prima)	Tomar pieza de la banda transportadora y colocarla en la mesa de trabajo, revisar que la pieza esté libre de algún material extraño de ser así seguir con el procedimiento, quitar el exceso de grasa de la pieza hasta dejar el grosor indicado según las especificaciones, quitar todo el huesillo, moretones y cartílago que pueda contener la pieza (colocar la grasa en la banda transportadora), hacer un corte recto a la altura meda humeral, quitar toda la grasa y recortes del contorno de la pieza hasta redondearla, se voltea la pieza para verificar que no haya residuos de cuero y de ser así se le retira con el cuchillo, una vez terminado de trabajar con la pieza se coloca de nuevo a la banda transportadora, para ser enviada a el área de empaque.	5

Se realizó un registro de la información el cual incluye los datos más importantes para el estudio de tiempos, entre los cuales se encuentran la maquinaria, las herramientas de trabajo utilizadas y las condiciones bajo las cuales los operadores realizan sus labores diarias (Ver apéndice B).

## 4.2 Analizar el proceso de la línea espaldilla

Durante la identificación del proceso se realizó un diagrama de operaciones (ver figura 14) el cual sirve para identificar y comprender de manera adecuada cada una de las operaciones que se realizan en la línea ya que en la misma línea se hacen dos tipos de corte ya sea nacional (materia prima) o exportación (Reg. Shoulder), para mayor detalle ver apéndice C, también se realizó la red de precedencia para determinar el orden en que se desarrollan las actividades del proceso, mostrándose a continuación en la figura 13.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Red de Precedencia

En donde los elementos considerados son:

**A=** Jalar canal

**B=** Pesado

**C=** Piñado

**D=** Serruchado

**E=** Separar espaldilla de cabeza lomo

**F=** Cortar papada

**G=** Descuerar espaldilla

**H=** Deshuesar espaldilla

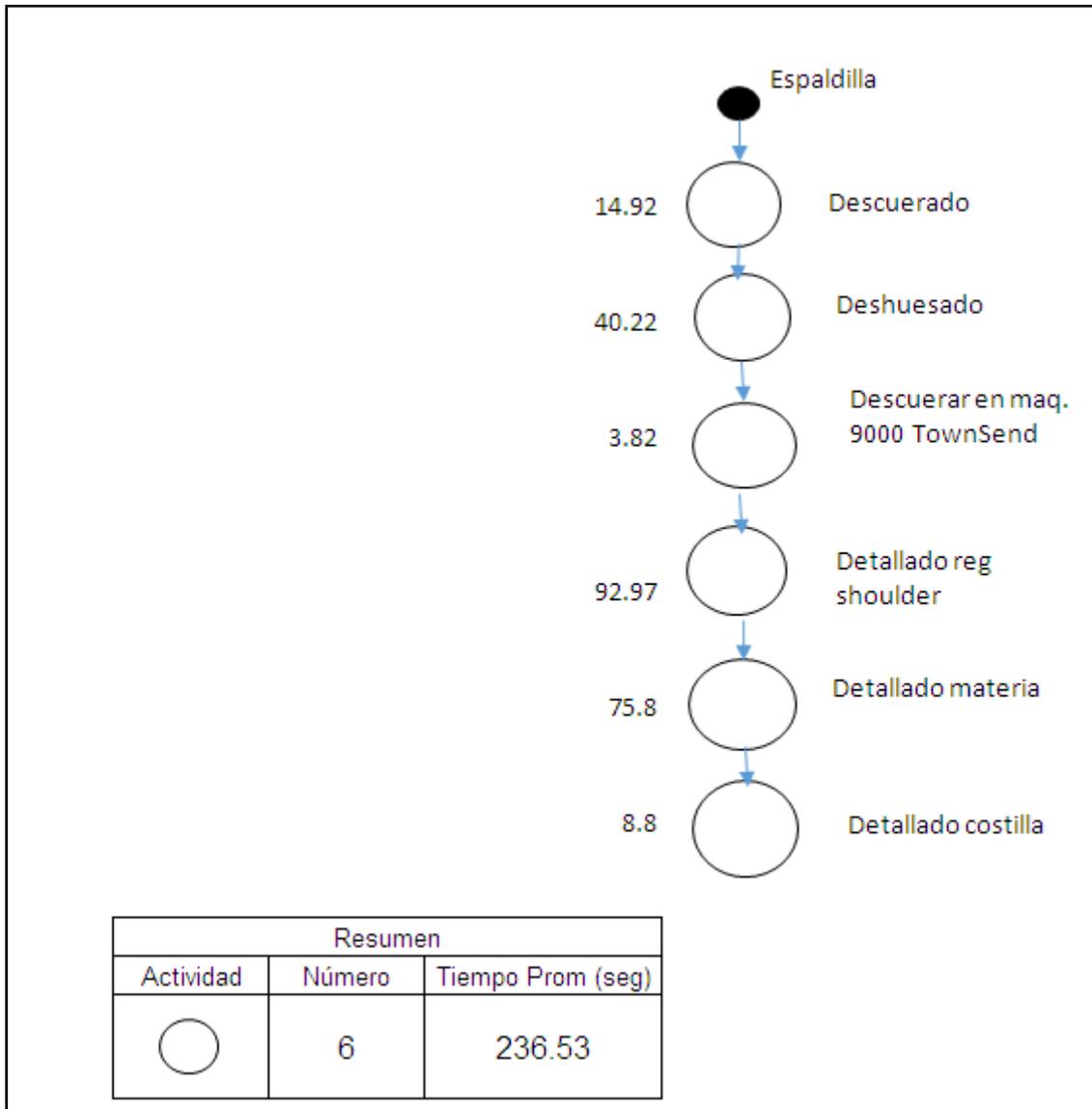
**I=** Descuerar espaldilla en maquina Townsend

**J=** Detallado espaldilla nacional

**K=** Detallar espaldilla exportación

**L=** Detallar Spare Rib

El círculo más grande en color amarillo engloba varios elementos, los cuales se tomaron para realizar el balanceo ya que se encuentran dentro de la línea.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Diagrama de operaciones

En la figura 14 se puede apreciar el flujo de las seis operaciones que se encuentran en la línea de espaldilla y los tiempos promedios en cada uno de ellos.

### 4.3 Cronometrar las operaciones del proceso

Se realizó la toma de 30 tiempos por cada actividad, para poder realizar las tomas de tiempos se tomó como referencia a un operador de la línea de producción, el cual debía trabajar a un ritmo normal, ni muy rápido, ni muy lento, esto con el fin de que el tiempo estándar fuera más acertado.

Una vez elegido el operador se inició con la toma de los tiempos, evitando presionar al trabajador o afectarlo en su labor, las tomas de tiempos obtenidas serán de gran ayuda para determinar el número de ciclos a observar así como para la determinación del tiempo estándar. Para observar las 30 tomas de tiempos ver el apéndice D.

Una vez obtenidas la toma de los tiempos de las actividades se calculó el tiempo promedio la cual se obtuvo sumando los 30 tiempos de cada operación y dividiendo entre las 30 tomas de tiempos (Ver tabla 4).

Tabla 4. Tiempo promedio

Descuerar	Deshuesar	Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	Detallado Reg. Shoulder	Detallado Materia prima	SS RIB (costilla)
14.92	40.22	3.83	93.8	75.8	8.604

Una vez obtenidas las tomas preliminares, se calculó el número de ciclos a observar, este dato es importante ya que determina cuantas tomas de tiempos deben realizarse para sacar el tiempo estándar, y que este sea más confiable.

En donde el valor de z el cual fue de 1.96 se obtuvo de la tabla z, ver anexo 3. Para el nivel de confianza comúnmente se utiliza el valor de 95%, este valor es el que se usó, al sustituir los datos en la fórmula tenemos que para la operación del separado se obtuvo lo siguiente en la tabla 5.

Tabla 5. Número de ciclos faltantes

Actividades	No. Ciclos a observar por elemento		
	Desviación std (Si)	Media (x)	No. Ciclos (ni)
Descuerar	2.14	14.92	32
Deshuesar	6.50	40.22	40
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	0.69	3.83	50
Detallado Reg. Shoulder	16.83	93.80	49
Detallado Materia prima	10.68	75.80	31
SS RIB (costilla)	1.60	8.60	53

En la tabla 5 se puede observar que en la actividad de descuerar ocupa dos observaciones más, deshuesar ocupa 10 observaciones y el detallado de materia prima ocupa 1 toma más, ya que las tomadas anteriormente no son suficientes, por lo tanto si requiere de más tomas de tiempos para realizar el balanceo.

#### 4.4 Determinar el tiempo estándar

Una vez obtenidos el número de ciclos a observar se procede a calcular el tiempo estándar, para esto es necesario primero calcular el tiempo elemental, calificar la actuación y aplicar las tolerancias.

Para calcular el tiempo elemental se suman todos los tiempos necesarios para realizar el balanceo y se divide entre el total de observaciones requeridas ya que son el total de tomas de tiempos que se realizó como se puede observar a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Tiempo elemental

Descuerar	Deshuesar	Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	Detallado Reg. Shoulder	Detallado Materia prima	SS RIB (costilla)
14.95	40.64	3.92	92.24	75.41	8.70

En la tabla 6 anterior se puede observar el tiempo elemental de cada actividad que se realiza en la línea de espaldilla.

Una vez obtenido el tiempo elemental se procede a normalizar este tiempo mediante la calificación de la actuación de los operarios; para lo cual se tomó en cuenta factores tales como la habilidad, el esfuerzo, las condiciones del área y la consistencia del operador. Para calificar la actuación del operador se usó la tabla de porcentaje de calificación de la actuación del sistema Westinghouse (Ver anexo 1), del cual se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Calificación de la actuación.

Actividad	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	<i>Factor Actuación</i>
Descuerar	0.03	0.05	0.02	0.01	1.11
Deshuesar	0.06	0.02	0.02	0.01	1.11
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08
Detallado Reg. Shoulder	0.08	0.05	0.02	0.01	1.16
Detallado Materia prima	0.08	0.02	0.02	0.01	1.13
SS RIB (costilla)	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08

En la tabla 7 se muestra la calificación que recibió cada operario por su desempeño durante el proceso de toma de tiempos en la realización de las actividades de la línea de espaldilla.

Obtenido el factor de actuación se procede a calcular el tiempo normal, como se puede observar en la tabla 8.

**Tabla 8.** Tiempo normal

Actividad	Media	Factor actuación	Tiempo normal
Descuerar	14.95	1.11	16.599
Deshuesar	40.64	1.11	45.115
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	3.92	1.08	4.235
Detallado Reg. Shoulder	92.24	1.16	106.998
Detallado Materia prima	75.41	1.13	85.210
SS RIB (costilla)	8.70	1.08	9.399

En la tabla 8 se puede observar el tiempo normal de cada actividad de la línea de espaldilla.

Enseguida se obtuvo el margen de tolerancias el cual se adquirió de la tabla de tolerancias de la OIT (Ver anexo 2), con lo que se obtuvo las tolerancias en la línea de espaldilla como se puede observar en el apéndice E.

Una vez obtenido todos los datos anteriores se procedió a calcular el tiempo estándar con la siguiente fórmula, y en la tabla 9 se observa el tiempo estándar que se obtuvo en la línea de espaldilla.

$$TE = TN * \left[ \frac{100}{100 - \sum Tol} \right]$$

*En donde:*

*TN= tiempo normal*

*∑tol= sumatoria de las tolerancias*

**Tabla 9.** Tiempo estándar

Actividad	Tiempo normal	Factor tolerancia	Tiempo estándar
Descuerar	16.599	1.19	19.752
Deshuesar	45.115	1.19	53.686
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	4.235	1.19	5.039
Detallado Reg. Shoulder	106.998	1.27	135.887
Detallado Materia prima	85.21	1.27	108.216
SS RIB (costilla)	9.399	1.23	11.5607

En la tabla 10 anterior se puede observar el tiempo estándar obtenido en la línea de espaldilla.

#### 4.5 Elaborar el balanceo de líneas

Para la elaboración del balanceo de línea fue necesario determinar el tiempo takt para determinar el tiempo ideal con el que debe realizarse cada actividad para cumplir con la producción.

El tiempo por turno o jornada que se tiene en la empresa Grole es de 9 horas, pero a este tiempo se le restan 30 min. el cual es utilizado por los operadores para comer.

$$\text{Tiempo disp.} = \frac{(8\text{hr}) (60 \text{ min})}{(1\text{Hr})} = 480 - 30 = (450 \text{ min}) \frac{(60 \text{ seg})}{(1\text{min})} = 27000 \text{ seg}$$

$$\text{Takt time} = \frac{27000\text{seg}}{1300 \text{ cerdos}} = 20.76 \text{ seg}$$

Este tiempo takt time anterior es necesario dividirlo entre dos ya que por cada cerdo procesado salen 2 piezas del producto como son 2 espaldilla.

$$\text{Takt time} = \frac{20.76 \text{ seg}}{2} = 10.38 \text{ seg}$$

En seguida se calculó el índice de producción, y el número de operadores necesarios por cada actividad como también se puede observar la eficiencia de cada actividad como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10. Número de operadores

Actividad	<i>T. Estándar (seg.)</i>	IP	N. Operadores Teóricos	N. Operadores Reales	N. Operadores x Línea
Descuerar	19.752	5.77	2.001	2	2
Deshuesar	53.68	5.77	5.44	5	5
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	5.03	5.77	0.510	1	1
Detallado Reg. Shoulder	135.88	5.77	13.772	14	14
Detallado Materia prima	108.21	5.77	10.967	11	
SS RIB (costilla)	11.56	5.77	1.171	1	1

En la tabla anterior se puede observar el índice de producción el cual se obtiene dividiendo las unidades a fabricar 2600 piezas por producto entre el tiempo laboral del operario que es de 450 min. Obteniendo estos datos se calculó el número de operadores por línea el cual significa que en la línea de trabajo se tendrá el número de operadores necesarios para realizar los diferentes tipos de corte.

El número de operadores se calcula multiplicando el tiempo estándar por el índice de producción y dividiéndolo entre la eficiencia la cual se tomó de 95%; el argumento para tomar dicha eficiencia es que los operadores que se encuentran en la línea de producción tienen demasiada antigüedad y experiencia en su trabajo diario, basándose en estos aspectos la empresa pretende alcanzar la eficiencia antes mencionada.

Enseguida se calculó la capacidad de la línea de espaldilla como se puede ver en la tabla 11.

Tabla 11. Capacidad de la línea

Tiempo estándar operación más lenta	Turno laboral (Seg)	Núm. De trabajadores	Capacidad
135.89	27000	14	2781.66

En la tabla 11 anterior se calculó la capacidad multiplicando el total de segundo que se trabajan por día en este caso 27000 por el número de operadores de línea de cada actividad entre el tiempo estándar por operación.

La eficiencia de la línea que se obtuvo antes de realizar el balanceo es de un 51.85%, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 12. Eficiencia antes del balanceo

Operación	Minutos estándar por operación	Minutos estándar permitidos por operación	Eficiencia
Descuerar	9.88036272	22.57	51.85%
Deshuesar	8.95146726	22.57	
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	5.04257143	22.57	
Detallado Reg. Shoulder	22.5735021	22.57	
Detallado Materia prima	17.9767973	22.57	
SS RIB (costilla)	5.80213836	22.57	
Suma	70.2268392	135.42	

Una vez realizado el balanceo se obtuvo una eficiencia del 81.58% en la línea de espaldilla, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 13. Eficiencia después del balanceo

Operación	Minutos estándar por operación	Minutos estándar permitidos por operación	Eficiencia
Descuerar	9.88036272	11.6	81.58%
Deshuesar	10.7417607	11.6	
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	5.04257143	11.6	
Detallado Reg. Shoulder	9.7064	11.6	
Detallado Materia prima	9.80552582	11.6	
SS RIB (costilla)	11.6042767	11.6	
Suma	56.7808973	69.6	

#### 4.6 Configurar la línea balanceada

En esta parte se toma en cuenta la propuesta que se realizó a la línea de espaldilla tomando en cuenta que una de las razones principales por el cual aplicar el balanceo de línea era el de adquirir una plantilla de trabajadores adecuada para cada tipo de corte, por lo que a continuación se presentan las propuestas realizadas.

Tabla 14. Plantilla antes del balanceo

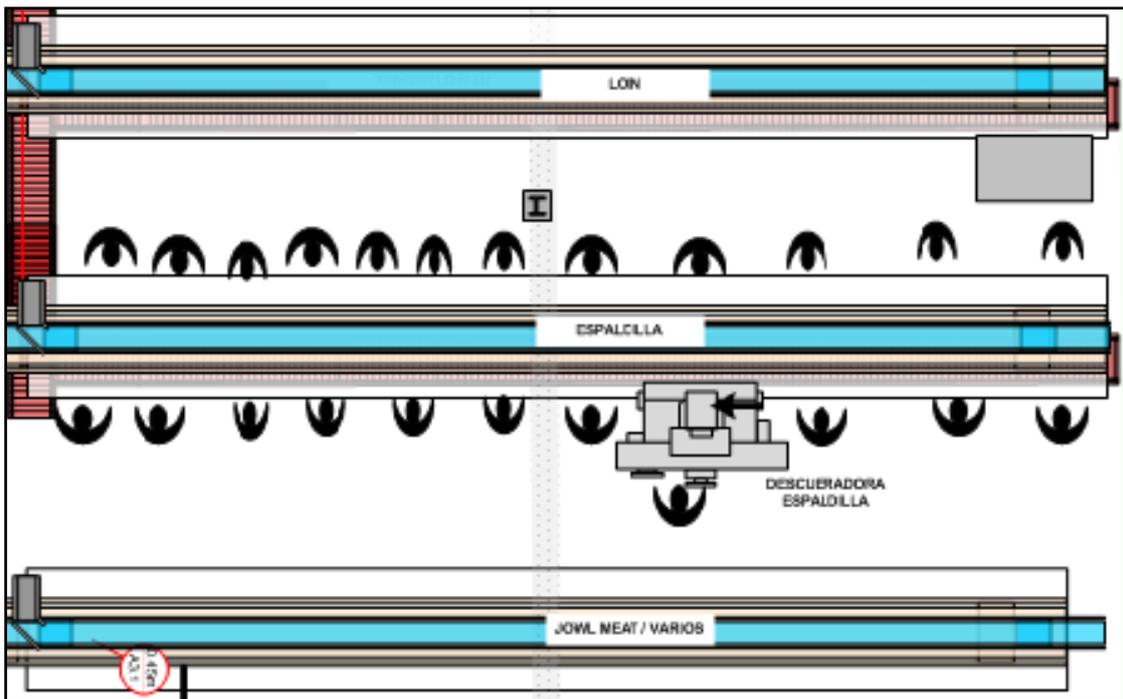
Descripción de actividad	TIPO DE CORTE	
	Exportación	Nacional
Descueradores	2	2
Deshuesadores	6	6
Alimentador de espaldilla	1	1
Detalladora costilla	2	0
Detalladora reg shoulder	6	0
Detallado materia prima	0	5
<b>No. Operaciones</b>	5	4
<b>No. Operadores</b>	17	13

Tabla 15. Plantilla después del balanceo

<b>Descripción de actividad</b>	<b>TIPO DE CORTE</b>	
	Exportación	Nacional
Descuerar	2	2
Deshuesar	5	5
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	1	1
Detallado Reg. Shoulder	14	0
Detallado Materia prima	0	11
SS RIB (costilla)	1	0
<b>No. Operaciones</b>	5	4
<b>No. Operadores</b>	23	19

La línea de espaldilla al principio del análisis contaba con 17 y 13 operarios para la realización y producción de todos los productos, ya sea exportación o nacional, por lo que comparado con el balanceo realizado que arrojó un total de 23 y 19 operarios, porque en la estación del detallado del regular shoulder, había demasiado acumulamiento, y los 6 operarios que arrojó de mas en la realización del corte de exportación es para balancear la línea y se podrán realizar los diferentes tipos de cortes con esos operarios.

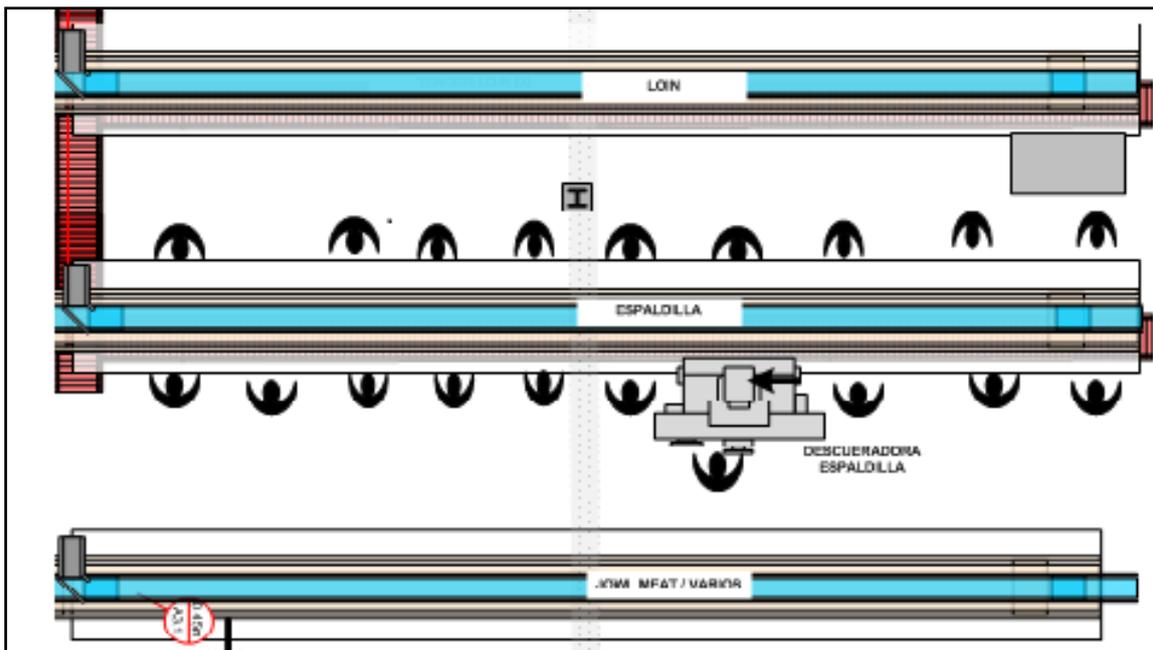
A continuación se presenta el acomodo de operadores en la línea de espaldilla de exportación (ver figura 15) y de nacional (ver figura 16):



Fuente: Imagen proporcionada por la empresa, 2014.

Figura 15. Línea exportación

En la figura anterior se puede apreciar el acomodo de los operadores en la línea de exportación que se encuentra en medio de las líneas de loin y de papada, en la cual la línea muestra un total de 23 trabajadores, más que en la nacional ya que se requiere más tiempo en el detallado de las piezas.



Fuente: Imagen proporcionada por la empresa, 2014.

Figura 16. Línea nacional

En la figura anterior se puede observar como es el acomodo de los operadores en la línea nacional que se encuentra en medio de las líneas de loin y de papada, en la cual la línea muestra un total de 19 trabajadores ya que se requiere un menor tiempo en el detallado de las piezas.

Con la propuesta hecha se demuestra que la línea de espaldilla se encuentra mejor balanceada ya que se obtuvo una eficiencia mayor a la que se encontraba anteriormente y su capacidad aumento de 1196.10 a 2781.66 piezas por día.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Es a través de la generación de la propuesta trabajada en el presente proyecto que se tiene la oportunidad de derivar varias conclusiones, las cuales se detallan en los párrafos que se presentan a continuación.

Entre una de las principales afirmaciones que se tiene, es la de haber logrado el cumplimiento del objetivo, el cual trata de redistribuir las cargas de trabajo en cada una de las estaciones de trabajo dentro del área de corte y deshuese, así como también determinar el número necesario de operarios para cumplir con la demanda actual de la empresa, de tal forma que se logre la nivelación de las líneas ya que anteriormente se trabajaba con un 51.85% de eficiencia, ahora se trabaja con un 81.5% de eficiencia del área en la que se realizó el análisis.

Por lo anterior se establece con base en el hecho de que se logró impactar en indicadores como: nivelación y fluidez de las tareas en cada una de las estaciones de trabajo, número exactos de operarios en el área, eliminación de cuellos de botella y tiempos muertos, mismos que permiten la eliminación de horas extras por parte del personal del área ya que antes existía poco personal trabajando en la línea.

Se hace importante señalar que para que la distribución de cargas genere un resultado favorable, los operarios deben estar debidamente capacitados y habilitados en las operaciones a realizar ya que cada tipo de corte es diferente en cuanto a sus dimensiones y tamaño, así como también es relevante indicar que el contar con una plantilla adecuada de operadores deben ser los adecuados en cuanto al número de trabajadores que se encuentren en la línea para satisfacer la demanda presentada.

En relación a la metodología aplicada se considera aceptable para dar solución a la sintomatología de la empresa, ya que mediante su aplicación, se abarcó toda la problemática con la que contaba en ese momento el área analizada.

El utilizar un tipo de metodología que ya haya sido probada anteriormente, el mantener una constante comunicación por parte de los tesisistas con el encargado del proyecto en la empresa, y además el de validar con el cliente los resultados nos permite asegurar que estos son confiables.

Por otra parte cabe señalar que el hecho de participar en proyectos de ésta naturaleza, bajo la modalidad de practicantes, permite percatarse de que aplicar las teorías aprendidas en clase y consultadas en libros, requieren de ciertas actitudes y habilidades que solo en el campo laboral puede ser puestas en práctica, mismas que sirven de experiencia una vez terminado el proyecto.

Cabe mencionar que para que la empresa pueda obtener cada vez mejores resultados, se recomienda que se cumpla con el número de operarios necesarios para cada estación, de esa forma habrá una fluidez en el proceso con lo cual se eliminarán muchos problemas que afectan el no tener las estaciones bien balanceadas.

Referenciando las conclusiones anteriores, están una serie de recomendaciones que se consideran pertinente hacerle a los tomadores de decisiones de la empresa que tuvo a bien, facilitar sus instalaciones y depositar la confianza para el desarrollo de las prácticas profesionales de los suscritos, cabe aclarar que las sugerencias listadas a continuación son de competencia más allá de las delimitaciones de éste proyecto.

- Capacitar al personal de nuevo ingreso acerca de las diferentes actividades que se desarrollan en el área para que este pueda ser multifuncional.
- Realizar la redistribución del área de manera que las líneas queden en una secuencia consecutiva, durante el proceso.
- Considerar el arreglo físico del área de corte y deshuese de tal forma que se pueda tener un mejor control en cuanto a los operarios y el proceso en sí.
- Realizar el estudio de impacto económico que se puede generar con esta propuesta.

# ANEXOS

# **ANEXO 1**

## Anexo 1. Tabla de calificación de la actuación

### Porcentaje de la calificación de la actuación Sistema Westinghouse

DESTREZA O HABILIDAD		
0.15	A1	EXTREMA
0.13	A2	EXTREMA
0.11	B1	EXCELENTE
0.08	B2	EXCELENTE
0.06	C1	BUENA
0.03	C2	BUENA
0	D	REGULAR
-0.05	E1	ACEPTABLE
-0.1	E2	ACEPTABLE
-0.16	F1	DEFICIENTE
-0.22	F2	DEFICIENTE

ESFUERZO O EMPEÑO		
0.13	A1	EXCESIVO
0.12	A2	EXCESIVO
0.1	B1	EXCELENTE
0.08	B2	EXCELENTE
0.05	C1	BUENO
0.02	C2	BUENO
0	D	REGULAR
-0.04	E1	ACEPTABLE
-0.08	E2	ACEPTABLE
-0.12	F1	DEFICIENTE
-0.17	F2	DEFICIENTE

CONDICIONES		
0.06	A	IDEALES
0.04	B	EXCELENTE
0.02	C	BUENAS
0	D	REGULARES
-0.03	E	ACEPTABLES
-0.07	F	DEFICIENTES

CONSISTENCIA		
0.04	A	PERFECTA
0.03	B	EXCELENTE
0.01	C	BUENA
0	D	REGULAR
-0.02	E	ACEPTABLE
-0.04	F	DEFICIENTE

**Factor de actuación** = 1 + Suma de las calificaciones

## **ANEXO 2**

## Anexo 2. Tabla de tolerancias

<b>Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos</b>					
<b>1. SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>		<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>		
A. Suplemento por necesidades personales		5	7	F. Concentración intensa	
B. Suplemento base por fatiga		4	4	Trabajos de cierta precisión	0
				Trabajos precisos o fatigosos	2
				Trabajos de gran precisión o muy fatigoso	5
<b>2. SUPLEMENTOS VARIABLES</b>		<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>		
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4	G. Ruido	
B. Suplemento por postura anormal				Continuo	0
Ligeramente incomodo		0	1	Intermitente y fuerte	2
Incómoda (Inclinado)		2	3	Intermitente y muy fuerte	5
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7	Estridente o tono alto y fuerte	5
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar) peso levantado (Kg)				H. Tensión mental	
	2.5	0	1	Proceso bastante complejo	1
	5	1	2	Proceso complejo o atención dividida entre muchos obj	4
	7.5	2	3	Muy complejo	8
	10	3	4	I. Monotonía	
	12.5	4	6	Trabajo algo monótono	0
	15	5	8	Trabajo bastante monótono	1
	17.5	7	10	Trabajo muy monótono	4
	20	9	13	J. Tedio	
	22.5	11	16	Trabajo algo aburrido	0
	25	13	20	Trabajo bastante aburrido	2
	30	17	25	Trabajo muy aburrido	5
	33.5	22			
D. Mala iluminación				Tabla editada por la Oficina Internacional de Trabajo (OIT)	
Ligeramente por debajo de la potencia calculada 0.0		0	0		
Bastante por debajo		2	2		
Absolutamente insuficiente		5	5		
E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)		<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>		
Índice de enfriamiento en el termómetro Humedo de suplemento					
Kata (milicalorías/cm <sup>2</sup> /segundo)					
	16	0	0		
	14	0	0		
	12	0	0		
	10	3	3		
	8	10	10		
	6	21	21		
	5	31	31		
	4	45	45		
	3	64	64		
	2	100	100		

# **ANEXO 3**

## Anexo 3. Tabla para determinar z

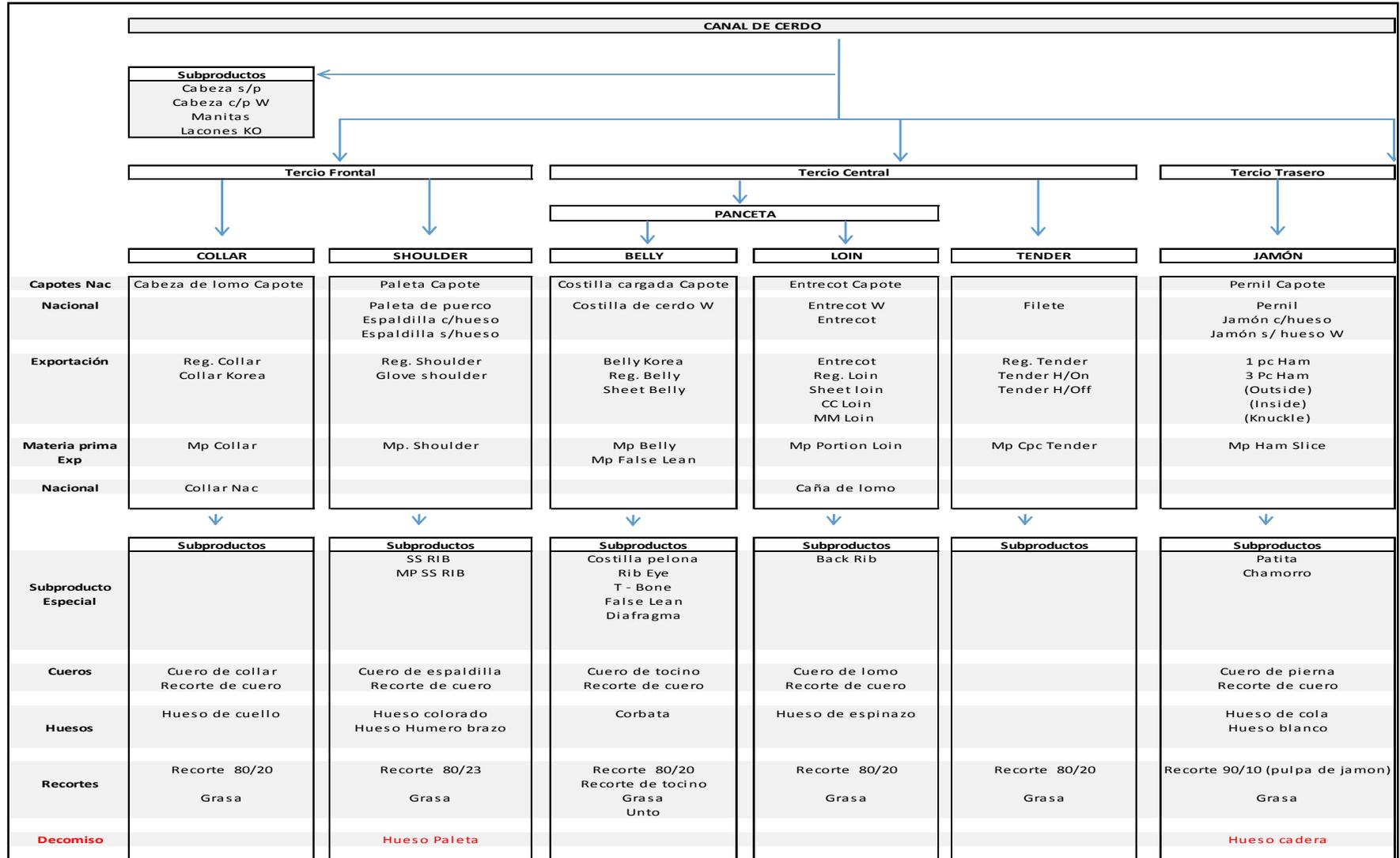
Tabla relativa para la determinación del valor de Z.										
z	0.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986

# APÉNDICES

# **APÉNDICE A**

Diagrama de árbol

## Diagrama de árbol



# **Apéndice B**

Información significativa

## Información Significativa

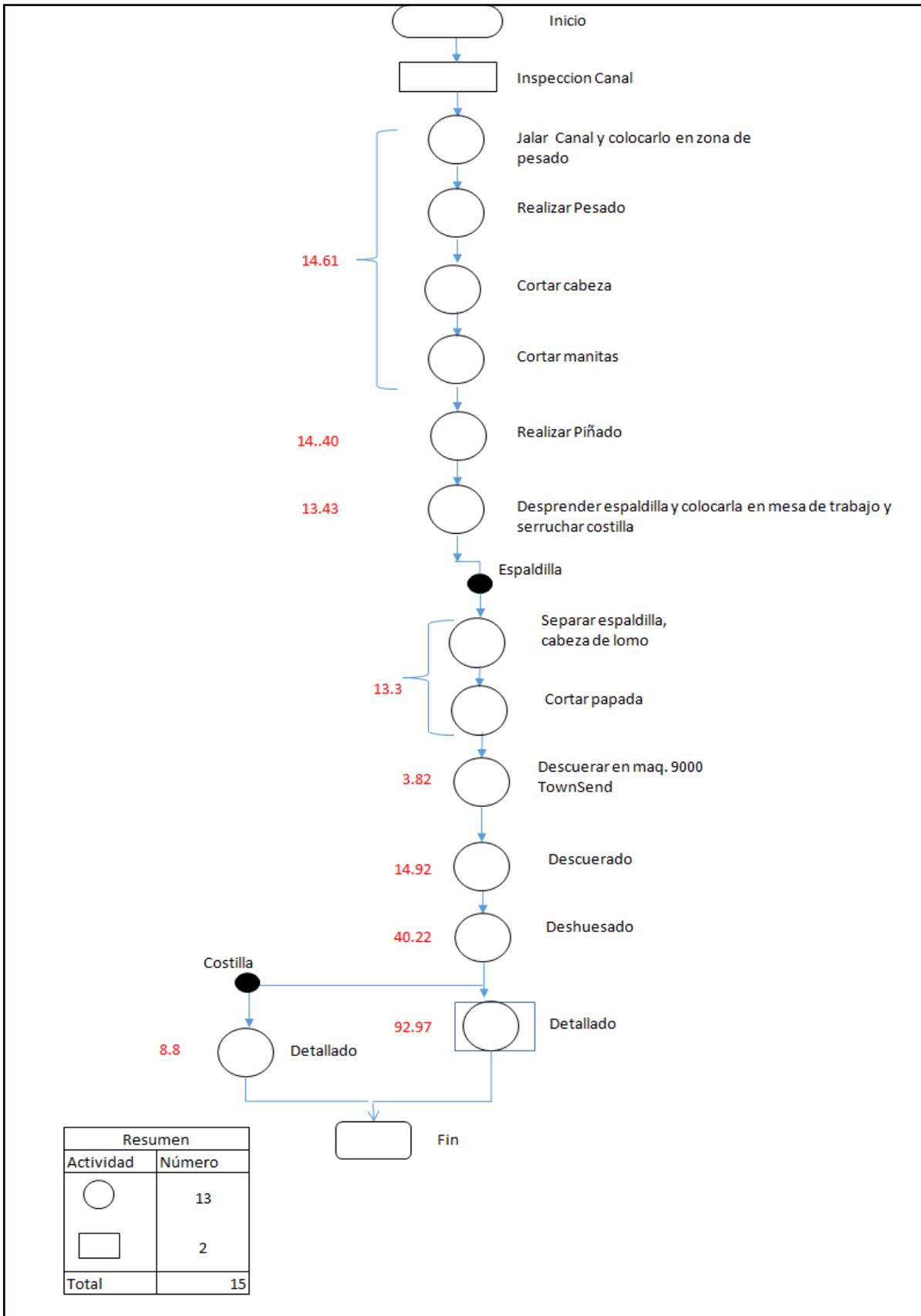
<b>MAQUINARIA</b>	
Cantidad	Nombre de Máquina
1	Descuheradora Townsend 9000
1	Banda de Rodillo
3	Banda Transportadora ( 1 aéreas)
1	Básculas Digitales (oHaus)
1	Mesas de Bascula (acero inoxidable)
1	Riel de canales
1	Gusano
2	Pistones
1, 410	Ganchos para canal
1	Contenedor de Gancho
1	Contenedor de Cabeza

<b>HERRAMIENTA DE TRABAJO</b>	
Cantidad	Nombre de la Herramienta
1 p/ operador	Chaira
2 p/ operador	Cuchillos
1 p/ operador	Porta cuchillo
1 p/ operador	Vaso protector de antebrazo
1 p/ operador	Pechera
1 par p/ operador	Guante térmico
1 par p/ operador	Guantes de latex
1 par p/ operador	Guante metálico
1 par p/ operador	Mangas protectoras
1 p/ operador (jalador)	Manopla con calistral
1 p/ operador (bajador)	Segueta
1 p/5 operadores	Piedra para afilar
1 p/ operador	Par de botas
1 p/ operador	Par de calcetas térmicas
1 p/ operador	Mandil
1 p/ operador	Pantalón
1 p/ operador	Sueter
1 p/ operador	Camisa tipo bata
1 p/ operador	Cubre boca
1 p/ operador	Cofia
1 p/ operador (depende rango)	Casco

<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>
Suplemento Personal
Suplemento por Fatiga
Temperatura por debajo de 7° C
Iluminación óptima
Operadores trabajan de pie
Uso de la fuerza o energía muscular
Nivel de ruido continuo
Monotonía de nivel medio
No existe estrés mental
Operación algo tediosa
No existen posiciones anormales

# **APÉNDICE C**

Diagrama de operaciones



# **Apéndice D**

Tiempo de las operaciones de la espaldilla

### Tiempo de las operaciones de la espaldilla

Descuerar	Deshuesar	Alimentar máquina descuerado (espaldilla)	Detallar Reg. Shoulder	Detallar Materia prima	SS RIB (costilla)
12.09	39.09	3.06	136.75	57.12	9.44
19.35	39.82	4.63	115.96	60.37	7.25
12.46	39.19	3.81	96.6	56.28	6.29
13.84	39.57	3.34	81.36	78.63	7.43
17.71	46.53	3.03	95.33	88.97	7.25
13.98	28.57	4	98.32	81.97	8.79
15.69	41.25	3.88	75.34	80.47	9.00
13.6	30.16	3.35	89.32	85.42	10.73
10.77	29.81	4.37	92.75	83.88	10.35
13.16	44.5	4.53	90.33	76.72	6.91
13.59	23.93	4.22	77.16	67.44	7.56
12.75	34.25	3.47	81.91	55.49	11.26
12.72	47.87	3.21	88.78	85.31	6.69
13.48	41.22	3.59	81.13	62.26	8.03
12.82	39.84	3.41	77.09	72.6	11.90
12.97	45.5	3.47	81.78	86.04	6.16
18.57	43.22	3.41	94.26	81.78	7.16
14.5	40.09	5.13	86.59	87.63	7.07
14.26	46.85	3.65	130.5	80.04	8.41
15.94	36.35	5.06	143.13	73.45	9.02
17.23	47.47	3.03	88.06	81.63	8.50
15.53	37.03	3.09	96.69	82.66	7.25
14.73	39.94	3.18	88.84	80.4	9.10

15.49	47.93	3.5	86.74	85.76	6.88
14.95	47.53	5.03	88.54	75.45	10.69
16.6	45.34	4.85	81.35	71.56	8.62
17.67	30.29	3.19	92.97	54.44	10.53
17.5	43.84	4.09	100.8	75.45	9.43
17.23	42.75	5.03	83.21	89.72	10.59
16.34	46.78	3.42	92.35	74.97	9.84

# **Apéndice E**

Factor de tolerancias

### Factor de tolerancias

Actividad	A. Tolerancia constante	1) Tolerancia por estar de pie	2) Tolerancia por posición no normal	3) Empleo de fuerza o vigor muscular	4) Alumbrado deficiente	5) Condiciones atmosféricas	6) Atención estricta	7) Nivel de ruido	8) Esfuerzo mental	9) Monotonía	10) Tedio	TOTAL	<i>Factor Tolerancia</i>
Descuerar	9	2	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0.16	1.19
Deshuesar	9	2	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0.16	1.19
Alimentar máquina descueradora (espaldilla)	9	2	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0.16	1.19
Detallado Reg. Shoulder	11	4	1	2	0	0	0	0	1	1	1	0.21	1.27
Detallado Materia prima	11	4	1	2	0	0	0	0	1	1	1	0.21	1.27
<i>SS RIB (costilla)</i>	11	4	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0.19	1.23

## BIBLIOGRAFÍA

- A, N. B. (2004). Métodos estándares y diseños del trabajo. México D.F.: Alfaomega.
- Agronet. (23 de Octubre de 2012). Boletín mensual insumos y factores de producción. Obtenido de La carne de cerdo en el mundo: [www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/boletines/InsumosDane/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_agosto\\_2012.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/boletines/InsumosDane/insumos_factores_de_produccion_agosto_2012.pdf)
- Anonimo. (2014). Sigma I Ingeniería. Obtenido de Takt-time: [sigmaingenieria.com/Takttime.htm](http://sigmaingenieria.com/Takttime.htm)
- Archiexpo. (2011). Obtenido de <http://www.archiexpo.es/prod/malmsten/cronometros-digitales-competiciones-deportivas-10012-348051.html>
- Aponte, F. (junio de 2010). El estudio de tiempo y movimientos. Obtenido de Importancia del Estudio de tiempos: <http://estudiotiemposymovimientos.blogspot.mx/ase>. (s.f.).
- Carbonell, F. E. (27 de mayo de 2013). Técnica SMED. Obtenido de Reducción del tiempo preparación: <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>
- Casas, N. (2010). Teoría de las Restricciones. Obtenido de Los cuellos de Botella: <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev49/administracion.pdf>
- Chase, R. B. (2009). Administración de Operaciones. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Criollo, R. G. (2005). Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo. México D.F.: McGraw-Hill.
- García, C. (2005). Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. México: McGrawHill.
- George, K. (2004). Introducción al Estudio del Trabajo. México: Limusa-Noriega.
- Osorio, M. (19 de 02 de 2014). Manual de Operaciones "GROLE". (M. S. Campoy, Entrevistador)
- Garrido, M. A. (31 de Noviembre de 2010). Panorama Agroalimentario. Obtenido de Caarnde de porcino, 2010: [http://www.cmp.org/noticias/Panorama\\_Agroalimentario\\_Carne\\_Porcino\\_2010.pdf](http://www.cmp.org/noticias/Panorama_Agroalimentario_Carne_Porcino_2010.pdf)
- Gómez. (2003). Capítulo 3. Obtenido de Takt time: [catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/gomez\\_g\\_jm/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/gomez_g_jm/capitulo3.pdf)

- INEGI. (2007). La porcicultura en sonora. Obtenido de Censo agropecuario, 2007: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuaria/2007/ganderia/porci\\_son/PorciculSon.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuaria/2007/ganderia/porci_son/PorciculSon.pdf)
- Lee Krajewski. (2008). Administracion de operaciones. Mexico: Pearson Education.
- Lopez, B. S. (2007). Ingenieros Industriales. Obtenido de Balanceo de Líneas: <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/>
- Lopez, B. S. (2009). Ingenieros Industriales. Obtenido de Balanceo de Líneas: <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/>
- Magalhaes, J. M. (15 de Noviembre de 2010). Sistemas de Producción y Manufactura Esbelta. Obtenido de Los 7 Desperdicios en la Manufactura Esbelta: <http://manufacturaesbelta.blog.com/2010/11/15/los-7-desperdicios-en-la-manufactura-esbelta-2/>
- Niebel, B. W. (2004). Ingenieria Industrial. Metodos, estandares y Diseño del Trabajo. Mexico: Alfaomega.
- Nievel, B. W. (2009). Ingenieria industrial: Metodos, estandares y diseño del trabajo. Duodécima edición. McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V., Mexico D.F.
- Pérez, J. R. (31 de Junio de 2012). Panorama Agroalimentario. Obtenido de Carne de porcino, 2012: <http://www.ugrpg.org.mx/PORCINOTICIAS/Panorama.pdf>
- Reyes, P. (Septiembre de 2007). Teoría de Restricciones. Obtenido de [manufacturaesbelta.blog.com/2010/11/15/los-7-desperdicios-en-la-manufactura-esbelta-2/](http://manufacturaesbelta.blog.com/2010/11/15/los-7-desperdicios-en-la-manufactura-esbelta-2/)
- SENASICA, U. (19 de Noviembre de 2013). SAGARPA. Obtenido de Incrementa 7% las exportación de carne de cerdo mexicana: <http://www.senasica.gob.mx/?IdNot=1546>
- Socconini, L. (2008). Lean manufacturing paso a paso. México, D.F.: McGrawHill.
- social, S. d. (29 de Marzo de 2006). Políticas de Mermas. Obtenido de Liconsa: [http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/01/pol-\\_mermas-vst-dp-pl-012.pdf](http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/01/pol-_mermas-vst-dp-pl-012.pdf)
- sport360. (2011). Obtenido de <http://www.sport360.es/atletismo/cronometro-mecanico-k810-110-hanhart-artsport>
- Valenzuela, E. O. (2012). Ingenieria Industrial. Obtenido de <http://www.angelfire.com/nf/emilio/tiempos.html>