

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE INCENTIVOS PARA EL PERSONAL OPERATIVO DEL DEPARTAMENTO DE EXTRUSIÓN EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA DE EMPAQUE FLEXIBLE COMO OPORTUNIDAD DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD"

Trabajo de graduación presentado por  
Edwar Alexander Rosales Mejía  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala,  
2014



**"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE INCENTIVOS PARA EL  
PERSONAL OPERATIVO DEL DEPARTAMENTO DE EXTRUSIÓN EN UNA  
EMPRESA GUATEMALTECA DE EMPAQUE FLEXIBLE COMO OPORTUNIDAD  
DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD"**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE INCENTIVOS PARA EL  
PERSONAL OPERATIVO DEL DEPARTAMENTO DE EXTRUSIÓN EN UNA  
EMPRESA GUATEMALTECA DE EMPAQUE FLEXIBLE COMO OPORTUNIDAD  
DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD”

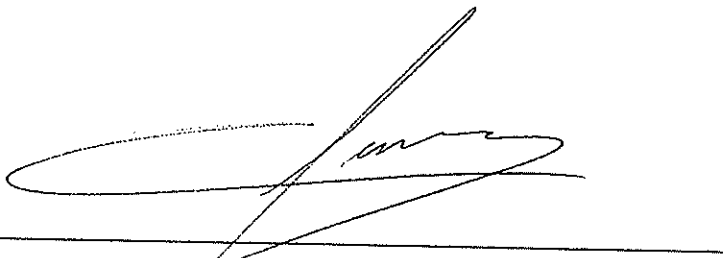
Trabajo de graduación presentado por  
Edwar Alexander Rosales Mejía  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala,  
2014



Vo. Bo. :

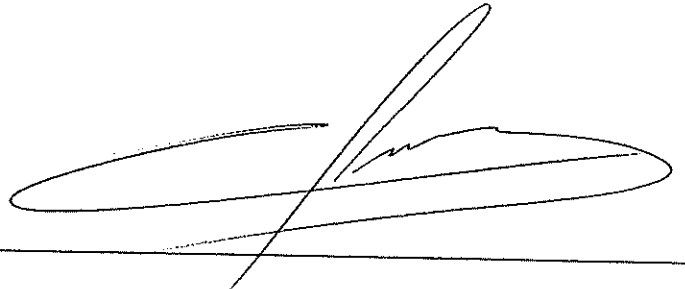
(f)

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a solid horizontal line.

(Lic. Cristian Álvarez)

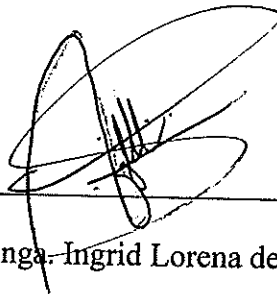
Tribunal Examinador:

(f)

A handwritten signature in black ink, similar to the one above, positioned above a solid horizontal line.

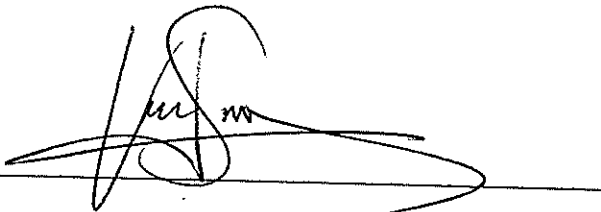
(Lic. Cristian Álvarez)

(f)

A handwritten signature in black ink, featuring a large loop and several vertical strokes, positioned above a solid horizontal line.

(Inga. Ingrid Lorena de León)

(f)

A handwritten signature in black ink, with a large loop and a long horizontal stroke, positioned above a solid horizontal line.

(Inga. Vivian Sigüenza)

Fecha de aprobación: Guatemala, 22 de enero de 2014

## PREFACIO

Y este momento de mi vida se llama felicidad, este precisamente cuando justo entregaré el trabajo profesional que evaluará qué tan bien preparado estoy para salir al mundo exterior titulado como un ingeniero de la mejor universidad del istmo centroamericano. Escribo sin utilizar la razón y solamente el corazón. Escribo entre lágrimas. Indudablemente, todo esfuerzo tiene sus frutos. Tantos años de esfuerzo, de largos desvelos, de madrugadas, de dificultades para poder solventar el pago mensual de la universidad que inclusive tiene un porcentaje de ayuda financiera. Verlo durante tanto tiempo tan lejos y que justamente hoy esté tan cerca.

Indudablemente bajo el nombre de quien va este trabajo de graduación y quién la defenderá seré yo, Alex Rosales, pero detrás y al lado hay tantísima gente que ha sido fundamental para llegar a este momento tan decisivo influyendo positivamente en todos los ámbitos de mi vida.

Los agradecimientos empiezan con el grupo recién conformado de madridistas que formamos la peña para animar a nuestro equipo de nuestros amores todos los fines de semana, a ellos gracias por los ánimos y vítores cuando no pude acudir a ver al equipo de mi vida por solventar responsabilidades en la universidad. Luego a cada uno de esos compañeros que colaboraron activamente en las actividades de grupo para ir salvando uno a uno los cursos de la carrera; especial énfasis a esos que se convirtieron de compañeros a amigos y hoy no une una gran amistad. No puedo no agradecer al grupo de mis amigos publicistas con sus ánimos frecuentes hacia para mí para buscar cumplir este objetivo, sus palabras de aliento, sus ánimos, etc. (Maco Hernández, Oscar Cisneros, Marcela Piedrasanta, Poncho Ordoñez y Bubu Flores)

A mis compañeros de *Magic The Gathering* les agradezco un cielo tanto ánimo, tanta ayuda, tanta comprensión, tanto amiguismo para con ellos. Ellos saben perfectamente quienes dentro de la comunidad tienen un lugar especial en mi corazón, para quienes estoy a las deshoras de las madrugadas que me necesiten y con quienes tengo una relación mucho más profunda que un simple juego de mesa (Rizo, Mario de la Roca, Wilfredo Bojorquéz, Adolfo, Eduardo Moreno y Giovanni Quiñonez, entre otros). Especial mención para mi alianza, que son como mi segunda familia: Fernando Juárez que tanto me presionó para que me dedicara a avanzar en el trabajo de graduación y Maco Morales, que siempre da ánimos.

De ahora en adelante vienen las seis personas más importantes en mi vida y para quienes tengo un agradecimiento profundísimo por tanto apoyo y amor: mi mamá Eve, por sus sabios consejos que al día de hoy creo han guiado mis pasos por el buen andar; mi hermana, Alejandra, por tantísimo apoyo y expresar constantemente ese orgullo que siente por mí; mis hermanitos Jorge Luis y Axelito porque en esencia somos hermanos y siempre han estado ahí para mí, en los momentos de mayor bajón o tristeza sus ocurrencias dan sabor a mi vida. A mi madre bella hermosa, quien me formó y de quien siento tanto orgullo y a quien admiro y amo tanto; admiro y amo tanto.

Finalmente el agradecimiento mayor se lo debo dar a Repollito, quien es el verdadero amor de mi vida y el pedacito de colochitos que da sentido a la existencia en este mundo terrenal. Es en definitiva a la persona que más amo y en definitiva a quién más yo admiro y, consciente o inconscientemente, intento imitar.

Probablemente quienes lean el trabajo de graduación no conozcan a estas personas ni a mí, y disculpen por eso, pero yo tenía y quería dedicarles un espacio en el evento más importante a la actualidad en mi vida porque son estas personas que hacen de mi vida lo blanca y bella que es.

# ÍNDICE

## Contenido

Prefacio.....	v
Lista de tablas.....	ix
Lista de gráficas.....	xi
Lista de figuras.....	xii
Lista de imágenes.....	xiii
Resumen.....	xiv
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	2
III. Justificación.....	3
IV. Marco teórico.....	4
A. Empaque flexible.....	4
1. Definición.....	4
2. Industria en la actualidad.....	5
3. Materiales e insumos.....	6
4. Maquinaria.....	12
5. Proceso productivo.....	16
B. Extrusión de película soplada.....	20
1. Definición.....	20
2. Partes de la extrusora.....	20
3. Proceso de extrusión.....	21
4. Coextrusión.....	24
V. Metodología.....	26
VI. Recopilación de datos productivos del departamento de extrusión.....	27
A. Método de recopilación.....	27
B. Datos recopilados.....	27
C. Máquinas foco de análisis.....	28
VII. Definición de indicadores de desempeño productivo.....	30
A. Producción.....	30
B. Porcentaje de desperdicio.....	30

C.	Porcentaje de tipo de tiempo.....	31
VIII.	Situación actual desempeño productivo .....	32
IX.	Identificación oportunidad de mejora de desempeño productivo .....	33
A.	Fenómenos evitables e inevitables.....	33
B.	Set Up: fenómeno especial.....	38
C.	Identificación desempeños operativos mejorables .....	43
X.	Costeo fenómenos que afectan el desempeño productivo .....	44
A.	Costo de materia prima .....	44
B.	Costo de mano de obra.....	46
C.	Costo energía eléctrica .....	50
XI.	Costo evitable .....	51
A.	Definición .....	51
B.	Análisis primer semestre 2013 .....	51
C.	Costo evitable diario normal .....	53
XII.	Prueba Piloto de mejora de desempeño productivo vía mayor supervisión .....	56
XIII.	Prueba Piloto de mejora de desempeño productivo vía incentivo .....	59
XIV.	Sistema de Incentivos .....	65
XV.	Análisis financiero .....	69
1.	Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) .....	69
2.	Análisis Valor Presente Neto (VPN).....	69
3.	Análisis de Tasa Interna de Retorno (TIR).....	74
4.	Punto de Equilibrio .....	74
XVI.	Conclusiones .....	76
XVII.	Recomendaciones .....	77
XVIII.	Bibliografía.....	78
XIX.	glosario .....	80
XX.	Anexos .....	81

## LISTA DE TABLAS

	Página
1. Extrusoras ordenadas de mayor a menor participación en la producción del departamento .....	28
2. Grupos de extrusoras diferenciadas por su participación en la producción del departamento .....	29
3. Desempeño productivo coextrusoras .....	32
4. Códigos de razón registro de desperdicio .....	34
5. Códigos de razón registro de tiempos .....	36
6. Tiempo y desperdicio estándar del método actual .....	39
7. Clasificación actividades.....	40
8. Transformación actividades internas en externas y eliminación de actividades .....	41
9. Reducción de ajustes internos .....	42
10. Desempeños productivos mejorables.....	43
11. Porcentaje de participación en la producción de un porcentaje de fórmulas seleccionadas .....	45
12. Costos Materia Prima.....	46
13. Probabilidad de categoría de día en el año .....	46
14. Disposición de tipo de hora según categoría de día .....	47
15. Probabilidad tipo de hora según categoría de día.....	47
16. Probabilidad tipo de hora durante el año.....	47
17. Salario real personal coextrusoras.....	48
18. Costo hora hombre por extrusora y costo hora supervisión por extrusora .....	49
19. Costo por kilowatt hora consumido en los meses de enero a agosto del 2013 .....	50
20. Tiempo necesario para producir un kg por coextrusora .....	51
21. Resumen costos evitables por kg desperdiciado por coextrusora.....	52
22. Situación actual costo evitable de coextrusoras .....	52
23. Clases histograma costo evitable diario .....	53
24. Estadísticas descriptivas costo evitable diario.....	54
25. Costo evitable por máquina del grupo de coextrusoras.....	55
26. Resultados indicadores monitoreados durante prueba piloto EXT-26 .....	56
27. Estadísticas descriptivas costo evitable durante prueba piloto EXT-26.....	58
28. Resultados indicadores monitoreados durante prueba piloto EXT-23 .....	59
29. Resumen sistema de incentivos.....	66
30. Componentes TMAR .....	69
31. Metas de costo evitable .....	70
32. Incentivos fijos del sistema .....	71
33. Costo administración sistema de incentivos.....	71
34. Desglose egresos sistema de incentivos .....	72
35. Análisis VPN - Sistema de incentivos.....	73
36. Análisis VPN - Punto de equilibrio.....	75
37. Desempeño productivo EXT-23 .....	82
38. Desempeño productivo EXT-26 .....	82
39. Desempeño productivo EXT-27 .....	83
40. Desglose desempeños operativos mejorables EXT-23.....	83
41. Desglose desempeños operativos mejorables EXT-26.....	83

42. Desglose desempeños operativos mejorables EXT-27.....	84
43. Costo por kg EXT-23.....	84
44. Costo por kg EXT-26.....	85
45. Costo por kg EXT-27.....	85
46. Costo evitable EXT-23.....	86
47. Costo evitable EXT-26.....	86
48. Costo evitable EXT-27.....	86
49. Observaciones método actual de Set Up.....	88
50. Tiempos estándar método actual Set Up.....	89
51. Observaciones método análisis de calidad.....	90
52. Tiempos estándar análisis de calidad.....	91
53. Observaciones método SMED.....	92
54. Tiempos estándar SMED.....	93
55. Observaciones desperdicio en Set Up.....	94
56. Desperdicio estándar en Set Up.....	94

## LISTA DE GRÁFICAS

	Página
1. Gráfico de probabilidad normal costo evitable diario.....	54
2. Costo evitable durante prueba piloto EXT-26.....	57
3. Costo evitable durante prueba piloto EXT-23.....	60
4. Curva de aprendizaje - Costo evitable durante prueba EXT-23.....	62
5. Costo evitable diario EXT-23 durante prueba vs Curva de aprendizaje.....	63
6. Flujo de efectivo - Sistema de incentivos.....	73
7. Flujo de efectivo - Punto de equilibrio.....	75



## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Metodología de trabajo .....	26
2. Clasificación de fenómenos que afectan negativamente el desempeño productivo .....	33
3. Disposición de los turnos de trabajo .....	48
4. Histograma costo evitable diario.....	53
5. Diagrama de flujo del proceso de registro de producción.....	81
6. Diagrama de flujo del proceso de registro de desperdicio .....	81
7. Diagrama de flujo del proceso de registro de tiempos .....	82

## LISTA DE IMÁGENES

	Página
1. Empaque flexible .....	4
2. Resinas sintéticas en forma de pellet .....	7
3. Masterbatch de color .....	7
4. Tintas flexográficas para polímeros .....	8
5. Adhesivos para polímeros .....	9
6. Cores .....	9
7. Solvente .....	10
8. Cushion .....	10
9. Racla .....	11
10. Fotopolímero .....	11
11. Empaque de leche en polvo .....	12
12. Mezcladora vertical .....	13
13. Extrusora de film mediante soplado .....	13
14. Impresora flexográfica .....	14
15. Laminadora flexográfica .....	14
16. Slitter .....	15
17. Cortadora .....	15
18. Extrusión .....	16
19. Pre-Prensa .....	17
20. Impresión .....	17
21. Laminación .....	18
22. Slitter .....	19
23. Corte .....	19
24. Partes de una extrusora de película soplada .....	20
25. Anillo de enfriamiento .....	21
26. Bobinadora .....	22
27. Cepillo antiestático de fibra de carbono .....	22
28. Bobinadora de doble estación .....	23
29. Rodillos de tiro .....	23
30. Extrusora de 5 capas .....	24
31. Cabezal para extrusora de 9 capas .....	25
32. Costos/Gastos totales empresa 2012 .....	44

## RESUMEN

Se trabajó en un estudio de factibilidad de un sistema de incentivos para el personal operativo del departamento de extrusión en una empresa guatemalteca de empaque flexible. Se evaluó la viabilidad de una oportunidad de mejora para la productividad de la empresa. Se trabajó en el transcurso del segundo semestre del año 2013 y se le presentarán los resultados a autoridades de la empresa a finales del año 2013. Se inició con la recopilación de los datos productivos del departamento de extrusión de una empresa guatemalteca de empaque flexible durante un período de tiempo y mediante ellos se decidió un grupo de máquinas foco, luego se definieron indicadores para medir el desempeño productivo de las mismas, después se determinó la situación actual del grupo de máquinas foco a través de los indicadores definidos, la situación actual de las máquinas foco se puede mejorar así que se identificó qué lo es que se puede mejorar del desempeño productivo que es la oportunidad de aumento de productividad del departamento, se costó ese desempeño productivo mejorable que es el costo de la ocurrencia de fenómenos evitables, se realizó una prueba piloto para determinar si el desempeño productivo mejora mediante mayor supervisión y luego se realizó otra prueba piloto para determinar si el desempeño productivo mejora mediante el uso de incentivos. Debido que el desempeño productivo no mejoró por una mayor supervisión y sí por los incentivos, se estructuró un sistema de incentivos propuesto y finalmente se realizó el análisis económico de la propuesta.

# I. INTRODUCCIÓN

Actualmente como adultos tenemos una manera de desenvolvernó en un ambiente en específico. Normalmente somos proactivos en el trabajo, disciplinados en el centro de estudios académicos o muy amigables los viernes en la noche cuando salimos con nuestros amigos. Esencialmente nuestra forma de actuar en un ambiente depende de cómo se nos enseñó a comportarnos ahí y qué ganamos al comportarnos así. Si somos proactivos en el trabajo, podríamos percibir un aumento; si somos disciplinados en el centro de estudios, buenas notas; y si somos amigables al salir los viernes por la noche, conseguir hasta pareja sentimental. Eso que nos hace inclinarnos hacia una acción u la otra, se llama incentivo; y lo anterior es un pequeño ejemplo de la aplicación de ellos. Prácticamente nuestro accionar ha sido guiado por los incentivos. Desde pequeño no quebramos los floreros de mamá porque eso involucraría unas nalgadas o nos comemos todas las verduras porque eso vendrá acompañado del postre. La inferencia de los incentivos en nuestras decisiones marginales nos acompañó y acompañará toda la vida: no nos parqueamos en curvas para evitar ese CEPO de Q500.00 o mejoramos nuestro desempeño laboral en función de alcanzar esa bonificación a final de mes. Ese gran poder que tienen los incentivos en nuestro actuar humano es la base de este estudio.

## II. OBJETIVOS

### A. General:

Realizar el estudio de factibilidad de un sistema de incentivos para el personal operativo del departamento de extrusión en una empresa guatemalteca de empaque flexible como oportunidad de mejora de productividad.

### B. Específicos:

1. Recopilar los datos productivo histórico del departamento.
2. Definir los principales indicadores productivos del proceso productivo de extrusión en una empresa guatemalteca de empaque flexible.
3. Determinar el margen de mejora del desempeño del proceso de extrusión correspondiente a los cambios de los incentivos al factor humano mediante una prueba piloto a través de la comparación del desempeño antes versus durante la prueba.
4. Estructurar un sistema de incentivos para el personal operativo del departamento de extrusión de una empresa de empaque flexible en función de mejorar el desempeño productivo.
5. Analizar financieramente la propuesta del sistema de incentivos a través de determinar el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR)

### III. JUSTIFICACIÓN

La importancia del proyecto radica en evaluar una oportunidad de mejora de la productividad del departamento de extrusión en una empresa guatemalteca de empaque flexible. Además a través de ella se cubrirá una necesidad fundamental que es la afinación de los indicadores de productividad en el departamento. Es vital tener indicadores representativos del departamento para tomar decisiones administrativas oportunas. Entonces así, lo más importante es la posibilidad de una mejora en la remuneración del talento humano que lo logre motivar beneficiando a la empresa. Todas las relaciones son productivas cuando se basan en el principio de ganar-ganar, entonces a través de él se pretende que la empresa se beneficie de la mejora de los resultados operativos del departamento de extrusión a través del beneficio de los operarios. Lograr lo anterior, daría una nueva prueba al éxito del principio ganar-ganar en la industria.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. EMPAQUE FLEXIBLE

#### 1. Definición

«Un empaque se define como una estructura fabricada con cualquier material, que contiene, identifica y facilita la venta y distribución de productos agrícolas, industriales y de consumo. Un empaque flexible es un material que por su naturaleza se puede manejar en máquinas de envolturas o de formado, llenado y sellado, y que está constituido por uno o más de los siguientes materiales básicos: papel, celofán, aluminio o plástico». (Arias, 2008)

Imagen 1: Empaque flexible



## 2. Industria en la actualidad

«Dolores Brizuela, gerente de marketing para empaques especiales para alimentos, higiene y salud, en Dow, habló con Conversión acerca del mercado de empaques flexibles en América Latina. De él comentó que además de gozar de una muy buena posición, se prevé un futuro positivo ya que, por ejemplo, con los empaques flexibles es posible reducir el uso de materiales, el peso del empaque y los costos, se adaptan a diversos productos, y suministran tecnología en barrera y protección.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2012)

“Volviendo al panorama regional, Brizuela comentó que, en unidades, los empaques flexibles representan el 63% de la industria de alimentos, y en el área “no alimentos” la presencia de estos es cada vez más evidente. La actual participación de los flexibles promueve cada vez más inversiones en el desarrollo de nuevas tecnologías. La previsión de crecimiento anual de empaques flexibles hasta 2015 es cercana al 5%, superando al GPD previsto para el mismo período en América Latina.” (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2012)

Ventajas del flexible frente a otros empaques:

Reducción de materiales/reducción de peso  
Reducción de costos logísticos: transporte y almacenaje  
Calidad de impresión  
Facilidad del consumo total del producto envasado

(POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2012)

Sectores y el uso de los empaques flexibles

«La industria de alimentos es predominante cuando de uso de empaques flexibles se trata; y es a su vez la que más ha adaptado los empaques flexibles para ofrecer sus productos, señaló Brizuela. Cada vez es más común el ver Stand Up Pouches sustituyendo empaques rígidos en productos de limpieza y de higiene personal; otras industrias que también están comenzando a adoptar empaques flexibles son la de pinturas y aceites lubricantes.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2012)



«En América Latina, los empaques flexibles representan el 63% en unidades en la industria de alimentos», comentó Brizuela, quien añadió: “Un tipo de envase flexible que ha crecido por encima del 10% en los últimos años en la región, en diversas industrias, es el SUP o empaque flexible que queda en pie. El SUP se alinea con las principales tendencias de los empaques: practicidad, herramienta de marketing y sostenibilidad». (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2012)

### Tendencias

«Según Dolores Brizuela, las tendencias en los empaques se modifican en función de los cambios que la sociedad sufre, para suplir a las nuevas demandas. En América Latina, al incrementarse la clase media, el consumo se eleva y las preferencias se dirigen a los empaques que ofrezcan valores agregados como mayor vida de anaquel o facilidad en su uso. Por su parte, las personas con menor poder adquisitivo pueden sin embargo comprar productos a los que antes no tenían acceso, muchos de los cuales usan empaques flexibles (como las cremas para el cuerpo).» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2012)

«Otra tendencia evidente relacionada a los envases, afirmó la gerente de marketing de Dow, es el uso del mismo como herramienta de marketing, lo que hace de la estética y el mensaje elementos clave en el momento de la compra. Sin quedarse atrás, la relación con el medio ambiente ocupa un lugar importante en la actualidad de la industria de empaques flexibles; Brizuela comentó acerca de la exigencia constante de reducir el impacto que los envases tienen sobre el medio ambiente, disminuyendo su peso, haciéndolos reciclables, reutilizables, etc.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2012)

«Finalmente, dentro de los retos en la producción de este tipo de empaques, Dolores Brizuela destacó el desafío de desarrollar una solución técnica que cumpliera todos los requisitos a un precio competitivo. El costo puede medirse no solo en la producción neta sino, por ejemplo, en la reducción de productos gracias al envase y en su reciclabilidad o reutilización, reduciendo la necesidad de nuevas materias primas.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2012)

## 3. Materiales e insumos

- Resinas en forma de pellet

«Las resinas sintéticas pueden definirse como sustancias sólidas o semisólidas, obtenidas por reacción química de materias primas resinosas y no resinosas y que poseen aspectos y propiedades físicas análogas a las resinas naturales, aunque tengan diferente composición química y también diferente comportamiento respecto a los distintos reactivos.» (Hernández, 2011)

«Bajo la acción de la presión y la temperatura asumen la forma deseada, pero no alcanzan un estado de endurecimiento irreversible. Durante el estampado se obtiene solo el fenómeno físico de la fusión, por lo tanto para endurecer el material estampado y retirar el mismo de la estampa debe ser completamente enfriado. Estas resinas no manifiestan ningún fenómeno químico.» (Hernández, 2011)

Imagen 2: Resinas sintéticas en forma de pellet



- Masterbatch de color

«Son sustancias químicas que, una vez incorporadas, confieren color a un sustrato. En la formulación de un concentrado de color, la selección de los colorantes se efectúa llevando en cuenta todas las propiedades mencionadas, obteniéndose composiciones específicas para las aplicaciones deseadas. Puede desarrollarse un color con hasta 5 colorantes diferentes, siempre que todos tengan compatibilidad con la resina a colorear y obedezcan las restricciones del proceso y utilización final del producto.» (Rivera, COLORACIÓN DE PLÁSTICOS, 2011)

Imagen 3: Masterbatch de color



- Aditivos

«Son productos químicos que confieren propiedades específicas a los plásticos. Ejemplos: Deslizantes, Antibloqueos, Retardadores de Llama, Foto Biodegradables, Anti-UV. etc. Como sucede con los colorantes, la selección de los aditivos para la elaboración de concentrados o compuestos se hace con base en las restricciones de proceso y utilización final del producto. Su presentación es igual que las resinas, en pellet incoloras la mayoría de las veces.» (Rivera, COLORACIÓN DE PLÁSTICOS, 2011)

- Tintas flexográficas para polímeros

«Una tinta consiste en una mezcla polimérica en disolución que lleva incorporado pigmento para impartir color. En caso de no ir pigmentada, se denomina barniz o recubrimiento. Toda tinta o recubrimiento una vez aplicado y seco es una película sólida, muy fina. Existen diferentes tipos de tintas (convencionales, curado por radiación), que poseen propiedades y aplicaciones diferenciadas. Generalmente, el uso de un tipo u otro de tinta, y las características finales de su composición, están en función de factores como el tipo de sustrato a imprimir, el acabado deseado y el proceso de impresión empleado (offset, flexografía o huecograbado, entre otros). Las tintas flexográficas y de huecograbado emplean una mayor variedad de resinas dada la multitud de sustratos sobre los que se imprimen. Las más comunes son: nitrocelulosa, ésteres de celulosas, poliamidas termoplásticas (solubles en alcoholes), vinílicas, acrílicas, poliuretanos, poliéteres, poliésteres, epoxídica y polivinil butirales.» (Garde Belza, Guía técnica de envase y embalaje Tintas, -)

Imagen 4: Tintas flexográficas para polímeros



- Adhesivos para polímeros

«Un adhesivo es una sustancia utilizada para unir las superficies de dos materiales sólidos y producir una unión con una elevada resistencia a la cizalladura. Las fuerzas enlazantes entre el adhesivo y las superficies adheridas son de naturaleza electrolítica, similares a las fuerzas de los enlaces secundarios entre las cadenas moleculares de los polímeros termoplásticos. Incluso si la resistencia del adhesivo es mucho menor que la de los materiales adheridos, s puede producir uniones de gran resistencia si la capa del adhesivo es delgada y continua. Al generarse una buena unión puede romperse antes el material adherido que el adhesivo.» (Callister, 2007)

Imagen 5: Adhesivos para polímeros



- Insumos

- Cores: «Elemento ensamblado en espiral, de forma cilíndrica, conformado por la superposición de cintas de cartón cuyas dimensiones varían de acuerdo con el uso final que le vaya a dar el cliente. También son conocidos como cores o centros de cartón». (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

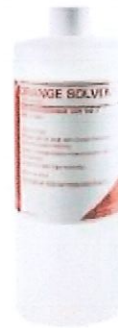
Imagen 6: Cores



- Solvente: «Compuesto químico utilizado para diluir las tintas. Es importante porque por ser a base de solvente se evapora con mayor facilidad y permite imprimir a altas velocidades

haciendo el tiempo de secado cuestiones de milisegundos.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

Imagen 7: Solvente



- Cushion: «Adhesivo de doble cara utilizado primordialmente para adherir dos superficies entre sí.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

Imagen 8: Cushion



- Racla: «Cuchilla que controla el aporte de tinta dentro de la cámara de impresión.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)



Imagen 9: Racla



- Fotopolímero: «Placa polimérica sensible a los fotones que a través del bombardeo y una posterior radiación crea las formas deseadas en relieve para fungir como sello.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

Imagen 10: Fotopolímero



#### 4. Maquinaria.

A continuación se abordarán las máquinas que tienen un papel dentro de la manufactura de un empaque flexible que involucre todas las etapas del proceso productivo. En función de referencia se puede tomar a ejemplo la bolsa que empaque leche en polvo.

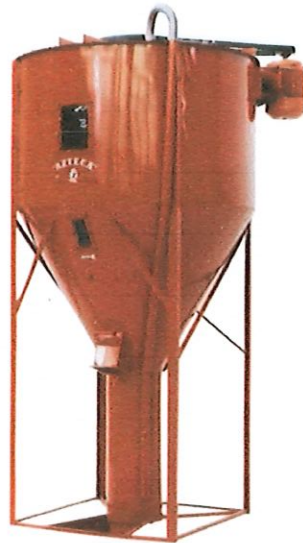
Imagen 11: Empaque de leche en polvo



- Mezcladora vertical

Equipo utilizado para combinar diferentes componentes en una mezcla homogénea con una relación 1:100,000 con una capacidad de carga que va desde los 150 kg a los 2,000 kg. (Construequipos Agroindustriales S.A. de C.V., -) «Se fabrican con tolva al piso y con tolva giratoria, en el caso de las mezcladoras de tolva al piso, su diseño permite que la carga de los ingredientes en la maquina sea más fácil ya que la tolva de carga queda del nivel de piso hacia abajo, es decir queda enterrada, por lo que es necesario abrir un hueco en el piso para poder hacer la instalación de la misma, en el caso de las de las mezcladoras con tolva giratoria su diseño permite que al momento de limpiar la maquina por cambio de formula, ya que la tolva de carga queda arriba del nivel de piso, y esto permite que se pueda girar y deje al descubierto la boca de alimentación del gusano, con esto se logra una limpieza más profunda evitando residuos de la formula anterior, aunque esto implica que los ingredientes se tengan que elevar para poder vaciarlos en la tolva de carga. Las mezcladoras verticales se fabrican en varias capacidades y pueden trabajar con motor eléctrico, o motor de gasolina o a la toma de fuerza del tractor.» (Molinos Aztecas, -)

Imagen 12: Mezcladora vertical



- Extrusora de film mediante soplado

Máquina utilizada para convertir resinas en forma de pellet a film a través del calentamiento, fusión, transformación, enfriamiento y solidificación de la materia prima. (Ramos, 2012) <sup>1</sup>

Imagen 13: Extrusora de film mediante soplado



---

<sup>1</sup> La función del proceso de extrusión, las partes de la extrusora, los materiales que utiliza y el proceso de producción se abordarán con mayor profundidad luego en el marco teórico.



- Impresora flexográfica

Máquina que con relieves impregnados con tintas ya sea base agua o solvente imprimen directamente traspasando el sustrato. (López Parejo & Herrera Rivas, 2008)

Imagen 14: Impresora flexográfica



- Laminadora flexográfica

Máquina que une dos sustratos mediante la interposición de un material adhesivo. (Garde Belza, Guía técnica a inia de envase y embalaje complejos, -)

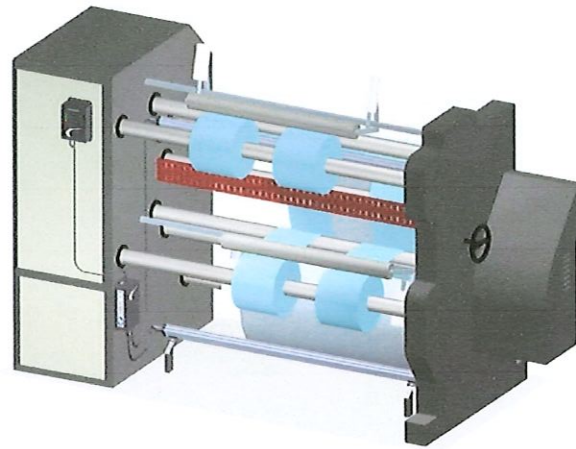
Imagen 15: Laminadora flexográfica



- Slitter

«La cortadora, comúnmente conocida como cortadora rebobinadora, es una máquina principal utilizado en la conversión de papel, película y material de lámina. Diseñado para convertir una amplia rollo de material en varios rollos más delgados, la cortadora se inicia por desenrollar un rollo maestro o un molino, continúa por el corte longitudinal del material desenrollado en varias anchuras, y, finalmente, se completa el proceso de rebobinado por el material ranurado sobre núcleos de diferentes anchuras.» (Benick MachineWorks LLC, 2003)

Imagen 16: Slitter



- Cortadora

La cortadora de bolsas se encarga de realizar el corte transversal en las bobinas para formar las bolsas individuales. También, en este proceso se unen las orillas requeridas por medio de calor para formar la bolsa que desea el cliente. (Wenzhou Changs International, -)

Imagen 17: Cortadora



## 5. Proceso productivo

«A continuación se encontrará es una explicación asertiva y puntual del proceso productivo de una bolsa de empaque flexible. De igual forma se aclara que se toma de ejemplo un producto complejo que pase por todos los procesos productivos aunque bien podría pasar sólo por uno, sólo por dos, etc. Lo anterior se debe a la amplia gama de productos que demanda el mercado y la gama de maquinaria de la planta para satisfacerla. Actualmente la empresa tiene 12,000 códigos de productos diferentes.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

- Extrusión

«Proceso de transformación de resinas sintéticas, aditivos y masterbatches de color en forma de pellet a una película de plástico. Los materiales necesarios son mezclados en máquinas mezcladoras industriales según la formulación correspondiente de los tres insumos descritos anteriormente. Luego, pasa a un extrusor compuesto por un tornillo sin fin, en el cual los materiales son procesados a una temperatura de alrededor de 155°C y transformados en una burbuja plástica, en donde se le da el espesor y ancho según lo requerido por el cliente, que luego de pasar por una serie de rodillos, es embobinada en tubos de cartón, denominados cores, para ser trasladado al siguiente proceso.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

Imagen 18: Extrusión





- Impresión

«Proceso de imprimir diseños en las películas plásticas. La impresión es realizada por impresoras flexográficas que usan tintas flexográficas para polímeros de base solvente para un secado rápido; se imprimen de 1 a 8 colores según el diseño de impresión de cada empaque flexible. Estas impresoras utilizan sellos de fotopolímeros hechos a la medida por el departamento de Pre-Prensa que los crea según el diseño deseado por el cliente. Se montan las bobinas a la impresora, la máquina empieza a correrlas e imprimir sobre ellas, pasa la película impresa en un túnel de secado y se vuelven a embobinar para el siguiente proceso. Otros insumos relacionados al proceso son: cushion, cintas con adhesivo en ambos lados, para la adhesión del sello fotopolimérico a los rodillos de la impresora y las raclas que son cuchillas que controlan en aporte de tintas en las cámaras de impresión.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

Imagen 19: Pre-Prensa



Imagen 20: Impresión



- Laminación

«Proceso que consiste en adherir dos o más películas plásticas entre sí con adhesivo para polímeros a través del uso de una laminadora. Se utiliza adhesivo sin solvente. Se cargan las bobinas que se quieren adherir, pasan por la cámara de aporte de adhesivo y se unen las láminas. Luego se embobinan la unión de ambas películas y se ponen a secar por alrededor de 8 horas fuera de la máquina antes de pasar al siguiente proceso.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

Imagen 21: Laminación



- Slitter

«Proceso de transformación de bobinas madres a hijas. Lo anterior se refiere a convertir una bobina “maestra” con múltiples repeticiones, dígame 4, en 4 diferentes bobinas “alumnas”. Se carga la bobina madre, se orientan las cuchillas en función de las dimensiones que se necesitan las bobinas hijas y la máquina empieza a funcionar. Las bobinas hijas se trasladan al siguiente proceso.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

Imagen 22: Slitter



- Corte

«Proceso destinado a la transformación final de las bobinas en bolsas individuales. Este proceso se encarga de dimensionar el material, sellarlo, y cortarlo; se pueden clasificar según el tipo de sello: fondo, lateral y longitudinal dando origen a diferentes tipos de bolsas como: pouch, doypack, flowpack, wicket, gabacha, jarreta, etc. Al tener un fardo de determinada cantidad de bolsas se empaca en una bolsa mayor para su manejo y entrega a la bodega de producto terminado.» (POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A., 2013)

Imagen 23: Corte





## B. EXTRUSIÓN DE PELÍCULA SOPLADA

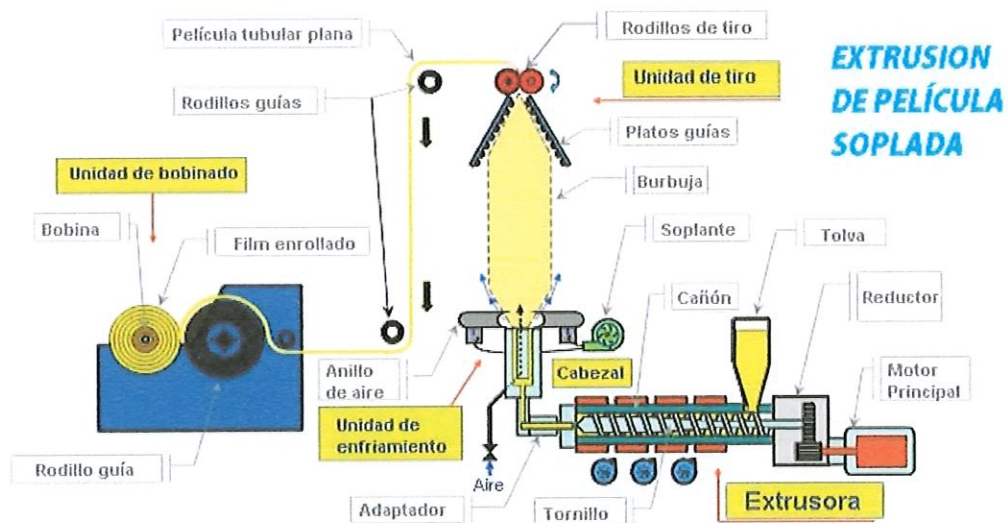
### 1. Definición

«El proceso de extrusión de película soplada o película tubular es el método más común para la fabricación de películas o films, y en general se utiliza para fabricar bolsas de plásticos termoplásticos. Más de la mitad de las películas producidas hoy en día se hacen de polietileno, en su mayoría de baja densidad. El polipropileno es otro de los materiales ampliamente utilizados. El término película se refiere a espesores por debajo de 0,5 mm. Se usan películas delgadas para material de empaque (envolturas, bolsas para abarrotes y bolsas de basura); las aplicaciones de películas más gruesas incluyen cubiertas y revestimientos, por ejemplo cubiertas para piscinas y revestimientos para canales de irrigación. Mediante el proceso de extrusión de película soplada en general se obtienen espesores de película de ~10 a 250 micrones. Junto con la extrusión de película colada, la extrusión de película soplada son los métodos más habituales de fabricación de películas. Una ventaja de la extrusión de película soplada sobre la extrusión de película plana tradicional (colada) es que en este último no es posible obtener bordes de calidad directamente.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

### 2. Partes de la extrusora.

La siguiente imagen presenta las partes de una extrusora de película soplada<sup>2</sup>:

Imagen 24: Partes de una extrusora de película soplada



<sup>2</sup> Durante la siguiente sección que aborda el proceso de extrusión en sí, se describirá la función de cada parte en el proceso productivo.

### 3. Proceso de extrusión

«Básicamente, una extrusora consta de un eje metálico central con alabes helicoidales llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico revestido con una camisa de resistencias eléctricas. En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima, donde se instala una tolva para la materia prima, donde se instala una tolva de alimentación, generalmente de forma cónica; en ese mismo extremo se encuentra el sistema de accionamiento del husillo, compuesto por un motor y un sistema de reducción de velocidad. En la punta del tornillo, se ubica la salida del material y el dado que forma finalmente plástico.» (Rivera, EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS / Tecnología de los plásticos, 2011)

«En las líneas de película soplada la extrusora está equipada con una boquilla anular, dirigida habitualmente hacia arriba. Por el interior de la boquilla se inyecta aire que queda confinado en el interior del material que sale por la boquilla y que es contenido, como si de una gran burbuja se tratara, por un par de rodillos situados en la parte superior (rodillos de colapsado). A la salida del cabezal el material se enfría bruscamente mediante una corriente forzada de aire que pasa a través de una cámara anular (anillo de enfriamiento) y se dirige concéntrica y uniformemente sobre la burbuja.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

Imagen 25: Anillo de enfriamiento



«Si el flujo del aire no está bien regulado o no es concéntrico con la burbuja, se produce una diversidad de espesores que dan lugar a la formación de ondulaciones. El cociente entre el diámetro de la burbuja y el diámetro de la boquilla se llama proporción de explosión o relación de soplado y suele estar en el intervalo de 2,0 a 2,5.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

«La película enfriada pasa a través de las placas guías (canasto) y se aplasta entre dos rodillos de tiro y colapsado, pasando por otros rodillos que sirven de guía, antes de pasar a los tambores de almacenamiento (rodillos de enrollado), donde se recoge la bobina.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)



Imagen 26: Bobinadora



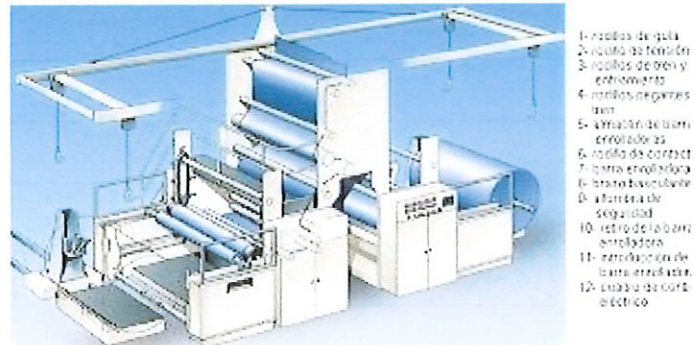
«En el rodillo de bobinado se disponen una serie de rodillos que evitan la formación de pliegues los cuales se denominan rodillos guías. Entre los rodillos de arrastre y los de enrollado se disponen generalmente los sistemas de tratamiento y eliminación de cargas estáticas formado por cepillos conductores de electricidad con puesta a tierra que rozan la superficie de la película, ya colapsada, a fin de eliminar corriente estática.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

Imagen 27: Cepillo antiestático de fibra de carbono



«La mayoría de los sistemas comerciales están provistos de instalaciones de almacenamiento gemelo, de modo que un tambor lleno pueda ser retirado sin parar el proceso productivo.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

Imagen 28: Bobinadora de doble estación



«La calandra de tiraje (rodillos de tiro y colapsado) está compuesta por dos cilindros revestidos de caucho duro, u otro material que no se adhiera al film, que deben producir una presión de cierre uniforme, tirando del film con una velocidad de arrastre que, en definitiva, va a determinar el espesor del film.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

Imagen 29: Rodillos de tiro



#### Características del proceso

«En algunos casos, mediante el soplado, el material se expande hasta tres veces su diámetro original, y a la vez es estirado por los rodillos que se encuentran en la parte superior, de modo que se orienta biaxialmente. El material sale de la boquilla en estado fundido, pero conforme asciende se enfría, gracias a la corriente de aire que circula por el exterior de la burbuja, de modo que solidifica, "congelando" la orientación en las dos direcciones, axial y longitudinal. El punto de solidificación se suele apreciar fácilmente debido a la pérdida de transparencia del material al pasar del estado amorfo al cristalino o semicristalino. A este proceso se le conoce como "estabilización de la burbuja". La orientación biaxial confiere muy buenas propiedades mecánicas a la película.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

«Si se mira detenidamente el proceso resulta extraño, en principio, que mientras que el material permanece en estado fundido la burbuja no se rompa (se trata de un material fundido, fluyendo en una capa muy delgada, y sobre el que se aplican grandes esfuerzos). La respuesta está en el tipo de esfuerzos al que el fundido es sometido. Los esfuerzos que actúan sobre el material son perpendiculares (de tracción) al material. Ante un esfuerzo de este tipo los polímeros desarrollan una viscosidad que suele ser 3 veces superior a su valor cuando el esfuerzo es aplicado tangencialmente y que se conoce como viscosidad extensional. La viscosidad extensional además se mantiene constante para la mayoría de los polímeros al aumentar el esfuerzo de tracción aplicado. A este comportamiento se le conoce como Troutoniano. En algunos casos como ocurre con el polietileno que generalmente se emplea en estos procesos, la viscosidad aumenta al aumentar el esfuerzo de tracción aplicado, con lo que si en alguna zona la capa de material es más fina, el esfuerzo (fuerza/sección) será mayor, por lo que la viscosidad del material en esa zona aumentará, contribuyendo a la estabilización de la burbuja.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

#### 4. Coextrusión

«Los requerimientos de muchos productos, particularmente en aplicaciones para envases, son tales que no se puede utilizar un único plástico, si no que tienen que ser combinados dos o más materiales. Esto ocurre cuando el producto obtenido debe presentar buenas propiedades barrera (permeación a gases), resistencia química, una determinada apariencia, etc. Existe un grupo de técnicas de combinación de diferentes materiales; las más frecuentes son coextrusión, recubrimiento y laminado. La coextrusión consiste en combinar dos o más plásticos haciéndolos pasar por una boquilla de extrusión. Cada material se procesa en una extrusora diferente, compartiendo todas las extrusoras la misma boquilla. El estado del arte en la coextrusión de película soplada nos permite obtener film de tres, cinco, siete y hasta nueve capas. » (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

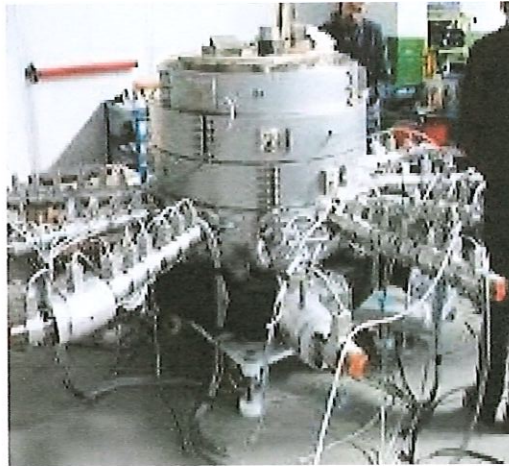
Imagen 30: Extrusora de 5 capas





«Las ventajas de la coextrusión radican en la obtención de películas con mayor flexibilidad, reducción de costos de formulación, reducción de espesores, incremento de propiedades mecánicas, incremento del efecto barrera y mejoras en la procesabilidad del empaque como por ejemplo el termosellado. Pero principalmente permite obtener películas con capas de polímeros que difícilmente se podrían obtener solas mediante este método de conformación, como por ejemplo las poliamidas.» (Rivera, Extrusión de película soplada, 2012)

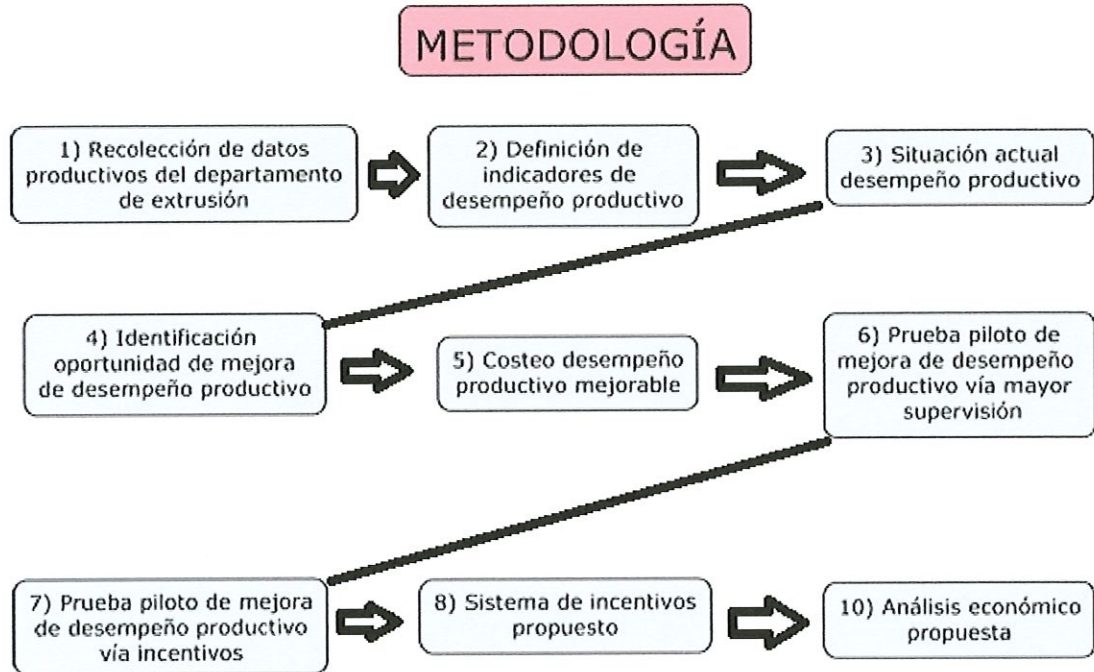
Imagen 31: Cabezal para extrusora de 9 capas



## V. METODOLOGÍA

La siguiente figura resume la metodología utilizada en el trabajo:

Figura 1: Metodología de trabajo



Se inició con la recopilación de los datos productivos del departamento de extrusión de una empresa guatemalteca de empaque flexible durante un periodo de tiempo y mediante ellos se decidió un grupo de máquinas foco, luego se definieron indicadores para medir el desempeño productivo de las mismas, después se determinó la situación actual del grupo de máquinas foco a través de los indicadores definidos, la situación actual de las máquinas foco se puede mejorar así que se identificó qué lo es que se puede mejorar del desempeño productivo que es la oportunidad de aumento de productividad del departamento, se costó ese desempeño productivo mejorable que es el costo de la ocurrencia de fenómenos evitables, se realizó una prueba piloto para determinar si el desempeño productivo mejora mediante mayor supervisión y luego se realizó otra prueba piloto para determinar si el desempeño productivo mejora mediante el uso de incentivos. Debido que el desempeño productivo no mejoró vía mayor supervisión y sí vía incentivos, se estructuró un sistema de incentivos propuesto y finalmente se realizó el análisis económico de la propuesta.

## VI. RECOPIACIÓN DE DATOS PRODUCTIVOS DEL DEPARTAMENTO DE EXTRUSIÓN

El primer paso del estudio fue la recopilación de los datos productivos del departamento de extrusión en una empresa guatemalteca de empaque flexible.

### A. MÉTODO DE RECOPIACIÓN

La empresa cuenta con una plataforma informática diseñada exclusivamente para la gestión de la empresa que integra a todos los departamentos de la compañía: ventas, finanzas, calidad, producción, etc. Ésta es parecida a SAP, su nombre es Toriflex. Entonces en la interfase de producción se encuentra el módulo para capturar datos productivos que básicamente son:

- Producción: Unidades producidas que cumplen con las especificaciones del producto; en el caso de extrusión, su unidad de medida es el kilogramo.
- Desperdicio: Unidades producidas que no cumplen con las especificaciones del producto; en el caso de extrusión, su unidad de medida es el kilogramo.
- Tiempo: Es el lapso temporal en los cual tiene lugar un fenómeno.

En los anexos se muestra cómo se capturan los datos productivos en las estaciones del piso de la planta para registrarlos en la base de datos de producción según diagramas bajo el formato manejado por la empresa.

### B. DATOS RECOPIADOS

Se ingresó a la base de datos de producción del sistema Toriflex y se extrajo a una hoja de cálculo los datos productivos de los primeros 6 meses del año 2013 correspondientes al área de extrusión. Se obtuvo 14,849 registros de producción, 13,477 registros de desperdicio y 15,282 registros de tiempos. Los datos productivos son revisados por los supervisores a frecuencia diaria y en el momento que uno o un grupo de datos no tenga sentido (dígase una producción reportada sin tiempo de producción, por ejemplo), los supervisores corrigen el dato con su usuario y llaman la atención al operador.

## C. MÁQUINAS FOCO DE ANÁLISIS

Debido a que el departamento cuenta con 25 extrusoras, se decidió enfocarse en un grupo de ellas. El principio de Pareto es el que se utilizó para lograr esto. El Principio de Pareto es también conocido como la regla 80/20, explica sobre lo importante que es el definir prioridades y así lograr los resultados que se esperan. La regla menciona que el 80% del valor de un conjunto cualquier de artículos, generalmente se concentra en solamente el 20% de ellos. Por ejemplo, si un administrador debe realizar diez cosas en el día, él espera un 80% de eficiencia haciendo únicamente las dos actividades más relevantes. Por lo tanto, la regla indica que los líderes deben enfocarse por sobre todo en las tareas más importantes, *las pocas tareas vitales*, en contraste con las *muchas tareas triviales*. (D'Souza, 1998)

Entonces el estudio se enfocó en el grupo de máquinas que represente el mayor porcentaje de producción. Se escogió como criterio de selección la producción porque es la finalidad de la maquinaria y su relación es directamente proporcional a los resultados de la planta de producción. Así que se ordenó de mayor a menor producción las 25 extrusoras en aras de medir su participación en la producción del departamento. La tabla correspondiente se muestra a continuación:

Tabla 1: Extrusoras ordenadas de mayor a menor participación en la producción del departamento

Máquina	Categoría	Producción (kg)	% Participación	% Participación acumulado
EXT-27	Coextrusora	1,778,821	21.02%	21.02%
EXT-26	Coextrusora	934,344	11.04%	32.06%
EXT-23	Coextrusora	871,726	10.30%	42.36%
EXT-49	EXT Grande	731,449	8.64%	51.00%
EXT-50	EXT Grande	561,794	6.64%	57.64%
EXT-25	EXT Grande	456,032	5.39%	63.03%
EXT-45	EXT Grande	354,365	4.19%	67.22%
EXT-04	EXT Grande	291,714	3.45%	70.66%
EXT-03	EXT Grande	275,104	3.25%	73.91%
EXT-02	EXT Mediana	254,545	3.01%	76.92%
EXT-39	EXT Mediana	224,753	2.66%	79.58%
EXT-22	EXT Grande	224,195	2.65%	82.23%
EXT-18	EXT Mediana	217,849	2.57%	84.80%
EXT-07	EXT Mediana	182,149	2.15%	86.95%
EXT-38	EXT Mediana	161,380	1.91%	88.86%
EXT-51	EXT Pequeña	120,360	1.42%	90.28%
EXT-15	EXT Mediana	118,430	1.40%	91.68%
EXT-21	EXT Mediana	117,504	1.39%	93.07%
EXT-46	EXT Pequeña	112,899	1.33%	94.40%



Continuación Tabla 1

Máquina	Categoría	Producción (kg)	% Participación	% Participación acumulado
EXT-48	EXT Pequeña	106,674	1.26%	95.66%
EXT-01	EXT Pequeña	93,242	1.10%	96.77%
EXT-05	EXT Pequeña	74,542	0.88%	97.65%
EXT-12	EXT Pequeña	73,347	0.87%	98.51%
EXT-47	EXT Pequeña	65,088	0.77%	99.28%
EXT-11	EXT Pequeña	60,652	0.72%	100.00%
<b>Total</b>		<b>8,462,959</b>		

Según el principio de Pareto, pocas extrusoras tendrían el mayor impacto en la producción del departamento y consecuentemente muchas extrusoras tendrían el menor impacto. La siguiente tabla demuestra la aseveración anterior:

Tabla 2: Grupos de extrusoras diferenciadas por su participación en la producción del departamento

Grupo	Número de máquinas	% máquinas	% participación
Alta participación	3	12.00%	42.36%
Mediana participación	9	36.00%	39.87%
Baja participación	13	52.00%	17.77%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Como se aprecia en la tabla anterior, el grupo de alta participación consta de 3 máquinas, que justamente son las coextrusoras del departamento, representan cerca del 40% de participación en la producción; mientras el grupo de mediana participación siendo el triple de máquinas representa el mismo porcentaje de participación que el primer grupo; y finalmente el grupo de baja participación siendo el cuádruple de máquinas que el primer grupo representa alrededor de la mitad de la participación. Entonces así las máquinas foco de análisis para el desarrollo del trabajo serán las que componen el grupo de alta participación: EXT-23, EXT-26 y EXT-27.



## VII. DEFINICIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO PRODUCTIVO

En función de medir el desempeño productivo de las máquinas seleccionadas, se procedió a definir indicadores para ello que son los siguientes:

### A. PRODUCCIÓN

Es la sumatoria de las unidades producidas dentro de especificaciones del producto agrupadas por uno o más entes en común, pudiendo ser éste: una máquina, un operador, un grupo de máquinas, un grupo de operadores, etc. en un lapso de tiempo. La ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$Producción = \sum_1^n Producción \text{ que cumple con especificaciones del producto}$$

Donde n es el último registro que comparte uno o más entes en común dentro de un lapso de tiempo. En el caso de extrusión, su unidad dimensional es kg.

### B. PORCENTAJE DE DESPERDICIO

Primero, desperdicio es la sumatoria de las unidades producidas fuera de especificaciones del producto agrupadas por uno o más entes en común, pudiendo ser éste nuevamente: una máquina, un operador, un grupo de máquinas, un grupo de operadores, etc. en un lapso de tiempo. Este puede competir al Set Up si ocurrió en la actividad de cambio de lote de producción o de Run si ocurrió mientras se estaba produciendo. Luego, porcentaje de desperdicio es la razón entre desperdicio y el *output* total de la máquina, que está compuesto tanto por las unidades que no cumplen con especificaciones del producto como las que sí. La ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de Desperdicio} = \frac{\text{Desperdicio}}{\text{Desperdicio} + \text{Producción}}$$

Su unidad es adimensional al ser un porcentaje y dividir kg dentro de kg, en el caso de extrusión.

## C. PORCENTAJE DE TIPO DE TIEMPO

Primeramente, tiempo es el lapso temporal en el que sucede un fenómeno. El fenómeno se puede clasificar en tres categorías:

- Producción: Tiempo en el cual la máquina está produciendo unidades dentro de especificaciones de producto. Su medición inicia cuando empieza a producir la primera unidad dentro de especificaciones de producto y termina cuando produce la última unidad ya sea por paro o porque por alguna razón empieza a producir unidades fuera de especificaciones de producto.
- Tiempo muerto: Tiempo en el cual la máquina no produce unidades dentro de especificación de producto. Inicia cuando deja de producir la última unidad dentro de especificaciones de producto de un lote y finaliza al empezar a producir la primera unidad dentro de especificaciones del producto.
- Set Up: Tiempo en el cual la máquina cambia de lote de producción iniciando su medición cuando deja de producir la última unidad dentro de especificaciones de producto de un lote o se arranca la máquina y finaliza al empezar a producir la primera unidad dentro de especificaciones del producto del siguiente lote.

Estos registros de tiempo también se pueden sumarizar agrupados por uno o más entes en común, pudiendo ser éste nuevamente: una máquina, un operador, un grupo de máquinas, un grupo de operadores, una razón de tiempo, una categoría de tiempo, etc. en un lapso de tiempo.

Entonces así un porcentaje de tipo de tiempo es la razón entre un tipo de tiempo según el fenómeno que lo produzca y el tiempo total durante un lapso temporal de análisis, denominado tiempo total. Se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de tipo de tiempo} = \frac{\text{Tipo de tiempo}}{\text{Tiempo total}}$$

Donde el tipo de tiempo puede ser set up, producción o tiempo muerto. Su unidad es adimensional al ser un porcentaje y dividir minutos dentro de minutos.

## VIII. SITUACIÓN ACTUAL DESEMPEÑO PRODUCTIVO

Se realizó una tabla de desempeños por máquina según las definiciones de indicadores anteriores con los datos productivos recopilados de la base de datos de Toriflex. Entonces así a continuación el desempeño de cada coextrusora, el detalle está en los anexos:

Tabla 3: Desempeño productivo coextrusoras

Máquina	Producción	Desperdicio	Tiempo		
		% Total	Set Up	Producción	Muerto
EXT-23	871,726	5.46%	3.54%	79.00%	17.46%
EXT-26	934,344	3.82%	4.00%	82.91%	13.10%
EXT-27	1,778,684	5.31%	3.65%	81.44%	14.92%

La tabla anteriores muestran que en general el porcentaje de desperdicio total oscila entre el 3.82% al 5.46% con respecto a la salida total de máquina. También muestran que la EXT-27 tiene una mayor producción a las otras coextrusoras y que en general las tres máquinas están produciendo (actividad que genera valor agregado al producto) el 80% del tiempo disponible mientras el resto del tiempo suceden fenómenos que no agregan valor agregado al producto.

## IX. IDENTIFICACIÓN OPORTUNIDAD DE MEJORA DE DESEMPEÑO PRODUCTIVO

De los anteriores indicadores, el porcentaje de desperdicio, el porcentaje de set up y el porcentaje de tiempo muerto tienen un efecto negativo en el desempeño productivo de las coextrusoras. Esto significa que a mayores niveles de estos tres indicadores, mayores impactos negativos en el desempeño productivo. Así que el desempeño productivo se puede mejorar mediante la reducción de los resultados de los tres indicadores anteriores que son resultado de fenómenos que no agregan valor al producto. Realizar lo anterior se considera la oportunidad de mejora para la empresa.

### A. FENÓMENOS EVITABLES E INEVITABLES

Los fenómenos que no agregan valor al producto pueden diferenciarse en dos grupos: evitables e inevitables y esta diferenciación es vital para identificar la oportunidad de mejora del desempeño productivo del grupo de máquinas. Esta oportunidad se divide en dos: lo que está dentro del control de los operadores y lo que se encuentra fuera de él. Entonces así lo que sí se encuentra dentro del control de los operadores es la oportunidad de mejora del desempeño productivo que básicamente consiste en fenómenos evitables que afectan negativamente a la operación. Estos dependen del factor humano. La siguiente figura busca ejemplificar lo anterior:

Figura 2: Clasificación de fenómenos que afectan negativamente el desempeño productivo

#### Fenómenos que afectan negativamente el desempeño productivo

- |   |  |
|---|--|
| ▶ Se encuentran por completo dentro del control de los operadores de la maquinaria. | ▶ Se encuentran por completo fuera del control de los operadores de la maquinaria. |
| ▶ Se consideran costos extras de producción completamente evitables.                | ▶ Se consideran costos extras de producción completamente inevitables.             |

Evitables

Inevitables

En el momento que durante el proceso productivo de extrusión, se produzca un fenómeno que afecta negativamente el desempeño productivo, se registra dentro del sistema informático Toriflex con un código de razón para explicar el porqué la operación se vio afectada. Los fenómenos pueden ser generación de desperdicio o un tiempo muerto. Las siguientes tablas describen cada uno de los códigos de razón utilizados por la empresa y los categoriza en fenómenos evitables e inevitables.



Tabla 4: Códigos de razón registro de desperdicio

Código de razón de desperdicio	Descripción	Tipo	Fenómeno
EXT - Apagón	Scrap generado por un apagón general causando paros en todas las máquinas	Run	Inevitable
EXT - Muestra	Scrap generado cuando se realizan pruebas al material y muestras solicitadas por el cliente	Run	Inevitable
EXT - Orden mal definida	Scrap generado por la mala definición de materiales a utilizar en orden de producción	Run	Inevitable
EXT - Prueba	Scrap generado cuando se realizan pruebas al material y muestras solicitadas por el cliente	Run	Inevitable
EXT - Urgencia ventas	Scrap generado por una orden urgente generada por ventas	Run	Inevitable
EXT - Urgencia ventas	Scrap generado por una orden urgente generada por ventas	Set Up	Inevitable
EXT - Apariencia	Scrap generado por la aparición en bobinas de Rayas, Grumos, Geles y Quemados	Run	Evitable
EXT - Cambio filtro	Scrap generado cuando la máquina necesita un cambio de filtro y se necesita parar la máquina para poder realizar dicho cambio	Run	Evitable
EXT - COF	Scrap generado por la falla del coeficiente de fricción en la tela contra la especificación de la orden	Run	Evitable
EXT - Core colapsado	Scrap generado por bobinas que contienen core colapsado	Run	Evitable
EXT - Desinflen	Scrap generado por el desinflen de la burbuja cuando se está produciendo. Esto ocasiona que se tenga que volver a cuadrar la medida	Run	Evitable

Continuación Tabla 4

Código de razón de desperdicio	Descripción	Tipo	Fenómeno
EXT - Falla eléctrica	Scrap generado por la causa de una falla eléctrica en el sistema de la máquina	Run	Evitable
EXT - Falla IBC	Scrap generado por la falla del sistema IBC, sistema de enfriamiento en la máquina	Run	Evitable
EXT - Falla mecánica	Scrap generado por una falla mecánica en la máquina	Run	Evitable
EXT - Mal embobinado	Scrap generado por bobinas que presentan mal embobinado, la tela se corre y no se embobina parejo.	Run	Evitable
EXT - Mal material resina(s)	Scrap generado por resinas en mal estado o resinas que no funcionan	Run	Evitable
EXT - Mezcla mal hecha	Scrap generado por una mezcla mal realizada	Run	Evitable
EXT - Refile	Scrap generado para dar el tamaño adecuado a la película	Run	Evitable
EXT - Variación calibre	Scrap generado cuando la película presenta variación en su grosor	Run	Evitable
EXT - Variación medida	Scrap generado cuando la película no presenta las dimensiones adecuadas	Run	Evitable
EXT - Ajuste retracciones	Scrap generado por ajustar las medidas de retracciones solicitadas por el cliente	Set Up	Evitable
EXT - Autorización calidad	Scrap generado por autorización de calidad debido a la falla en color, apariencia, etc. en la película	Set Up	Evitable
EXT - Purga	Scrap generado por la utilización de purga en momentos necesarios debidos a problemas de apariencia o cualquier otro factor que afecte la película	Set Up	Evitable



Continuación Tabla 4

Código de razón de desperdicio	Descripción	Tipo	Fenómeno
EXT - Arranque máquina	Scrap generado por el arranque de máquina	Set Up	SMED
EXT - Cambio pedido	Scrap generado por cambiar de pedido	Set Up	SMED
EXT - Material DURO	Scrap generado por material duro sacado en el arranque de la máquina	Set Up	SMED

Tabla 5: Códigos de razón registro de tiempos

Código de razón de tiempo	Descripción	Tipo	Fenómeno
EXT - Arranque de máquina	Tiempo necesario para arrancar la máquina al estar ésta apagada	Set Up	SMED
EXT - Cambio pedido	Tiempo de paro debido a cambio de lote de producción	Set Up	SMED
EXT - Muestra	Tiempo de paro debido a la realización de muestras y pruebas para clientes	Inevitable	Inevitable
EXT - Orden mal definida	Tiempo de paro debido a una orden mal definida	Inevitable	Inevitable
EXT - Preventivo	Tiempo de paro programado para la realización del mantenimiento en la máquina	Inevitable	Inevitable
EXT - Prueba	Tiempo de paro debido a la realización de muestras y pruebas para clientes	Inevitable	Inevitable
EXT - Sin energía	Tiempo de paro debido a un apagón general y falta de energía eléctrica	Inevitable	Inevitable
EXT - Sin carga	Tiempo de paro debido que la máquina no tiene planificada producción	Inevitable	Inevitable
EXT - Autorización calidad	Tiempo de paro debido a la no autorización del producto debido a color, apariencia, etc.	Evitable	Evitable
EXT - Cambio filtro	Tiempo de paro utilizado para cambiar el filtro de la máquina	Evitable	Evitable

Continuación Tabla 5

Código de razón de tiempo	Descripción	Tipo	Fenómeno
EXT - Falla eléctrica	Tiempo de paro debido a una falla eléctrica en la máquina	Evitable	Evitable
EXT - Falla IBC	Tiempo de paro debido a una falla en el sistema IBC, enfriamiento en la máquina	Evitable	Evitable
EXT - Falla mecánica	Tiempo de paro debido a algún desperfecto mecánico de la máquina	Evitable	Evitable
EXT - Limpieza hilera	Tiempo de paro utilizado para limpiar la hilera en la máquina	Evitable	Evitable
EXT - Mal material resina(s)	Tiempo de paro debido a la utilización de un mal material	Evitable	Evitable
EXT - Sin mezcla	Tiempo de paro debido a la falta de mezcla en la máquina	Evitable	Evitable



## B. SET UP: FENÓMENO ESPECIAL

Ahora bien, el Set Up se le considera un fenómeno especial porque hasta cierto punto deja de ser inevitable para convertirse en evitable. Este punto se encuentra a través de un análisis SMED de Set Up. Según la definición de fenómeno evitable, se necesita determinar hasta qué punto, tanto en tiempo como en masa de materia prima, el fenómeno deja de ser inevitable para volverse evitable al realizar un Set Up de lote de producción. En busca de lo anterior se realizará un análisis SMED de Set Ups

La reducción del tiempo de preparación de máquina, SMED – Single Minute Exchange of Die –, nace en la empresa Toyota como una técnica para mejorar su desempeño, entre otras más. Dichas técnicas se han difundido en el exterior. SMED se desarrolló y difundió por Shigeo Shingo, y la técnica hace referencia a realizar un cambio de herramienta en una cantidad de minutos que sea expresada como un solo dígito, es decir, nueve minutos o menos. Procesos como cambiar el molde en una inyectora de plástico, que pueden durar hasta diez horas, la primera impresión es que el SMED no es algo posible en esa operación. Pero en realidad la técnica ha logrado aplicarse en todas las partes del mundo. (Olavarrieta de la Torre, 1999)

El SMED consta de los siguientes pasos:

- a) Capturar las actividades que componen el método actual de Set Up
- b) Analizar a detalle la operación de preparación de máquina con el objetivo de definir elementos internos como elementos externos; en donde un elemento interno se refiere al que se efectúa cuando la máquina está detenida, y un elemento externo es el que puede realizarse cuando la máquina está funcionando.
- c) Convertir elementos internos en externos.
- d) Hacer mejoras radicales tanto en los métodos de los elementos externos como en los internos.

(Olavarrieta de la Torre, 1999)

Para determinar los tiempos estándares se realizaron 10 tomas de tiempos de las actividades de Set Up; las observaciones y el cómo se determinó cada tiempo estándar se encuentra en los anexos.

La siguiente tabla muestra las actividades con su tiempo y desperdicio estándar del método actual que es el primer paso:

Tabla 6: Tiempo y desperdicio estándar del método actual

SET UP SMED			Responsable		
Actividad	Tiempo estándar (h)	Desperdicio estándar (kg)	Operador	Auxiliar	Analista calidad
Revisar próxima orden de producción (ancho, calibre y material)	0.08		x		
Realizar requerimiento de material	0.08		x		
Entregar requerimiento de material	0.18			x	
Limpiar dosificadores	0.59		x	x	
Llenar toneles con el material	0.17		x	x	
Ingresar parámetros de operación a la extrusora (ancho y calibre)	0.08		x		
Levantar burbuja	0.08	9.51	x	x	
Alcanzar parámetros de operación (ancho y calibre)	0.16	87.79	x		
Embobinar la producción dentro de especificaciones	0.08	39.24	x	x	
Análisis de calidad	0.35				X
Definir metraje	0.02		x		
<b>Total</b>	<b>1.87</b>	<b>136.54</b>			

Luego, se clasificó cada actividad en externa o interna que es el paso 2 del análisis SMED. La siguiente tabla muestra la clasificación:

Tabla 7: Clasificación actividades

SET UP SMED			
Actividad	Tipo de ajuste	Tiempo estándar (h)	Desperdicio estándar (kg)
Revisar próxima orden de producción (ancho, calibre y material)	Externo	0.08	-
Realizar requerimiento de material	Externo	0.08	-
Entregar requerimiento de material	Externo	0.18	-
Limpiar dosificadores	Interno	0.59	-
Llenar toneles con el material	Interno	0.17	-
Ingresar parámetros de operación a la extrusora (ancho y calibre)	Interno	0.08	-
Levantar burbuja	Interno	0.08	9.51
Alcanzar parámetros de operación (ancho y calibre)	Interno	0.16	87.79
Embobinar la producción dentro de especificaciones	Interno	0.08	39.24
Análisis de calidad	Externo	0.35	-
Definir metraje	Externo	0.02	-
<b>Total</b>		<b>1.16</b>	<b>136.54</b>

Tras la clasificación de actividades, la máquina para 1.16 horas y desperdicia 136.54 kilogramos. Los responsables de cada actividad se omitieron por describirse en la primera tabla de esta sección al ser los mismos. Ahora, en el paso 3 se convertirán algunas actividades internas en externas (celeste) y se eliminarán las innecesarias para el Set Up (rosado).

Tabla 8: Transformación actividades internas en externas y eliminación de actividades

SET UP SMED				Observaciones
Actividad	Tipo de ajuste	Tiempo estándar (h)	Desperdicio estándar (kg)	
Revisar próxima orden de producción (ancho, calibre y material)	Externo	0.08	-	
Realizar requerimiento de material	Externo	0.08	-	
Entregar requerimiento de material	Externo	0.18	-	
Limpiar dosificadores	Interno	0.59	-	
Llenar toneles con el material	Externo	0.17	-	Se puede realizar mientras la máquina no está parada
Ingresar parámetros de operación a la extrusora (anchos, calibres, temperaturas, presiones y relaciones de soplado)	Interno	0.08	-	La producción se programará con todos los inputs que asegurará que los outputs cumplan con especificaciones
Levantar burbuja	Interno	0.08	9.51	
Alcanzar parámetros de operación (ancho y calibre)	Eliminada	0.16	87.79	Al tener todos los outputs asegurados, se vuelve innecesaria.
Embobinar la producción dentro de especificaciones	Eliminada	0.08	39.24	Al tener todos los outputs asegurados, se vuelve innecesaria.
Análisis de calidad	Externo	0.35	-	
Definir metraje	Externo	0.02	-	
<b>Total</b>		<b>0.75</b>	<b>9.51</b>	

Tras la transformación de actividades internas en externas y la eliminación de actividades ya innecesarias, el tiempo se reduce a 0.75 horas y el desperdicio a 9.51 kg. Finalmente se procuró mejorar las actividades internas. La siguiente tabla muestra lo anterior:



Tabla 9: Reducción de ajustes internos

SET UP SMED				Observaciones
Actividad	Tipo de ajuste	Tiempo estándar (min)	Desperdicio estándar (kg)	
Revisar próxima orden de producción (ancho, calibre y material)	Externo	0.08		
Realizar requerimiento de material	Externo	0.08		
Entregar requerimiento de material	Externo	0.18		
Llenar toneles con el material	Externo	0.59		
Limpiar dosificadores e intercambiar toneles	Interno	0.05		Utilización de compresor de aire del departamento que se limitaba exclusivamente a la limpieza general del departamento
Ingresar parámetros de operación a la extrusora (ancho, calibre, temperatura, presión y relación de soplado)	Interno	0.05		Despliegue de todos los parámetros de entrada en el panel de control en vez de realizarlos pestaña por pestaña como antes.
Levantar burbuja	Interno	0.08	9.51	
Análisis de calidad	Externo	0.35		
Definir metraje	Externo	0.02		
<b>Total</b>		<b>0.13</b>	<b>9.51</b>	

Justamente se redujeron los tiempos externos con las acciones tomadas en las observaciones y se pusieron las actividades en paralelo (morado). Alcanzando así una reducción a 0.13 horas y 9.51 kg de desperdicio. De estos valores en adelante ya son costos evitables en el momento de realizar un Set Up.

### C. IDENTIFICACIÓN DESEMPEÑOS OPERATIVOS MEJORABLES

La clasificación de los fenómenos en evitables e inevitables permite desglosar los tres indicadores que afectan negativamente el desempeño productivo en su parte evitable, que representa la oportunidad de mejora, y su parte inevitable, que está fuera del control del personal operativo del departamento de extrusión. Con respecto al desperdicio y tiempo muerto de set up, la parte inevitable es la obtenida mediante el anterior análisis SMED para set up y la parte evitable es todo desperdicio o tiempo muerto que exceda el estándar según el análisis SMED. La siguiente tabla muestra el resumen con su desglose en los anexos:

Tabla 10: Desempeños productivos mejorables

Máquina	Desperdicio		Set Up		Tiempo muerto	
	% Evitable	% Inevitable	% Evitable	% Inevitable	% Evitable	% Inevitable
EXT-23	4.82%	0.64%	3.05%	0.18%	13.49%	4.05%
EXT-26	3.39%	0.43%	3.49%	0.24%	9.78%	3.38%
EXT-27	4.88%	0.43%	2.98%	0.12%	8.08%	6.94%

Tras revisar las tres máquinas, resulta que la parte en los indicadores de porcentaje de desperdicio y porcentaje de set up hay un amplio margen de oportunidad a través de atacar los fenómenos evitables. Pese a en el desglose de tiempo muerto no se mantiene el mismo comportamiento que en los anteriores, en general hay un amplio margen de oportunidad de mejora de desempeño de producción mediante la reducción de fenómenos evitables que aumentará el desempeño del grupo foco de máquinas.

## X. COSTEO FENÓMENOS QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO

Los rubros para costear los fenómenos evitables son materia prima, mano de obra y la energía eléctrica que representó el 84.5% de los costos y gastos a los cuales la empresa incurrió en el año 2012. La siguiente imagen<sup>3</sup> muestra lo anterior,

Imagen 32: Costos/Gastos totales empresa 2012

**COSTOS TOTALES AÑO 2012**

RESUMEN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<b>Materia Prima, Materiales y Servicios</b>	<b>74.2%</b>	<b>75.2%</b>	<b>69.2%</b>	<b>71.1%</b>	<b>72.0%</b>	<b>66.8%</b>	<b>72.3%</b>	<b>67.5%</b>	<b>66.6%</b>	<b>68.0%</b>	<b>64.0%</b>	<b>66.4%</b>	<b>69.4%</b>
Materiales y Suministros	0.2%	0.3%	0.2%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.5%	0.4%	0.3%
Salarios y Prestaciones	8.9%	9.0%	9.1%	11.0%	9.3%	9.8%	9.6%	9.5%	10.2%	10.0%	9.2%	10.7%	9.7%
Bono Escolar	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Servicios de comercializacion	1.6%	1.4%	1.2%	1.5%	1.5%	1.0%	1.2%	1.0%	1.3%	4.0%	1.5%	1.0%	1.5%
Servicios Personal Contratado	1.4%	1.5%	1.2%	1.4%	1.2%	1.4%	1.4%	1.3%	1.5%	0.2%	0.7%	0.7%	1.2%
Servicios Médicos y Medicinas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Viaticos	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Selección de personal	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Capacitación de Personal	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Gastos de navidad	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%
Suministros de Seguridad Industrial	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Dietas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ayuda póstuma	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
R&M	1.9%	1.5%	1.6%	1.4%	2.4%	2.1%	0.9%	2.0%	2.4%	2.0%	3.1%	4.7%	2.2%
Energía Eléctrica	5.4%	5.4%	6.3%	6.5%	6.2%	5.2%	5.1%	5.4%	5.4%	5.2%	4.2%	4.0%	5.4%
Publicidad y Propaganda	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%

### A. COSTO DE MATERIA PRIMA

Los datos de producción de las máquinas foco son 2,626 registros. Cada uno compete a un lote de producción de un producto que tiene una fórmula base que define los componentes necesarios a mezclar para producirlo, dicha fórmula se encuentra definida en la base informática Toriflex. Por ser las tres máquinas coextrusoras de tres capas, cada fórmula contempla la existencia de esas tres capas con un respectivo porcentaje de participación en la masa del producto. Luego, cada capa tiene diferentes componentes mezclados (resinas, aditivos y/o masterbatches de color) en su respectivo porcentaje de participación con respecto a la masa de esa capa. Finalmente, cada componente tiene un costo unitario compuesto por diferentes costos que hay que contabilizar.

<sup>3</sup> Por instrucciones de la empresa se ocultó el nombre de ella y las cantidades monetarias expresadas en quetzales (Q).



Partiendo de lo anterior, se realizó el siguiente análisis para cada una de las coextrusoras foco: se procedió a ordenar las fórmulas de mayor a menor participación en la producción (kg). Nuevamente se utilizó el principio de Pareto para seleccionar las pocas fórmulas que representan la mayor parte de la producción de las máquinas foco.

Tabla 11: Porcentaje de participación en la producción de un porcentaje de fórmulas seleccionadas

Máquina	# de Fórmulas seleccionadas	# Total de fórmulas	% Fórmulas seleccionadas	% Participación producción
EXT-23	7	30	23%	82%
EXT-26	6	24	25%	83%
EXT-27	11	43	26%	82%

Después de seleccionar el grupo de fórmulas a analizar, se procedió a desglosar cada fórmula en todos los componentes de todas sus capas. Se determinó el porcentaje de participación de la fórmula entre las fórmulas seleccionadas a través de la razón entre la producción de la fórmula sobre la producción de las fórmulas seleccionadas, llamándosele porcentaje de ponderación. Finalmente, se determinó la participación de cada componente de cada capa de cada fórmula seleccionada mediante el producto del porcentaje de participación del componente en la capa, porcentaje de participación de la capa en la fórmula y porcentaje de participación de la fórmula en las fórmulas seleccionadas.

Luego se enlistó todos los diferentes componentes de las fórmulas seleccionadas y se hizo la sumatoria de los porcentajes de participación en la producción de las fórmulas seleccionadas para cada componente. Se recopiló el costo en quetzales por kilogramo de cada componente que incluye el costo de transportarlo desde la localización del proveedor hasta la planta de empaque flexible involucrada en este estudio. Se obtuvo el costo del trámite, realizado por un tramitador, en la aduana guatemalteca al cual incurre la empresa que es Q880.00 por 3 contenedores de 20,000 kilogramos cada uno. Se obtuvo también el costo del trámite, realizada nuevamente por un tramitador, de la revisión de "carga" al cual incurre la empresa que es de Q1,500.00 por 3 contenedores de 20,000 kilogramos cada uno el 70% de las veces. La empresa paga en la aduana el 12% sobre el valor de la factura por concepto de IVA según la página 255 del Arancel Centroamericano de Importación (SAT, 2013). No se pagan aranceles por importación de alguno de los componentes según la página 255 del Arancel Centroamericano de Importación (SAT, 2013). El costo por kg final del componente es la suma de los costos por kg descritos anteriormente. Los datos fueron brindados por el departamento de Compras de la empresa.

Así que se multiplicó el costo total por kilogramo de cada componente por su participación en la producción de las fórmulas seleccionadas y la sumatoria de lo anterior es el costo por kilogramo para esa



máquina. Repitiendo, lo anterior se realizó para cada una de las coextrusoras foco obteniéndose los siguientes costos con su desglose en los anexos:

Tabla 12: Costos Materia Prima

Máquina	Materia Prima
Unidad	Q/kg
EXT-23	Q 14.16
EXT-26	Q 14.68
EXT-27	Q 14.31

Debido que las tres máquinas pertenecen al mismo grupo de coextrusoras, en general el costo de materia prima que por ellas se transforma es bastante similar. Sin embargo, se tuvo la oportunidad de sí utilizar el costo por kilogramo específico para cada coextrusora sin complicar el cálculo así que en función de buscar mayor cercanía a la realidad se utilizó el costo específico y no un promedio como se hubiera podido hacer.

## B. COSTO DE MANO DE OBRA

La finalidad de esta etapa es llegar al costo por hora de la utilización del recurso humano por cada una de las coextrusoras foco. Se parte de la premisa que el costo por hora hombre puede variar dependiendo del tipo de hora (ordinaria, extraordinaria, doble)<sup>4</sup> según los siguientes factores: el turno (el departamento de producción trabaja las 24 horas del día, todos los días), día de la semana y composición de colaboradores del equipo que operan la máquina. Entonces así primero hay que determinar las probabilidades que sea cualquiera de los tres tipos de hora según los factores anteriores.

Primero, la disposición del tipo de horas depende de la categoría de día dentro del cual tome lugar. La siguiente tabla enlista las probabilidades que cierta categoría ocurra en el año:

Tabla 13: Probabilidad de categoría de día en el año

Categoría Día	# al año	Probabilidad
Lunes - Viernes	252	69%
Sábado	50	14%
Domingo	50	14%
Asueto <sup>5</sup>	12	3%
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>100%</b>

<sup>4</sup> Tipo de hora hombre a pagar según el capítulo tercero del Código de Trabajo Guatemalteco (CENADOJ, 2010)

<sup>5</sup> Listado de asuetos oficiales según el capítulo cuarto del Código de Trabajo Guatemalteco (CENADOJ, 2010)

Luego corresponde cuantificar las probabilidades que cierto tipo de hora tomé lugar dentro de ambos turnos en cada uno de los días del año. La siguiente tabla muestra la disposición de las tipos de horas y luego la probabilidad que dicho evento (tipo de hora) ocurra:

Tabla 14: Disposición de tipo de hora según categoría de día

Tipo de Hora	Lunes a Viernes		Sábado		Domingo		Asueto	
	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche
Ordinarias	8	6	4	4	0	0	0	0
Extraordinarias	4	0	8	0	0	0	0	0
Dobles	0	6	0	8	12	12	12	12

Tabla 15: Probabilidad tipo de hora según categoría de día

Tipo de Hora	Lunes a Viernes		Sábado		Domingo		Asueto	
	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche
Ordinarias	33%	25%	17%	17%	0%	0%	0%	0%
Extraordinarias	17%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%
Dobles	0%	25%	0%	33%	50%	50%	50%	50%

Para finalizar la etapa de determinar la probabilidad que un tipo de hora tenga lugar a lo largo de todo el año, se multiplica la probabilidad que la categoría de día tenga lugar en el año por la probabilidad que el tipo de hora tenga lugar dentro del turno según la categoría de día. Por último, la sumatoria algebraica de las probabilidades del tipo de hora en cualquier escenario es la probabilidad que ese tipo de hora tenga lugar en el año. La siguiente tabla muestra lo anterior:

Tabla 16: Probabilidad tipo de hora durante el año

Tipo de Hora	Lunes a Viernes		Sábado		Domingo		Asueto		Total
	69%		14%		14%		3%		
	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Noche	
Ordinarias	23%	17%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	45%
Extraordinarias	12%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	16%
Dobles	0%	17%	0%	5%	7%	7%	2%	2%	39%

La segunda parte consta en determinar el salario real de los equipos definidos por cada una de las coextusoras y el supervisor en turno (dentro de la departamento, siempre hay uno de los tres supervisores trabajando por turno). El salario real es todo el costo al cual incurre la empresa al remunerar a un colaborador que se compone del salario nominal (percibible por el colaborador) más las prestaciones de ley<sup>6</sup> y las prestaciones adicionales de ley. La única prestación adicional a la ley que paga la empresa

<sup>6</sup> Prestaciones de ley según el Código de Trabajo Guatemalteco (CENADOJ, 2010)



estudiada es un “Bono Escolar” que corresponde a Q500.00 a inicios de cada año para ayudar en los gastos escolares de inicio de año. La información anterior fue brindada por el departamento de Recursos Humanos. En función que el departamento trabaje las 24 horas del día todos los días del año, cada máquina tiene tres equipos compuestos por un operador y uno o dos ayudantes distribuidos en turnos 4\*2 que significa 4 días de trabajo seguidos de 2 de descanso y reinicia el ciclo; información brindada por el Jefe de Extrusión. La siguiente figura ejemplifica lo anterior y luego el salario real por cada miembro de los equipos de trabajo:

Figura 3: Disposición de los turnos de trabajo

Equipo 1	N	N	N	N			D	D	D	D			N	N	N	N			D	D
Equipo 2	D	D			N	N	N	N			D	D	D	D			N	N	N	N
Equipo 3			D	D	D	D			N	N	N	N			D	D	D	D		

Tabla 17: Salario real personal coextrusoras

Equipo	Código	Nombre	Puesto	Salario Nominal	Salario Real
<b>EXT-26</b>					
Equipo 1	1803	Henry Ariel Chavez Castro	Operador	Q 2,351.92	Q 3,562.01
	3115	Diego Margarito Castillo Aifán	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
Equipo 2	1423	Walter Bacilio	Operador	Q 2,351.92	Q 3,562.01
	3076	Mario Lopez Raymundo	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
Equipo 3	3001	Pablo Ordoñez	Operador	Q 2,351.92	Q 3,562.01
	3057	Luis Ajqui	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
<b>EXT-23</b>					
Equipo 1	1781	Juan Francisco Hernandez Yuman	Operador	Q 2,407.91	Q 3,639.87
	1889	Emigdio Leonel Morales García	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
Equipo 2	1674	Oscar Tzib Tiul	Operador	Q 2,351.92	Q 3,562.01
	1847	Luis Alfredo Arevalo	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
Equipo 3	1686	Rolando Daniel Solis Ambrocio	Operador	Q 2,351.92	Q 3,562.01
	1801	Wilmer Uriel Lucas Lopez	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
<b>EXT 27</b>					
Equipo 1	1030	Rigoberto Gallardo Pensamiento	Operador	Q 4,039.31	Q 5,908.33
	1724	Jorge Luis Vicente Luna	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
	1734	Angel Amperez Alvarado	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
Equipo 2	3100	Juan Rivera	Operador	Q 3,451.27	Q 5,090.66
	1561	Julio Hermenegildo Pop Bol	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
	3096	Jorge Morales	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
Equipo 3	1485	Roberto Vidal Rivera Marroquin	Operador	Q 3,736.63	Q 5,487.45
	1697	Elvin Adolfo Orellana Cermeño	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
	1669	Ricardo Efrain Arevalo Juarez	Auxiliar	Q 2,171.75	Q 3,311.49
<b>SUPERVISORES</b>					
	1869	Jose Luis Aguilar Tomás	Supervisor	Q 2,407.91	Q 3,639.87
	1821	Jorge Enrique Gonzalez Lara	Supervisor	Q 2,407.91	Q 3,639.87
	288	Miguel Batres	Supervisor	Q 5,000.00	Q 7,244.17

Por último, la tercera etapa consta en alcanzar el costo por hora hombre por máquina. Se parte del salario real de cada colaborador calculándose el costo por hora ordinaria, extraordinaria y doble según el Código de Trabajo Guatemalteco (CENADOJ, 2010). Luego se determina el costo por hora hombre a través de la sumatoria de los productos del costo según el tipo de hora y su probabilidad que ocurra en un año; todo lo anterior dividido 3 debido a que los 3 equipos tienen la misma probabilidad de estar atendiendo la máquina en cualquier momento. Finalmente, el costo por hora hombre por coextrusora es la sumatoria del costo hora hombre de cada colaborador asignado a esa máquina. Cabe destacar que con los supervisores se manejó la misma lógica con la adición que el costo hora hombre de supervisión se dividió dentro de las 25 máquinas que supervisan para determinar la imputabilidad de costo hora de supervisión a cada máquina.

Tabla 18: Costo hora hombre por extrusora y costo hora supervisión por extrusora

Equipo	Q/h Ordinaria	Q/h Extraordinaria	Q/h Doble	Q/h
<b>EXT-26</b>				
Equipo 1	Q 14.84	Q 22.26	Q 29.68	Q 7.27
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
Equipo 2	Q 14.84	Q 22.26	Q 29.68	Q 7.27
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
Equipo 3	Q 14.84	Q 22.26	Q 29.68	Q 7.27
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
<b>Total</b>				<b>Q 42.11</b>
<b>EXT-23</b>				
Equipo 1	Q 15.17	Q 22.75	Q 30.33	Q 7.43
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
Equipo 2	Q 14.84	Q 22.26	Q 29.68	Q 7.27
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
Equipo 3	Q 14.84	Q 22.26	Q 29.68	Q 7.27
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
<b>Total</b>				<b>Q 42.27</b>
<b>EXT 27</b>				
Equipo 1	Q 24.62	Q 36.93	Q 49.24	Q 12.07
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
Equipo 2	Q 21.21	Q 31.82	Q 42.42	Q 10.40
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
Equipo 3	Q 22.86	Q 34.30	Q 45.73	Q 11.21
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
	Q 13.80	Q 20.70	Q 27.60	Q 6.76
<b>Total</b>				<b>Q 74.24</b>
Supervisores	Q 15.17	Q 22.75	Q 30.33	Q 7.43
	Q 15.17	Q 22.75	Q 30.33	Q 7.43
	Q 30.18	Q 45.28	Q 60.37	Q 14.79
<b>Total</b>				<b>Q 29.66</b>
<b>Imputable por extrusora</b>				<b>Q 1.19</b>



Se puede observar de la tabla anterior que los costos por hora de mano de obra para la EXT-23 y EXT-26 son los mismos al tener sus equipos la misma configuración de los tres equipos de trabajo que consta en un operador y un ayudante. La inclusión de un segundo ayudante en la EXT-27 casi duplica el costo por hora de mano de obra. Esto sucede porque como se observó en la situación actual de los desempeños actuales de la empresa, la EXT-27 tiene una mayor capacidad de producción que las otras dos y necesita más recurso humano para su correcta operación.

### C. COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA

Es el costo del kilowatt hora de energía eléctrica consumida. La potencia eléctrica instalada de las tres coextrusoras es 440 kW y partiendo de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{e}{t} \rightarrow e = Pt$$

Donde P es potencia eléctrica instalada (watts), e es la energía eléctrica consumida (watts hora) y t es el tiempo de consumo (hora). A continuación una tabla de los costos de energía eléctrica en los primeros 8 meses del año 2013 brindados por el departamento de Contraloría:

Tabla 19: Costo por kilowatt hora consumido en los meses de enero a agosto del 2013

Mes	Año	Tipo de Cambio	USD/Kwh	Q/Kwh
Enero	2013	Q 7.83	\$ 0.16	Q 1.23
Febrero	2013	Q 7.84	\$ 0.17	Q 1.33
Marzo	2013	Q 7.80	\$ 0.16	Q 1.24
Abril	2013	Q 7.78	\$ 0.16	Q 1.22
Mayo	2013	Q 7.79	\$ 0.15	Q 1.17
Junio	2013	Q 7.81	\$ 0.15	Q 1.14
Julio	2013	Q 7.84	\$ 0.15	Q 1.15
Agosto	2013	Q 7.99	\$ 0.15	Q 1.18
Septiembre	2013	Q -	-	-
Octubre	2013	Q -	-	-
Noviembre	2013	Q -	-	-
Diciembre	2013	Q -	-	-
<b>Promedio 2013</b>		<b>Q 7.83</b>	<b>\$ 0.15</b>	<b>Q 1.21</b>
<b>Desv. Est. 2013</b>		<b>\$ 0.06</b>	<b>\$ 0.01</b>	<b>Q 0.06</b>
<b>Desv. Est. 2013</b>		<b>0.82%</b>	<b>5.15%</b>	<b>5.01%</b>

Con base en la tabla anterior se decidió utilizar el costo de Q1.21 por kilowatt hora consumido porque es el promedio de costo por energía eléctrica en lo que va del año y sus fluctuaciones no se consideran significantes al ser 5.01% la razón entre desviación estándar y dicha media. Entonces así el costo de una hora en concepto de energía eléctrica es Q532.40 para cada coextrusora,

## XI. COSTO EVITABLE

### A. DEFINICIÓN

Es el desempeño productivo mejorable imputable expresado en una cantidad monetaria al cual la empresa incurrió por fenómenos evitables o la parte evitable del set up que perjudican el desempeño productivo de uno o más entes (máquina, operador, grupo de máquinas, departamento, etc.) durante un lapso temporal de análisis. Estos dependen del factor humano. Éste es el principal indicador utilizado en el desarrollo del trabajo porque integra desempeños negativos evitables en el desperdicio y los tiempos muertos en un mismo indicador. Además del componente evitable del set up. Se puede dividir en:

- Costo de desperdicio: Costo competente a las unidades desperdiciadas evitables; en el caso de extrusión, costo de kg desperdiciado evitable en un lapso temporal de análisis.
- Costo de tiempo muerto: Costo competente al tiempo muerto evitable; en el caso de extrusión, costo de hora muerta evitable en un lapso temporal de análisis.

### B. ANÁLISIS PRIMER SEMESTRE 2013

Con respecto al costo de desperdicio, cada código de razón bajo el cual iban siendo registrados dentro de Toriflex se dividió en inevitable o evitable según la responsabilidad que se tengan sobre ellos. Luego se determinó la velocidad promedio a la cual corre cada una de las coextrusoras como la razón entre su producción y sus tiempos de producción; y su inverso que es el tiempo promedio para producir un kg. Con lo anterior se calculó que el costo evitable al que se incurre por kg de desperdicio es el costo de la materia prima más el costo de la mano de obra utilizada para producir ese kilogramo más el costo de la energía utilizada para producir ese kilogramo.

Tabla 20: Tiempo necesario para producir un kg por coextrusora

Máquina	Producción total (kg)	Tiempo de producción total (min)	Tiempo promedio para producir un kg (h/kg)
EXT-23	871,725	204,775	0.0039
EXT-26	934,344	214,590	0.0038
EXT-27	1,778,821	211,215	0.0020

Tabla 21: Resumen costos evitables por kg desperdiciado por coextrusora

Máquina	Total Q/kg
EXT-23	Q 16.41
EXT-26	Q 16.88
EXT-27	Q 15.51

Luego, con cada registro que involucrara un set up se determinó cuántos kg más se desperdiciaron con respecto al estándar determinado con el análisis SMED. Se multiplicó la cantidad excedente por el costo por kg desperdiciado calculado anterior dependiendo de la máquina que generara ese desperdicio para calcular el costo del set up evitable. También se calculó el desperdicio evitable que es el producto entre el costo por kg y los kg desperdiciados. Nuevamente, lo anterior se realizó por registro recopilado de la plataforma Toriflex.

Ahora el costo por tiempo muerto evitable, es la suma entre el costo de la hora en términos de mano de obra pues el personal estaba presente percibiendo un salario pese la máquina no produjera y el costo de la hora en términos de energía eléctrica consumida pues la máquina se mantenía encendida pese la máquina no produjera. Nuevamente con los set ups se determinó cuánto tiempo excedió lo estándar determinado por el análisis SMED para obtener el costo de hora desperdiciada evitable. A continuación la tabla que muestran los costos evitables por parte del personal operativo de extrusión que son la oportunidad de mejora de desempeño productivo en quetzales con su desglose en los anexos:

Tabla 22: Situación actual costo evitable de coextrusoras

Fecha	Costo Evitable				
	Coextrusoras	EXT-23	EXT-26	EXT-27	
Enero	Q 590,129.11	33%	16%	51%	
Febrero	Q 434,937.98	29%	21%	50%	
Marzo	Q 569,847.42	24%	22%	55%	
Abril	Q 541,004.28	26%	24%	50%	
Mayo	Q 562,912.39	28%	26%	46%	
Junio	Q 613,029.48	25%	24%	51%	
<b>1er Semestre</b>	<b>Q 3,311,860.65</b>	<b>27%</b>	<b>22%</b>	<b>51%</b>	

Sorprende de gran manera cómo según la tabla anterior, la empresa deja de percibir cerca de 3.3 millones de quetzales semestrales debido a fenómenos totalmente evitables por parte de su personal operativo. Nuevamente la EXT-27 debido a su naturaleza tiene casi el 50% de participación en el costo evitable y la otra mitad es compartido entre la EXT-23 y EXT-26 que nuevamente muestran que tienen los muy similares comportamientos, tanto en desempeño productivo como en costo evitable.



### C. COSTO EVITABLE DIARIO NORMAL

Se realizó una prueba estadística de normalidad sobre el costo evitable diario normal para asegurar con respaldo estadístico cuánto desperdicia la empresa en situaciones que son evitables y dependen del factor humano. A continuación la tabla de clases y el histograma del costo evitable diario:

Figura 4: Histograma costo evitable diario

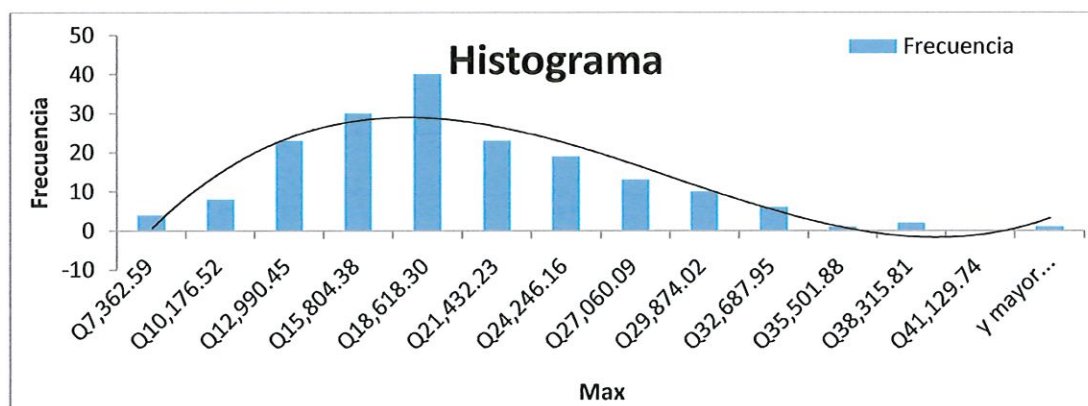


Tabla 23: Clases histograma costo evitable diario

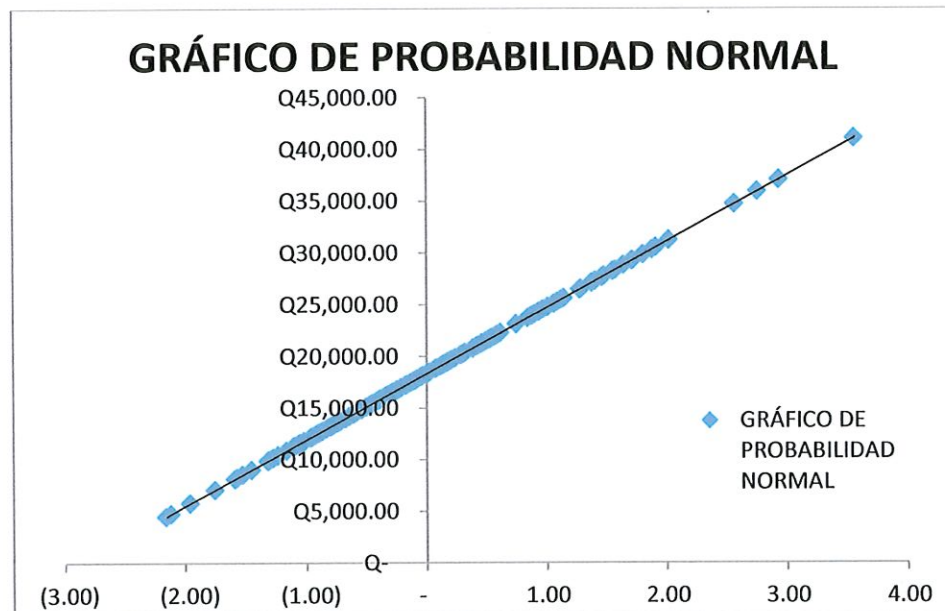
	Min	Marca de clase	Max	Frecuencia
Q	4,548.66	Q 5,955.62	Q 7,362.59	4
Q	7,362.59	Q 8,769.55	Q 10,176.52	8
Q	10,176.52	Q 11,583.48	Q 12,990.45	23
Q	12,990.45	Q 14,397.41	Q 15,804.38	30
Q	15,804.38	Q 17,211.34	Q 18,618.30	40
Q	18,618.30	Q 20,025.27	Q 21,432.23	23
Q	21,432.23	Q 22,839.20	Q 24,246.16	19
Q	24,246.16	Q 25,653.13	Q 27,060.09	13
Q	27,060.09	Q 28,467.06	Q 29,874.02	10
Q	29,874.02	Q 31,280.99	Q 32,687.95	6
Q	32,687.95	Q 34,094.92	Q 35,501.88	1
Q	35,501.88	Q 36,908.85	Q 38,315.81	2
Q	38,315.81	Q 39,722.77	Q 41,129.74	0
Q	41,129.74	Q 41,129.74	y mayor...	1

Al juzgar el histograma pareciera que siguiera un comportamiento normal alrededor del intervalo denotado por la marca de clase Q17, 211.34 con leve sesgo en la cola derecha. Los intervalos parecen distribuirse normalmente formando la campana de Gauss. A continuación las estadísticas descriptivas:

Tabla 24: Estadísticas descriptivas costo evitable diario

Suma de Costo Total	
Media	18399.22586
Error típico	477.0797002
Mediana	17599.93821
Moda	#N/A
Desviación estándar	6400.695842
Varianza de la muestra	40968907.26
Curtosis	0.572237906
Coefficiente de asimetría	0.642308931
Rango	36581.08055
Mínimo	4548.658629
Máximo	41129.73918
Suma	3311860.654
Cuenta	180

Se puede apreciar una media de Q18, 399.23 que justamente se encuentra dentro de la marca de clase de Q17, 211.34. Tanto la curtosis como el coeficiente de asimetría son cercanos a cero, siendo ambos menores a 0.65; por lo tanto, parecen tener los datos una distribución normal alrededor de la media. Ahora, el gráfico de probabilidad normal:



Gráfica I: Gráfico de probabilidad normal costo evitable diario

Se aprecia una línea recta que corta el eje y cerca del valor tentativo de media. Parece tener una distribución normal el costo evitable diario así que se procederá con la prueba estadística:

Población= 180  
 Media= 18,399.23  
 Desv. Estándar= 6,400.70  
 Significancia= 0.95  
 Alpha= 0.05

- 1)  $\mu$
- 2)  $H_0: \mu = 20000$
- 3)  $H_a: \mu \neq 20000$
- 4)  $\alpha = 0.05$
- 5)  $Z = 3.36 > 1.96 \text{ -----} \rightarrow$  La media de la población es Q20,000.00

Según la prueba estadística anterior se puede asumir con respaldo estadístico que el costo evitable diario normal es de Q20, 000.00 con una significancia del 95% que quiere decir que es válido para el 95% de la población y tiene un error aceptado de 5%. Tanto el valor de la significancia como la del valor de error aceptado fueron los elegidos según el nivel de seguridad que se pretendía tener sobre la media del costo evitable diario. La siguiente tabla muestra el % de participación de cada máquina y su valor monetario en el costo evitable total de las coextrusoras:

Tabla 25: Costo evitable por máquina del grupo de coextrusoras

	EXT-23	EXT-26	EXT-27
% participación	27.30%	22.04%	50.65%
Costo evitable	Q 5,460.86	Q 4,408.26	Q 10,130.88

## XII. PRUEBA PILOTO DE MEJORA DE DESEMPEÑO PRODUCTIVO VÍA MAYOR SUPERVISIÓN

Se pensó que el personal podría tener un estímulo de mayor productividad vía mayor supervisión. La EXT-26 se trabajó mediante la vía de mayor supervisión. Los de la EXT-26 se les instalaron cámaras de seguridad que la empresa tenía en desuso por estar averiadas en su lugar de trabajo e informó que cada una de sus acciones laborales iba a ser monitoreada por sus supervisores. La finalidad con el grupo fue simular los efectos que tendría en su comportamiento mayor supervisión sea ya vía más supervisores en el piso de producción o cámaras de supervisión. Si su desempeño productivo empeoraba, se les iba a llamar la atención a frecuencia diaria supervisores y el jefe del departamento. Esto tomó lugar en el mes de julio del año 2013 y de la misma forma en la que se recopiló la información de la situación actual en base a los primeros 6 meses del año. De igual forma de obtuvieron los indicadores que ya se definieron.

Luego se procedió a analizar los resultados de la prueba en el grupo de la EXT-26, obteniendo lo siguiente:

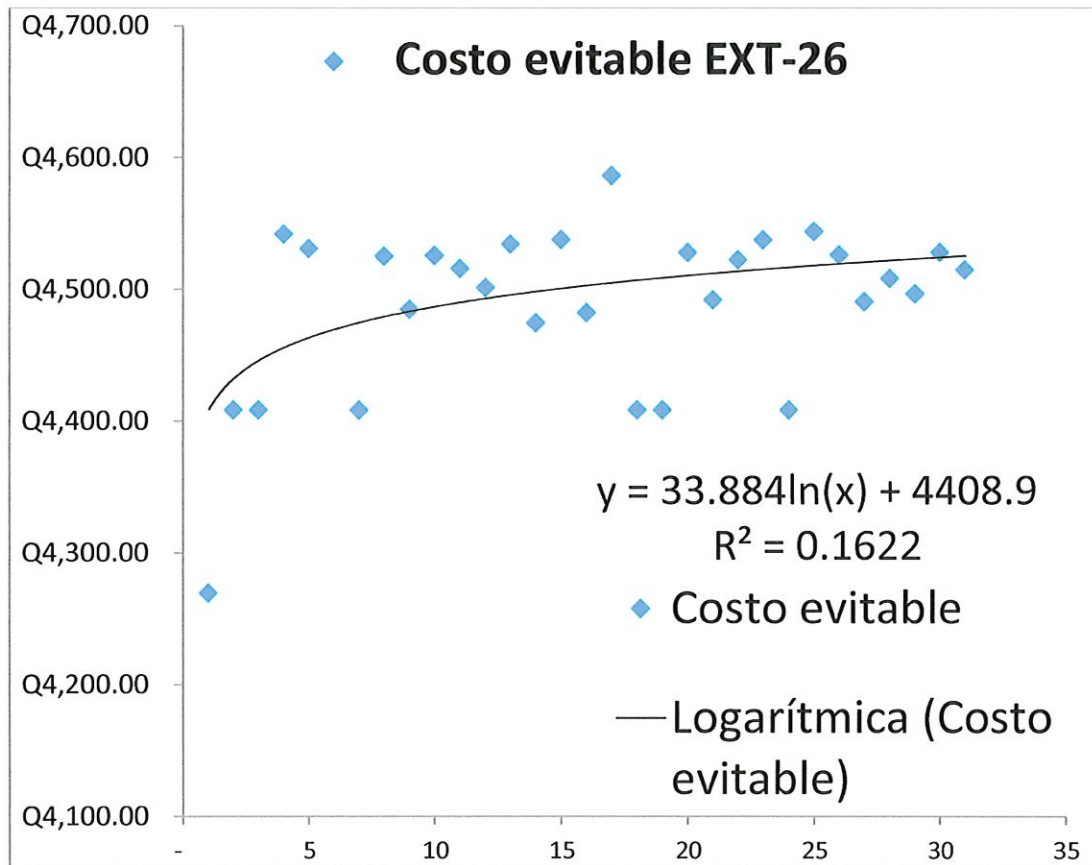
Tabla 26: Resultados indicadores monitoreados durante prueba piloto EXT-26

Resultados prueba piloto – Incentivos				
Máquina	Tiempo	% desperdicio	% tiempo Set Up	% tiempo Evitable
EXT-26	Enero-junio	3.82%	4.00%	3.36%
	1a Semana julio	4.40%	3.03%	2.03%
	2a Semana julio	4.44%	5.21%	4.41%
	3a Semana julio	4.22%	3.72%	3.32%
	4a Semana julio	4.25%	4.72%	4.48%

Este sólo obtuvo al menos uno de los tres indicadores monitoreados en los cuatro periodos de medición, que fueron durante la primera y la tercera semana de Julio. El comportamiento errático se mantuvo en el costo evitable diario:



Gráfica 2: Costo evitable durante prueba piloto EXT-26



Se puede observar que efectivamente el comportamiento es errático alrededor del costo evitable normal obtenido anteriormente que era alrededor de Q4408.00 lo que básicamente demuestra que se mantuvo el mismo comportamiento de los primeros seis meses del 2013 pese que el grupo fue expuesto a un ambiente de mayor control al acostumbrado. Las siguientes estadísticas descriptivas sustentan lo anterior:



Tabla 27: Estadísticas descriptivas costo evitable durante prueba piloto EXT-26

Costo Evitable EXT-26	
Media	4,494.28
Error típico	12.89070644
Mediana	4,514.68
Moda	4408.38815
Desviación estándar	71.77
Varianza de la muestra	5151.279686
Curtosis	2.82
Coficiente de asimetría	-0.76600116
Rango	403.71
Mínimo	4269.452545
Máximo	4,673.17
Suma	139322.621
Cuenta	31

Efectivamente la media se aleja 1.95% del costo normal evitable obtenido anteriormente en el estudio. Luego, la desviación estándar es el 1.60% de la media obtenida durante la prueba lo que indica poca variabilidad en el fenómeno. Finalmente los coeficientes de curtosis y asimetría en general insinúan un comportamiento pese a que el primero se encuentra en el límite según la bibliografía para insinuar normalidad en el comportamiento de datos, esto sucede por la existencia de datos que atípicamente se alejan del comportamiento del resto de bloque de datos como los obtenidos en el día 1, 4, 17, entre otros del estudio.

Los resultados entonces así de la prueba piloto indican que el personal con supervisión fue indiferente frente a la supervisión extra a la normal en su trabajo mostrando en general el mismo comportamiento de las coextrusoras que se identificó en el primer semestre del 2013.

### XIII. PRUEBA PILOTO DE MEJORA DE DESEMPEÑO PRODUCTIVO VÍA INCENTIVO

Se decidió que el personal podría tener un estímulo de motivación vía incentivos. La EXT-23 se trabajó bajo la motivación de incentivos. Se les ofreció un almuerzo en un restaurante de comida rápida cercano a la planta de producción el día después del periodo de medición (Semanas de 7 días para los primeros 3 periodos y el resto del mes de julio para el periodo 4) si alguno de los indicadores de: % desperdicio, % tiempo de set up y % de tiempo muerto evitable era menor que los valores de dichos indicadores en los primeros 6 meses del año 2013 durante cada uno de los periodos de medición. Esto tomó lugar en el mes de julio del año 2013 y de la misma forma en la que se recopiló la información de la situación actual en base a los primeros 6 meses del año. De igual forma se obtuvieron los indicadores que ya se definieron.

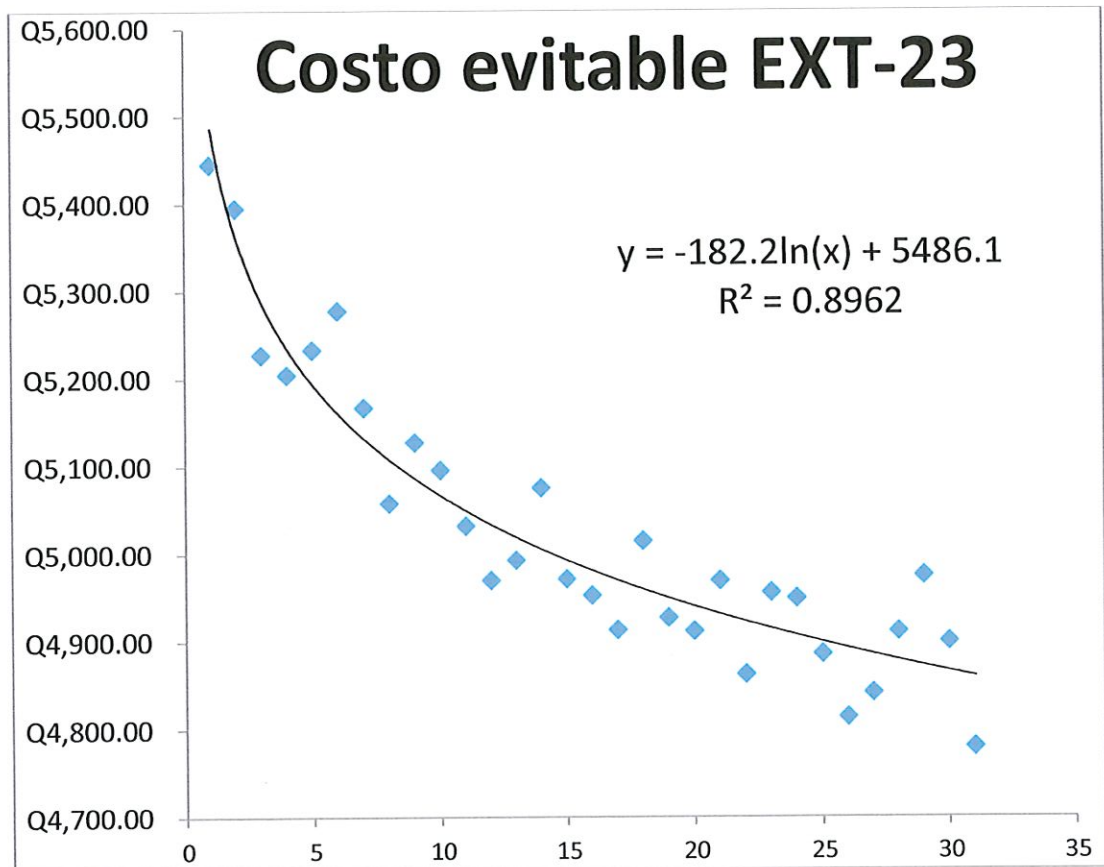
Los desempeños del personal de la EXT-23 que compete a la mejora de desempeños productivos vía la motivación mostró los siguientes resultados en los tres indicadores que se monitorearían:

Tabla 28: Resultados indicadores monitoreados durante prueba piloto EXT-23

Resultados prueba piloto - Incentivos				
Máquina	Tiempo	% desperdicio	% tiempo Set Up	% tiempo Evitable
EXT-23	Enero-junio	5.46%	3.54%	4.03%
	1a Semana julio	5.14%	3.92%	4.44%
	2a Semana julio	5.19%	3.77%	4.33%
	3a Semana julio	5.92%	2.52%	2.13%
	Finales julio	5.21%	2.63%	3.30%

Como se observa efectivamente durante cada uno de los 4 periodos de medición, el grupo mostró mejorar al menos uno de los tres indicadores a monitorear. Así que en cada uno de los cuatro periodos, el grupo compuesto por 3 operarios y 3 ayudantes ganó el incentivo que se les ofreció que fue un almuerzo de comida rápida en un restaurante cerca de la planta. Ahora bien, el costo evitable diario se comportó de manera similar a los otros 3 indicadores, la siguiente gráfica lo muestra:

Gráfica 3: Costo evitable durante prueba piloto EXT-23

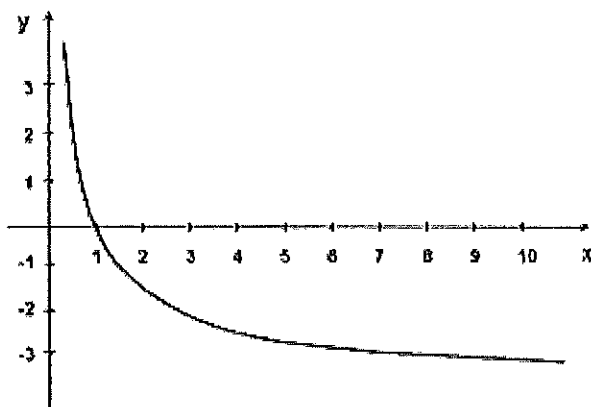


Se puede apreciar cómo el costo evitable empieza cercano al valor normal determinado a través de la prueba estadística de normalidad para la EXT-23 que resultaba ser alrededor de Q4460.00, luego disminuye de forma muy marcada los primeros días de la prueba y luego continúa ese comportamiento de disminución constante a lo largo de los días de la prueba. Pareciese que busca un punto de estabilización. El comportamiento de dicho fenómeno pareciera ser logarítmico.

Cualquier función exponencial,  $y = a^x$ , donde  $a > 0$  y  $a \neq 1$ , es una función uno a uno, es decir que a cada elemento de "x" le corresponde un valor distinto, único, de "y". La característica anterior implica que también se tiene una función inversa, ésta se llama función logarítmica con base a y se denota por  $\log_a$ . En

la Figura 1, se muestra la gráfica correspondiente a la función  $y = \log_{0.5} x$ , la cual es una función con pendiente negativa, es decir, los valores de  $y$  disminuyen conforme aumentan los valores de  $x$ . (Becerra, 2004)

Figure 1: Gráfica correspondiente a la función  $y = \log_{0.5} x$

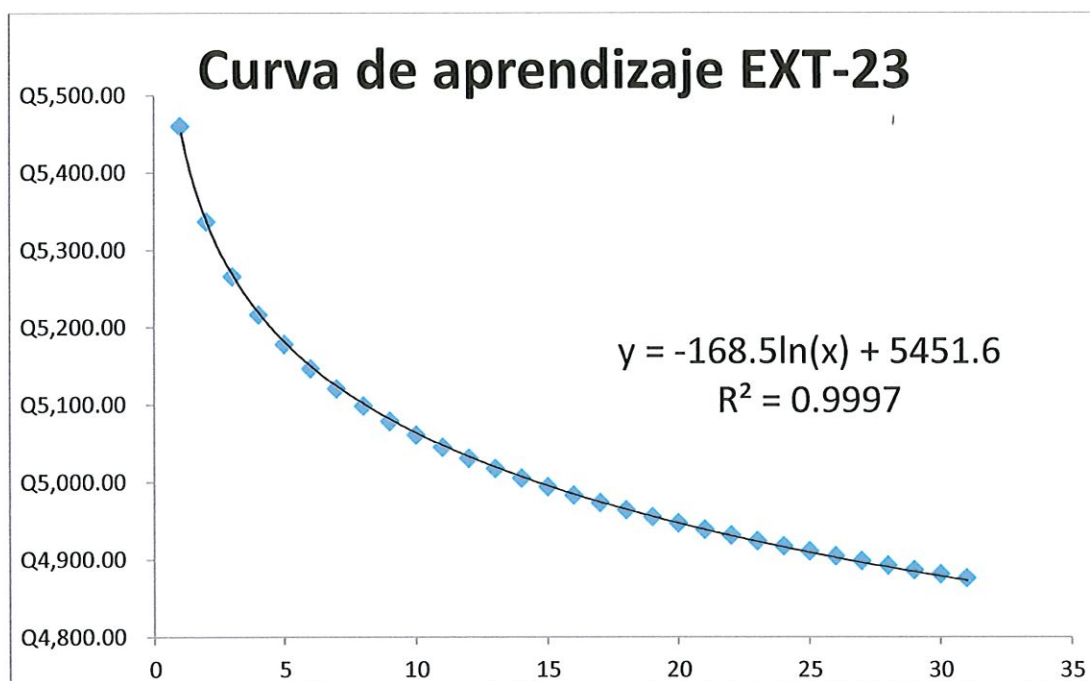


Justamente al realizarse una regresión logarítmica se obtiene un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) cercano a 0.9 lo que involucra que el modelo que sugiere la regresión explica el 90% del fenómeno. Según bibliografía y referencias profesionales, un 90% como coeficiente de determinación en un fenómeno como esté demuestra que sí existe un comportamiento logarítmico en el mismo.

El porqué del comportamiento logarítmico del fenómeno se explica mediante la existencia de una curva de aprendizaje por parte del grupo al procurar reducir los tres indicadores monitoreados en comparación al periodo de medición anterior. La curva de aprendizaje es una línea que señala el nexo que existe entre el costo de la mano de obra y las utilidades adicionales de producción. La pendiente de dicha curva es negativa, indicando que el costo adicional por unidad desciende conforme aumenta el nivel de producción, mostrando que los empleados mejoran con la práctica. La reducción en el costo a partir de dicha fuente característica de mejoramiento a menudo es conocida como *efecto de curva de aprendizaje*. La fórmula matemática para determinar el patrón de reducción en el costo de mano de obra con base en una disminución porcentual seleccionada:  $Y_x = Kx^n$ , donde:  $Y_x$  = unidades de factor (horas de trabajo) o costo de producir la unidad  $x$ ,  $K$  = unidades de factor o costo de producir la  $k$ -ésima unidad (generalmente la primera),  $x$  = unidad de producto (la unidad  $x$ ),  $n = \log S / \log 2$  y  $S$  = parámetro de la pendiente. (Keat & Young, 2004)

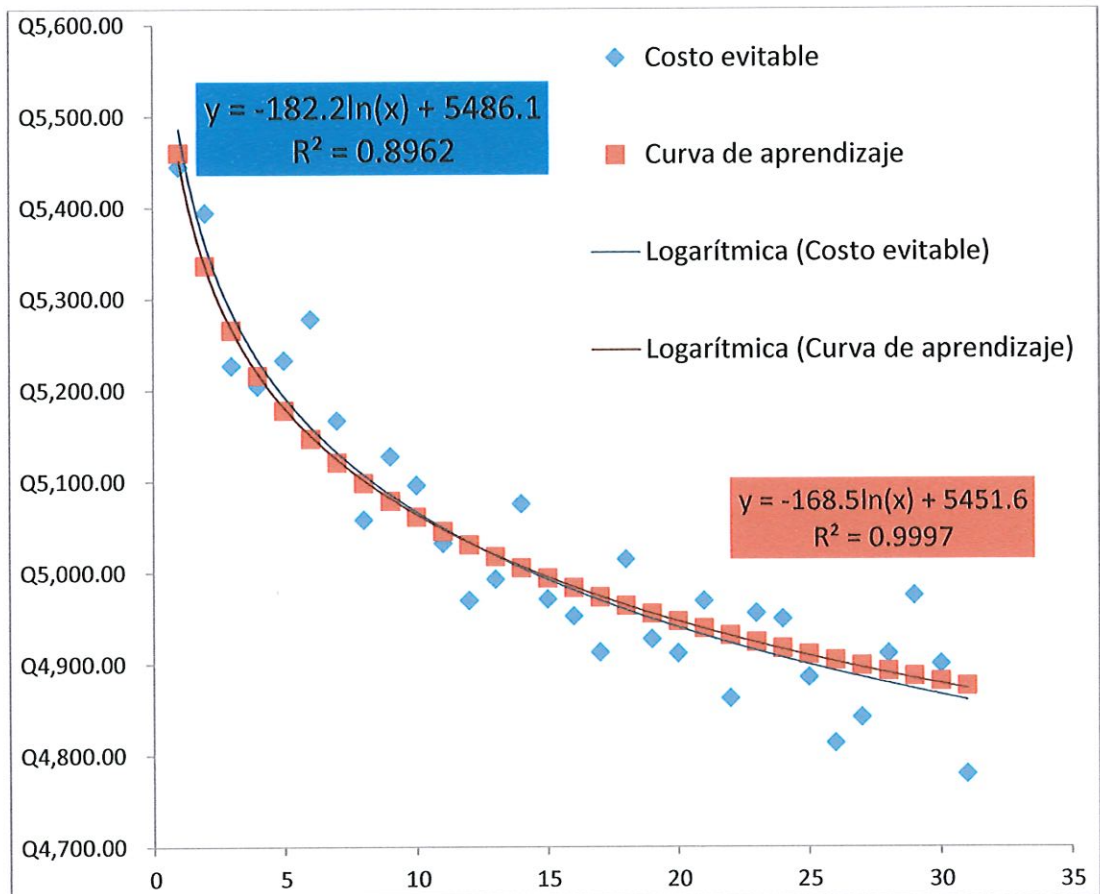
En este caso se tomó la curva de aprendizaje del costo evitable diario con respecto al día de medición de la prueba piloto. Entonces así se procedió a determinar el porcentaje de aprendizaje de la curva de aprendizaje del fenómeno mediante la obtención de residuos que son la diferencia entre el valor real y el esperado según la curva de aprendizaje a un cierto porcentaje. La sumatoria de todos los residuos se buscó que fuera cero y el porcentaje de aprendizaje lo lograra eso sería el que mejor describiera el fenómeno. A continuación la gráfica de la curva de aprendizaje del fenómeno y luego una comparación de ella con los valores reales:

Gráfica 4: Curva de aprendizaje - Costo evitable durante prueba EXT-23





Gráfica 5: Costo evitable diario EXT-23 durante prueba vs Curva de aprendizaje



Como se aprecia en la última gráfica, el fenómeno real debido a su comportamiento logarítmico tiene cabida a calcularse una curva de aprendizaje que lo describa con significativa representatividad. La curva de aprendizaje que mejor describe el fenómeno es una que tiene como primera medición el costo evitable diario para la EXT-23 según el análisis de normalidad y un porcentaje de aprendizaje de 97.74%. Mediante estos atributos de las cualidades de aprendizaje, la sumatoria de los residuos diarios a lo largo de la prueba es igual a cero.

Resumiendo, se realizó una prueba piloto compuesta de dos grupos de similares condiciones que son los colaboradores de la EXT-23 y la EXT-26. Como se puede apreciar en la situación actual de las coextrusoras, los desempeños de sus indicadores son muy similares así como lo son también la naturaleza de los equipos de trabajo (3 equipos compuestos por operador-ayudante que trabajan turnos 4\*2 para mantener la máquina trabajando 24 horas al día, todos los días). Se hizo la prueba piloto de esta manera para comparar similares grupos de trabajo en similares máquinas bajo dos formas diferentes de mejorar su desempeño productivo. No se hizo para todas las coextrusoras y todos los equipos de trabajo porque primero en términos de gastos para el estudiante que realizó el estudio se triplicaban y segundo se consideró que ambos grupos involucrados para la prueba piloto brindarían la suficiente información para determinar el comportamiento de la gente frente a la motivación y la supervisión. Los resultados fueron positivos para los motivados vía incentivos y contraproducentes para los expuestos a mayor supervisión.

## XIV. SISTEMA DE INCENTIVOS

Alfredo Caso Neira (2003: 13) define un incentivo como: «una parte variable del salario o un reconocimiento que premia un resultado superior al exigible. Este resultado exigible se debe obtener a cambio de un salario fijo; es responsabilidad de la empresa que así sea. La obtención de un resultado superior al exigible es voluntaria, por lo que puede ser incentivada y tiene que ser pactada. El resultado es una cifra que corresponde a un determinado nivel de actuación, bien globalmente, según el trabajo desempeñado, o bien fijándose en algunos aspectos concretos del mismo»

Luego, Alfredo Caso Neira (2003: 114-115) establece un sistema de incentivos como: «un conjunto de reglas o principios que permiten desarrollar métodos para lograr la participación de los trabajadores en la producción de bienes. Se puede definirlo, también, como un algoritmo que relaciona la cantidad a pagar, con el resultado de la actuación que da lugar al incentivo»

Según Alfredo Caso Neira (2003: 117) las ventajas de los salarios con incentivos son: «el aumento del rendimiento en el trabajo, que se obtiene beneficia no sólo a los trabajadores sino también a las empresas, que producen con menores costos, y a los consumidores, que pueden adquirir productos más baratos.»

Alfredo Caso Neira (2003) enumera las siguientes condiciones para que los sistemas de incentivos sean eficaces:

- Deben de ser justos: Deben de establecerse con la única intención de estimular a los trabajadores, pero sin forzarlos a realizar esfuerzos excesivos ni exponerlos a un accidente. Deben proporcionar a los trabajadores remuneraciones proporcionales con su capacidad de trabajo y a su esfuerzo, sin que resulte que un trabajador incapacitado obtenga mayores ingresos de otro lado normal trabajando su jornada de trabajo.
- Deben ser sencillos y claros: Su establecimiento y funcionamiento debe ser económico.
- Deben ser eficientes: Debe estar bien calculado el tiempo tipo.
- Debe ser bien conocido el tiempo estándar por todos los trabajadores antes de comenzar los trabajos.
- Debe poder calcularse rápidamente los rendimientos de cada operario y facilitárselos a ser posible de un día para otro
- Deben pagarse las primas sin ningún retraso para que sirvan como estímulo del trabajo. (p.117-118)

Alfredo Caso Neira (2003) establece tres tipos de sistemas de incentivos:

- **Sistemas progresivos:** El esfuerzo para conseguir un resultado es tanto mayor cuanto más cercano esté al resultado óptimo y, por tanto, haya que remunerarlo más.
- **Sistemas regresivos:** El esfuerzo para conseguir un resultado es tanto menor cuanto más cercano esté al resultado óptimo y, por tanto, haya que remunerar menos.
- **Sistemas lineales:** Existe proporcionalidad entre el incentivo correspondiente a un determinado resultado y la diferente entre éste y el exigible.

Los tres sistemas tienen en común que el incentivo parte de un resultado exigible y tienen un máximo alcanzable al llegar al resultado óptimo, esta es una norma que no debe soslayarse.

Los nombres propios utilizados son una referencia a los sistemas más conocidos o típicos, pero no son limitativos de las probabilidades de cada concepto (p.118-127)

El siguiente cuadro muestra un resumen del sistema lineal de incentivos propuesto y luego se aborda punto a punto del sistema:

Tabla 29: Resumen sistema de incentivos

RESUMEN SISTEMA DE INCENTIVOS	
Participantes	Operadores y ayudantes coextrusoras
Administración sistema	Jefe de extrusión, supervisores y encargada de planillas
Meta	Costo evitable diario subestimado con respecto al desempeño pronosticado
Incentivo fijo	Q40.00 operador y Q20.00 ayudante
Incentivo variable	25% exceso de ahorro versus meta
Condición de pago de incentivos	Cumplir con los ahorros pronosticados para el periodo de medición
Periodo de medición 1	día 4 - día 16
Pago periodo 1	día 17
Periodo de medición 2	día 17 - día 3 siguiente mes
Pago periodo 2	día 4

Primero, el sistema de incentivos va a ir dirigido a motivar a los operadores de las coextrusoras que están compuestos por operadores y ayudantes. Luego, quién comunicará sus objetivos productivos a los colaboradores será el jefe del departamento de extrusión la empresa. Los supervisores serán quienes llevarán la reportería y el seguimiento de los objetivos en función de retroalimentar a los colaboradores sobre su desempeño. Finalmente, la encarga de planilla de Recursos Humanos será el que reciba los reportes de desempeño de los supervisores y realizarán el pago de los incentivos.

Ahora, la meta será para el equipo que está involucrado en la operación de cada una de las coextrusoras y el indicador a medir y sobre el cual girará el sistema de incentivos será el costo evitable. Al alcanzar la meta establecida, el equipo alcanzará un incentivo de cantidad fija; luego, los ahorros a los que incurra el equipo extras a la meta establecida contarán para un incentivo variable. La base de seguimiento será a frecuencia diaria, lo que significa que diariamente el equipo tiene la opción de alcanzar el incentivo por alcanzar la meta fija planteada para ese día. También se llevará el ahorro acumulado de la semana que según el turno de trabajo de los colaboradores consta en 4 días de trabajo de 12 horas cada uno. Los incentivos serán cantidades monetarias extras a las que ya devengan y se pagaran en la semana que ellos no perciben quincena. Debido a que perciben pago de quincena los días 10 y 25 de cada mes; los incentivos comprendidos del 4 al 16 se pagaran el día 17 y los del 17 al 3 del siguiente mes el día siguiente (día 4).

El horizonte temporal del sistema de incentivos es 1 año. La meta de costo evitable se modificará al termino de la primera semana, luego a la primera quincena, primer mes, primer trimestre y primer semestre. La cantidad del incentivo representará el 25% del salario que el operador y que el ayudante que más salario perciben que básicamente son Q40.00 diarios para los operadores (que es el 25% de lo que perciben mensualmente que es Q4, 030.20 máximo dividido 30 días del mes) y Q20.00 para los ayudantes (que es el 25% de lo que perciben mensualmente que es Q2, 172.00 máximo dividido 30 días del mes). El incentivo fijo se alcanza diariamente. El ahorros acumulados sobre la meta diaria se suman a lo largo de la semana laboral (4 días de trabajo seguido por 2 de descanso) de cada equipo que operan cada coextrusora; al final de dicha semana laboral si se alcanzaron a través de los 4 días los ahorros que se tenían pronosticados esa semana, se pagan los incentivos fijos del equipo y un % de los ahorros que sobrepasaron la meta que es el 25% de dicho exceso de ahorro repartido proporcionalmente entre el salario devengado de cada miembro del equipo. Si en su defecto, no se alcanzan los ahorros pronosticados para esos 4 días, no se paga ningún incentivo.

El sistema de incentivos se dirigió solamente al personal operativo directo de las coextrusoras porque de ellos depende esencialmente mejorar el desempeño productivo mediante la reducción de fenómenos evitables y la parte evitable del set up. Se decidió que el jefe comunicara los objetivos del sistema porque es a quién tiene autoridad para ello; el seguimiento para los supervisores porque se encuentra dentro de sus



funciones. Se decidió trabajar únicamente sobre el costo evitable diario para que sea más sencillo de gestionar alrededor del indicador, aparte que es el único que engloba los indicadores que se buscan mejorar (% desperdicio, % tiempo set up, % tiempo muerto evitable) para que los resultados del departamento sean mejores. Se decidió aparte de poner un objetivo fijo, otro variable para que en el día a día los colaboradores no tengan límites para mejorar su desempeño mas sí mínimos. Se utilizó la base de seguimiento diaria porque entre menor sea el tiempo de retroalimentación, el personal involucrado está más informado sobre cómo lo están haciendo. Además, el hecho que la base de seguimiento sea diaria, da una razón y meta en el día a día de colaboradores que indudablemente le darán un sentido y guía a su trabajo. Los periodos de evaluación y fechas de pago son en semanas que los colaboradores no perciben salario para aumentar la sensación que los incentivos son netamente extras por su esfuerzo y aliviar las dificultades económicas que ellos pasan durante esas fechas.

El horizonte es un año para someterlo a evaluación y decidir si continúa el sistema de incentivos o no. En caso de funcionar, se evaluará su continuación durante otro año; o en su defecto, no se tomará en cuenta. La manera en la cual se dispuso el cambio de metas del sistema es para constantemente retar al personal operativo a mejorar y los tiempos de cambio de meta son mayores en la medida que se van cambiando para ajustarlas al comportamiento logarítmico de una curva de aprendizaje. Ahora, se consideró un 25% de aumento en el salario máximo percibible por los colaboradores porque se consideró que es lo suficientemente atractivo para el colaborador y beneficioso para la empresa. La regla para pagar los incentivos fijos acumulados y los variables sobre el exceso de ahorro se desarrolló para incentivar la constancia en los resultados y que no sólo el día de los colaboradores tenga una meta y sentido; también que su semana lo tenga. Se decidió el 25% sobre los ahorros que sobrepasen la meta porque así en promedio a lo largo del proyecto los colaboradores percibirán alrededor de un 10% extra sobre los incentivos fijos que alcancen y se considera que es lo suficientemente atractivo para que el personal tenga la intensión de sobrepase las metas establecidas.

## XV. ANÁLISIS FINANCIERO

Un análisis financiero es un estudio de los ingresos, costos y la rentabilidad de empresas individuales, tomando en consideración todos los factores de producción como pagados a precios corrientes del mercado. Permite delimitar la capacidad financiera que tiene una empresa para llevar a cabo un proyecto. (Brigham & Houston, 2009)

### A. TASA MÍNIMA ATRACTIVA DE RETORNO (TMAR)

Primero, se averiguó si la empresa contaba con tasa mínima aceptable de retorno (TMAR). Sucedió que la empresa no contaba con una así que se procedió a calcular una para ella desglosada en la siguiente tabla:

Tabla 30: Componentes TMAR

TMAR	
Componente	Tasa
Tasa de interés pasiva ahorro seguro en GT	7.50%
Tasa retorno esperada	6.00%
Tasa de inflación	5.25%
Tasa de riesgo país	4.88%
<b>Total anual</b>	<b>23.63%</b>
<b>Total mensual</b>	<b>1.97%</b>

La tasa anterior está compuesta por tasa pasiva de Guatemala (Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano, 2013) , la tasa de retorno esperada brindada por el Gerente Financiero de la empresa, la tasa de inflación pronosticada (Consultores para el Desarrollo Empresarial, 2010) y la tasa de riesgo país (Asociación Guatemalteca de Exportadores, 2013)

### B. ANÁLISIS VALOR PRESENTE NETO (VPN)

El valor presente neto (VPN), está basado en la técnica del flujo de efectivo descontado (FED). Se implementa como sigue. Lo primero es determinar el valor actual de los flujos de efectivo: ingresos y egresos descontados al costo del capital del proyecto. Seguidamente se adicionan los flujos descontados, en donde el total es el valor presente neto del proyecto. Por último se evalúa, si el VPN es positivo, el proyecto es aceptado, pero si es negativo entonces se rechaza. (Brigham & Houston, 2009)

La finalidad de este análisis es determinar el valor de un flujo de efectivo en un momento del tiempo. En este caso el momento del tiempo se estimó en el inicio del proyecto. Para alcanzar este resultado primero se tuvo que calcular tanto los ingresos como los egresos del proyecto.

Los ingresos mejor definidos como beneficios del proyecto se determinaron mediante la diferencia entre el costo evitable diario normal de las coextrusoras que según el estudio de normalidad es Q20,000 y el costo evitable pronosticado. El último se calculó mediante el modelo de curva de aprendizaje con un % de aprendizaje del 97.74% que se obtuvo durante la prueba piloto.

Ahora los egresos son más complejos al tener cuatro componentes que sumados representan los flujos negativos del sistema de incentivos: pago de incentivos fijos, pago de incentivos variables, costo de la administración del sistema y costo de capacitación para el personal involucrado en el sistema.

Los incentivos fijos se pronostica que se paguen en su totalidad cada uno de los días de la vida del sistema debido que la meta está subestimada con respecto al costo evitable pronosticado según la curva de aprendizaje. Las metas cambian de la siguiente forma:

Tabla 31: Metas de costo evitable

Punto de cambio	Meta EXT-23	Meta EXT-26	Meta EXT-27	Meta coextrusoras
Inicio	Q 5,400.00	Q 4,400.00	Q 10,200.00	Q 20,000.00
Primera semana	Q 5,064.34	Q 4,126.50	Q 9,565.98	Q 18,756.83
Primera quincena	Q 4,938.64	Q 4,024.08	Q 9,328.54	Q 18,291.26
Primer mes	Q 3,933.13	Q 9,117.72	Q 17,877.88	Q 2,122.12
Primer trimestre	Q 4,655.27	Q 3,793.18	Q 8,793.29	Q 17,241.74
Primer semestre	Q 4,550.06	Q 3,707.46	Q 8,594.56	Q 16,852.08

Se aprecia cómo ellas cambian logarítmica también a lo largo del tiempo y, nuevamente, se encuentra subestimada con respecto al costo evitable pronosticado según la curva de aprendizaje para que en los cálculos del sistema los operadores perciban los incentivos y se mantengan motivados a través de ellos. Según lo investigado sobre el sistema de incentivos, ellos tienen que ser alcanzables mediante un esfuerzo plausible para mantener al personal motivado. Que el personal alcance las metas, representan los siguientes incentivos fijos diarios:



Tabla 32: Incentivos fijos del sistema

Personal	Incentivo	
EXT-23	Q	180.00
EXT-26	Q	180.00
EXT-27	Q	240.00
<b>Total coxtrusoras</b>	<b>Q</b>	<b>600.00</b>

Luego se encuentran los incentivos variables a pagar que son el 25% de exceso de ahorro con respecto a la meta. Se realizó su cálculo a base diaria debido que el costo evitable pronosticado cambia a base diaria. Ahora le sigue los costos de administración del sistema de incentivos que pese a que dichas posiciones ya existen dentro de la empresa se encuentran ya contratadas, se contabilizan dentro del análisis económico del sistema de incentivos porque representan un costo dentro del mismo ya que sin ellos el sistema propuesto no funcionaría. La siguiente tabla resume los costos administrativos y arroja el costo diario de los mismos:

Tabla 33: Costo administración sistema de incentivos

ADMINISTRACIÓN SISTEMA DE INCENTIVOS				
Código	Nombre	Puesto	Salario Nominal	Salario Real
1869	Jose Luis Aguilar Tomás	Supervisor	Q 2,407.91	Q 3,639.87
1821	Jorge Enrique Gonzalez Lara	Supervisor	Q 2,407.91	Q 3,639.87
288	Miguel Batres	Supervisor	Q 5,000.00	Q 7,244.17
15	Felix García	Jefe de Extrusión	Q 15,000.00	Q 21,149.17
265	Flory Nelvi	Encargada Planillas RRHH	Q 2,171.75	Q 3,311.49
			<b>Costo Mensual</b>	<b>Q 38,984.56</b>
			<b>Costo Diario</b>	<b>Q 1,281.68</b>

Luego le sigue la capacitación que tiene dos componentes: el costo de la capacitación per sé y el costo del pago de hora doble de cada miembro del personal porque las capacitaciones sobre el sistema se impartirán durante los días de descanso de cada individuo según el horario 4\*2. Consultado con AGEXPORT que tiene el servicio de capacitaciones se cotizó a Q2,500.00 la hora de capacitación. El programa involucra 72 horas (24 horas por equipo de máquina) de capacitación inicial para el personal involucrado en el sistema y luego un seguimiento de 3 horas mensuales (1 hora por equipo). Después a esto se le recarga el costo de las horas hombre dobles a pagar a los colaboradores por asunto de capacitaciones que resultan ser alrededor de Q15,534.00 para la capacitación inicial y luego Q647.29 en cada uno de los meses debido que las capacitaciones serán en horario de descanso en sus turnos para no afecta el desempeño productivo de las máquinas. La siguiente tabla muestra el desglose de los egresos del sistema de incentivos mensualmente:

Tabla 34: Desglose egresos sistema de incentivos

Periodo	Incentivos Fijos	Incentivos variables	Administración	Capacitación	
				Outsourcing	Pago horas dobles
0				Q 179,892.16	Q 15,642.80
Enero	Q 18,600.00	Q 2,346.18	Q 39,732.08	Q 7,639.26	Q 664.28
Febrero	Q 16,800.00	Q 1,638.98	Q 35,887.04	Q 6,899.97	Q 600.00
Marzo	Q 18,600.00	Q 3,932.19	Q 39,732.08	Q 7,639.26	Q 664.28
Abril	Q 18,000.00	Q 661.04	Q 38,450.40	Q 7,392.83	Q 642.85
Mayo	Q 18,600.00	Q 1,797.23	Q 39,732.08	Q 7,639.26	Q 664.28
Junio	Q 18,000.00	Q 2,396.42	Q 38,450.40	Q 7,392.83	Q 642.85
Julio	Q 18,600.00	Q 383.55	Q 39,732.08	Q 7,639.26	Q 664.28
Agosto	Q 18,600.00	Q 1,010.81	Q 39,732.08	Q 7,639.26	Q 664.28
Septiembre	Q 18,000.00	Q 1,497.29	Q 38,450.40	Q 7,392.83	Q 642.85
Octubre	Q 18,600.00	Q 2,021.38	Q 39,732.08	Q 7,639.26	Q 664.28
Noviembre	Q 18,000.00	Q 2,367.69	Q 38,450.40	Q 7,392.83	Q 642.85
Diciembre	Q 18,600.00	Q 2,734.48	Q 39,732.08	Q 7,639.26	Q 664.28
<b>Total</b>	<b>Q 219,000.00</b>	<b>Q 22,787.25</b>	<b>Q 467,813.20</b>	<b>Q 269,838.24</b>	<b>Q 23,464.20</b>

Todo lo anterior representan los componentes de los egresos que restándolos a los “ingresos” (mejor denominados beneficios) son el “flujo de efectivo” del proyecto (mejor denominado flujo de beneficios) mostrado en el siguiente gráfico seguido de la tabla que muestra el análisis de valor presente neto (VPN) utilizando la tasa mínima atractiva de retorno de 23.63%.



Gráfica 6: Flujo de efectivo - Sistema de incentivos

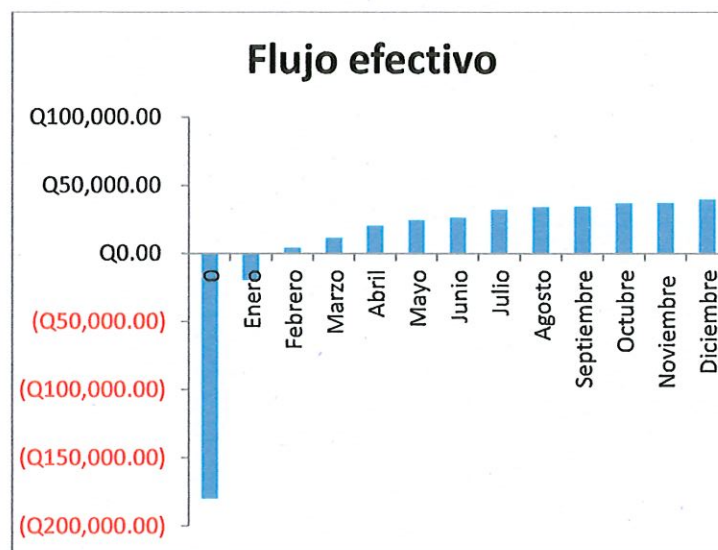


Tabla 35: Análisis VPN - Sistema de incentivos

VALOR PRESENTE NETO				
Periodo	Ingresos	Egresos	Flujo	VPN
0		Q 195,534.96	(Q179,892.16)	(Q179,892.16)
Enero	Q 49,205.35	Q 69,015.71	Q (19,810.36)	Q (19,695.52)
Febrero	Q 65,975.28	Q 61,856.62	Q 4,118.65	Q 3,987.96
Marzo	Q 82,150.62	Q 70,601.72	Q 11,548.90	Q 10,991.61
Abril	Q 85,392.01	Q 65,179.94	Q 20,212.07	Q 18,872.89
Mayo	Q 92,695.04	Q 68,466.76	Q 24,228.28	Q 22,182.73
Junio	Q 93,112.84	Q 66,915.32	Q 26,197.52	Q 23,516.84
Julio	Q 99,119.87	Q 67,053.08	Q 32,066.79	Q 28,225.79
Agosto	Q 101,628.90	Q 67,680.34	Q 33,948.56	Q 29,289.19
Septiembre	Q 100,426.91	Q 66,016.19	Q 34,410.72	Q 29,108.15
Octubre	Q 105,671.19	Q 68,690.91	Q 36,980.28	Q 30,670.54
Noviembre	Q 103,908.53	Q 66,886.59	Q 37,021.93	Q 30,105.24
Diciembre	Q 108,911.95	Q 69,404.01	Q 39,507.94	Q 31,498.23
<b>Total</b>				<b>Q58,861.51</b>

Como se aprecia en la gráfica anterior, el proyecto respeta un comportamiento económico típico de uno de inversión al tener una fuerte inversión inicial y una serie de beneficios posteriores. Luego, la tabla del análisis VPN muestra un valor de Q58,861.51 de beneficios en el momento de incurrir dentro del proyecto de inversión. Lo anterior involucra que económicamente es factible el sistema de incentivos.

### C. ANÁLISIS DE TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

De igual forma se procedió a realizar el análisis de tasa interna de retorno (TIR) del proyecto. La tasa interna de retorno (TIR), está definida como la tasa de descuento que iguala el valor que se tiene de los ingresos de efectivo y el de los costos de un proyecto. (Brigham & Houston, 2009)

Al obtener la Tasa Interna de Retorno (TIR) mensual resulta ser 4.29%.

Al comparar la TIR (4.29%) contra la TMAR (1.97%) de la empresa, es mayor la TIR así que el proyecto es económicamente viable desde la perspectiva de la empresa.

### D. PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio es el ingreso total que es igual al costo total, utilidad 0. Por lo que si se conoce el punto de equilibrio puede deducirse fácilmente que todo volumen de producción y ventas que está por arriba del punto de equilibrio es reflejo de ganancia, mientras que si el valor de producción y ventas está por debajo del punto de equilibrio, se tendrán pérdidas. (Anderson, Sweeney, & Williams, 2004)

La variable que más inferencia tiene en el éxito o fracaso del proyecto es el porcentaje de aprendizaje en la curva de aprendizaje del personal. Entonces así se encontró el porcentaje de aprendizaje que representa el punto de equilibrio en el análisis de VPN que resultó ser 97.89%.

Mediante toda la sección de análisis económico se alcanza que el proyecto es económicamente viable demostrado tanto por el análisis VPN como el de la TIR; claramente el porcentaje de aprendizaje es un factor al cual el proyecto es muy sensible pues leves cambios en él pueden representar un éxito sin precedentes o el fracaso del sistema de incentivos. Debido a lo anterior esta variable tiene que ser cuidadosamente monitoreada a razón diaria por el personal administrativo del proyecto.

Sin embargo si se analiza el riesgo del proyecto por tener un porcentaje de aprendizaje menor al punto de equilibrio, los gastos de incentivos fijos y variables son absolutamente dependientes del desempeño del grupo de colaboradores con respecto a la meta, el personal administrativo ya está contratado por la empresa y realizan más funciones que puramente administrar el sistema de incentivos y las capacitaciones (a excepción de la inicial) serán siendo impartidas conforme el grupo de colaboradores se desempeñen bien con respecto a la meta. Así que básicamente se puede considerar como punto de equilibrio los beneficios necesarios para cubrir los costos involucrados a la capacitación inicial de Q195,534.00 mediante el siguiente flujo de efectivo:

Gráfica 7: Flujo de efectivo - Punto de equilibrio

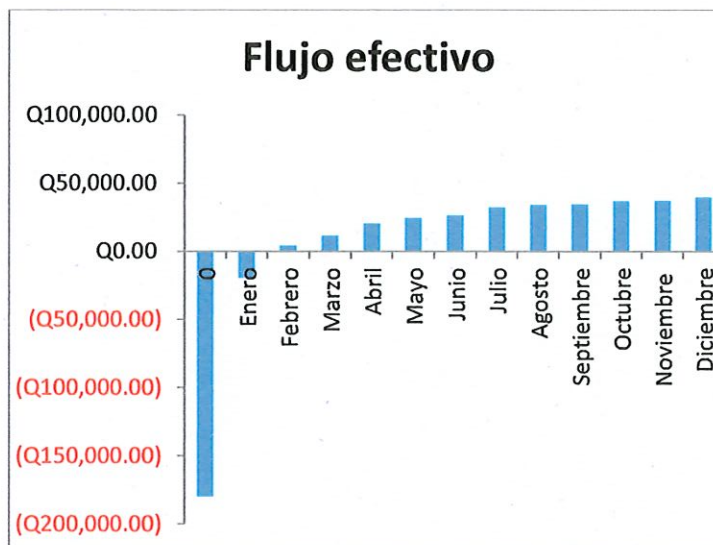


Tabla 36: Analisis VPN - Punto de equilibrio

VALOR PRESENTE NETO - PUNTO DE EQUILIBRIO				
Periodo	Ingresos	Egresos	Flujo	VPN
0		Q 195,534.96	(Q179,892.16)	(Q179,892.16)
Enero	Q 46,009.87	Q 68,865.38	Q (22,855.50)	Q (22,703.69)
Febrero	Q 61,758.52	Q 61,757.97	Q 0.55	Q (10.03)
Marzo	Q 76,941.51	Q 70,366.83	Q 6,574.68	Q 6,253.59
Abril	Q 80,006.60	Q 65,141.48	Q 14,865.12	Q 13,879.08
Mayo	Q 86,872.54	Q 68,362.63	Q 18,509.91	Q 16,946.34
Junio	Q 87,282.83	Q 66,776.94	Q 20,505.89	Q 18,406.83
Julio	Q 92,930.28	Q 67,031.29	Q 25,898.99	Q 22,796.37
Agosto	Q 95,297.34	Q 67,623.06	Q 27,674.28	Q 23,875.72
Septiembre	Q 94,182.69	Q 65,931.53	Q 28,251.16	Q 23,897.52
Octubre	Q 99,112.53	Q 68,576.85	Q 30,535.68	Q 25,325.32
Noviembre	Q 97,469.55	Q 66,753.25	Q 30,716.30	Q 24,977.50
Diciembre	Q 102,172.70	Q 69,250.26	Q 32,922.44	Q 26,247.61
			<b>Total</b>	<b>Q0.00</b>

## XVI. CONCLUSIONES

1. La recopilación de los datos productivos del departamento de extrusión de una empresa de empaque flexible guatemalteca del primer semestre del 2013 es la base para los análisis del presente estudio y sirvió para decidir enfocarse en el grupo de alta participación en la producción de tres máquinas coextrusoras.
2. La definición de los indicadores productivos: producción, porcentaje de desperdicio y porcentaje de tipo de tiempo definen la situación actual del desempeño productivo de las máquinas foco de análisis durante el primer semestre del 2013.
3. La oportunidad de mejora del desempeño productivo es a través de la reducción de los fenómenos evitables y su consecuente impacto negativo para la empresa.
4. Mediante la prueba piloto se determinó que sí existe un comportamiento de mejora del desempeño productivo, a través de los incentivos, del personal operativo de las máquinas foco en comparación al mismo antes de la prueba. Esta mejora de comportamiento puede ser descrito por una curva de aprendizaje del 97.74% tomando como primer valor el costo evitable diario normal. En la misma prueba se determinó que el personal operativo es indiferente a mayores niveles de supervisión pues mantuvieron en general los mismos desempeños productivos que antes de la prueba.
5. La estructuración de un sistema de incentivos para el personal operativo del departamento de extrusión de una empresa de empaque flexible guatemalteca es una oportunidad de mejora para la productividad de la misma mediante el principio económico ganar-ganar entre la empresa y los operadores.
6. El sistema de incentivos propuesto es viable financieramente al representar un VPN de Q58,861.51 en los 12 meses de propuesta. Una TIR resultante de 4.29% mensual que es mayor a la TMAR de la empresa guatemalteca de empaque flexible de 1.97% sustenta también la viabilidad financiera del sistema de incentivos.
7. El sistema de incentivos para el personal operativo del departamento de extrusión en una empresa guatemalteca de empaque flexible sí es factible para el personal de las máquinas foco de análisis.

## XVII. RECOMENDACIONES

1. Alcanzar en la vía de lo posible el permiso de la empresa para poder publicar la información para no tener que ocultar información dentro del trabajo que puede enriquecer más el mismo.
2. Antes de proceder a desarrollar la idea de un trabajo de graduación, comprender bien el proceso productivo el cual se tratará a la mayor profundidad plausible en un periodo de tiempo dispuesto al inicio de la planificación del trabajo para este fin. Realizarlo puede evitar serios errores de concepto en el desarrollo del trabajo.
3. Durante la recopilación de la información base del trabajo, que en este caso fueron los datos productivos del departamento de extrusión de la empresa guatemalteca de empaque flexible durante el primer semestre del 2013, realizar una revisión de ellos a base diaria para corregir errores de registro como producciones sin tiempo de producción, set ups sin desperdicio de set up, etc.
4. Tomar sumo cuidado durante la contabilización de costos y revisar que todos los costos significativos se están tomando en cuenta porque un error en esta etapa puede distorsionar fuertemente los resultados del estudio y su corrección requiere mucho trabajo para el estudiante que realiza el trabajo.
5. Al realizar la toma de tiempos, planificar muy bien la actividad antes de ejecutarla para evitar retomas de tiempo y demoras durante el mismo. Llevar listo el material donde anotar los tiempos observados y comprobar que el cronómetro está en óptimas condiciones.
6. Al realizar el cálculo del costo evitable diario normal, buscar valores redondos, como Q20,000.00, durante la prueba para que su manipulación a través del trabajo sea más sencilla.
7. Antes que la prueba piloto se ejecutó, que el estudiante tenga claro qué es lo que quiere comprobar a través de, cómo lo comprobará y con qué indicadores lo hará. Se debe procurar tener bien claro el panorama de la prueba antes de involucrar al personal que se le realizará la prueba en ello para evitar confusiones que representarían pérdida de seriedad en la prueba. En la medida de lo posible, buscar el apoyo de autoridades del personal operativo para transmitir las instrucciones de la prueba piloto. En el caso de los incentivos, cumplir con las condiciones de pago para no perder la confianza del personal operativo; en el caso de las cámaras falsas que simulan mejor supervisión, no revelar que son falsas nunca para tampoco perder la confianza del grupo.
8. En la medida de lo posible, llevar el sistema de incentivos al resto del departamento y a través de todos los departamentos productivos de la empresa.



## XVIII. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, R. (1995). *Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS*. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2004). *Métodos Cuantitativos para los Negocios* (9a. edición ed.). Costa Rica: Cengage Learning Editores.
- Arias, J. (2008). APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA UVILLA PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS CRISTALIZADOS Y CHIPS. Quito: INIAP.
- Asociación Guatemalteca de Exportadores. (2013). *Comisión de Plásticos*. Recuperado el 30 de octubre de 2013, de [www.export.com.gt](http://www.export.com.gt): <http://export.com.gt/sectores/comision-de-plasticos/>
- Becerra, J. (2004). *Matemáticas V*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Benick MachineWorks LLC. (2003). *What is a slitter? What does a slitter do?* Obtenido de What is a slitter? What does a slitter do?: <http://www.benick.com/slitter.html>
- Berenson, M., Levine, D., & Krehbiel, T. (2006). *Estadística para administración*. México: Pearson Educación.
- Brigham, E., & Houston, J. (2009). *Fundamentos de Administración Financiera* (10a. edición ed.). México: Cengage Learning Editores.
- Callister, W. D. (2007). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Volumen 2. En W. D. Callister, *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Volumen 2* (pág. 522). Barcelona: Reverté.
- Cartón tubos, S.A. (2009). *Fabricante de tubos de cartón - Cartón tubos, S.A.* Obtenido de Fabricante de tubos de cartón - Cartón tubos, S.A.: <http://cartontubos.com/>
- Caso, A. (2003). *Sistema de incentivos a la producción 2a Edición*. Madrid: Fundación Confemetal.
- CENADOJ. (2010). *Código de Trabajo*. Guatemala: CENADOJ.
- Construequipos Agroindustriales S.A. de C.V. (- de - de -). *Construequipos Agroindustriales::Mezcladoras::Mezcladoras verticales*. Obtenido de Construequipos Agroindustriales::Mezcladoras::Mezcladoras verticales: <http://www.agroin.com/MVVerticales.php>
- Consultores para el Desarrollo Empresarial. (2010). *Centroamérica Proyecciones Macroeconómicas 2011-2015*. Recuperado el 30 de octubre de 2013, de [www.copades.com.sv](http://www.copades.com.sv): <http://www.copades.com.sv/uploaded/content/category/1642537516.pdf>
- D'Souza, A. (1998). *El liderazgo efectivo* (Vol. 3). Santander, España: Editorial Sal Terrae.
- de la Fuente, D., García, N., Gómez, A., & Puente, J. (2006). *Organización de la producción en Ingenierías*. Asturias, España: Ediciones de la Universidad de Oviedo.
- Garde Belza, J. A. (- de - de -). *Guía técnica ainia de envase y embalaje complejos*. Obtenido de Guía técnica ainia de envase y embalaje complejos: <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wn/complejos?OpenDocument>
- Garde Belza, J. A. (- de - de -). *Guía técnica de envase y embalaje Tintas*. Obtenido de Guía técnica de envase y embalaje Tintas: <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wn/tintas>
- Hernández, C. (11 de Junio de 2011). *Resinas Sintéticas*. Obtenido de Resinas Sintéticas: <http://ayudaelectronica.com/resinas-sinteticas-material-no-conductor/>
- Keat, P. G., & Young, P. K. (2004). *Economía de Empresa* (4a. edición ed.). México: Pearson Educación.
- López Parejo, A., & Herrera Rivas, C. (2008). Introducción al Diseño. En A. López Parejo, & C. Herrera Rivas, *Introducción al Diseño* (pág. 211). Málaga: Publicaciones Vértice S.L.
- Medina Giopp, A. (2005). *Gestión por procesos y creación de valor público: Un enfoque analítico*. Santo Domingo, República Dominicana: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- Molinos Aztecas. (- de - de -). *Planta de alimentos - Molinos Aztecas*. Obtenido de Planta de alimentos - Molinos Aztecas: <http://molinosazteca.com/planta-de-alimentos.php?id=58>

- Olavarrieta de la Torre, J. (1999). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. México: Universidad Iberoamericana.
- POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A. (17 de Mayo de 2012). *Crece la industria de empaque flexible en América Latina / Polytec*. Obtenido de *Crece la industria de empaque flexible en América Latina / Polytec*: <http://polytec.com.gt/2012/07/crece-la-industria-de-empaques-flexibles-en-america-latina/>
- POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A. (2013). *Insumos*. Obtenido de Insumos: [www.polytec.com.gt/insumos](http://www.polytec.com.gt/insumos)
- POLÍMEROS Y TECNOLOGÍAS, S.A. (2013). *Proceso Productivo*. Obtenido de Proceso Productivo: [www.polytec.com.gt/procesoproductivo](http://www.polytec.com.gt/procesoproductivo)
- Ramos, L. F. (2012). Extrusión de plásticos: principios básicos. En L. F. Ramos, *Extrusión de plásticos: principios básicos* (pág. 69). México D.F.: Limusa S.A. de C.V.
- Rivera, M. (15 de Marzo de 2011). *COLORACIÓN DE PLÁSTICOS*. Obtenido de *COLORACIÓN DE PLÁSTICOS*: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/coloracion-de-plasticos.html>
- Rivera, M. (15 de Marzo de 2011). *EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS / Tecnología de los plásticos*. Obtenido de *EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS / Tecnología de los plásticos*: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- Rivera, M. (19 de Abril de 2012). *Extrusión de película soplada*. Obtenido de *Extrusión de película soplada*: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/04/extrusion-de-pelicula-soplada.html>
- SAT. (2013). *Arancel Centroamericano de Importación*. Guatemala: SAT.
- Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano. (septiembre de 2013). *Informe Trimestral Riesgo País Septiembre 2013*. Recuperado el 30 de octubre de 2013, de [www.secmca.org](http://www.secmca.org): <http://www.secmca.org/INFORMES/07%20RiesgoPaís/RiesgoPaís.pdf>
- Wenzhou Changs International. (- de - de -). *Maquina cortadora selladora de bolsas plásticas, maquinaria de embalaje*. Obtenido de *Maquina cortadora selladora de bolsas plásticas, maquinaria de embalaje*: <http://www.printingmachinecn.es/4-3-plastic-bag-cutting-machine.html>

## XIX. GLOSARIO

- Toriflex: Plataforma informática de la compañía similar a SAP.
- Producción: Unidades producidas que cumplen con las especificaciones del producto; en el caso de extrusión, su unidad de medida es el kilogramo.
- Desperdicio: Unidades producidas que no cumplen con las especificaciones del producto; en el caso de extrusión, su unidad de medida es el kilogramo.
- Scrap: Sinónimo de desperdicio
- Tiempo: Es el lapso temporal en los cual tiene lugar un fenómeno.
- Extrusora: Máquina que produce film a base de resinas.
- Film: Delgada capa de polímero usualmente medida en micras de ancho.
- Coextrusora: Extrusora capaz de producir film con múltiples capas a la vez.
- Set up: Cambio de lote de producción.
- Run: Sinónimo de corrida.
- Fenómenos evitables: Son responsabilidad del operador y se pueden evitar.
- Fenómenos inevitables: No son responsabilidad del operador y no se pueden evitar.
- SMED: Single Minute Exchange Die, análisis que determina el ideal tiempo de set up.
- Contenedor: Unidad de medida de importación de resinas, normalmente consta de 20,000 kilogramos.
- Costo evitable: Impacto financiero negativo a causa de fenómenos evitables.

## XX. ANEXOS

Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de registro de producción

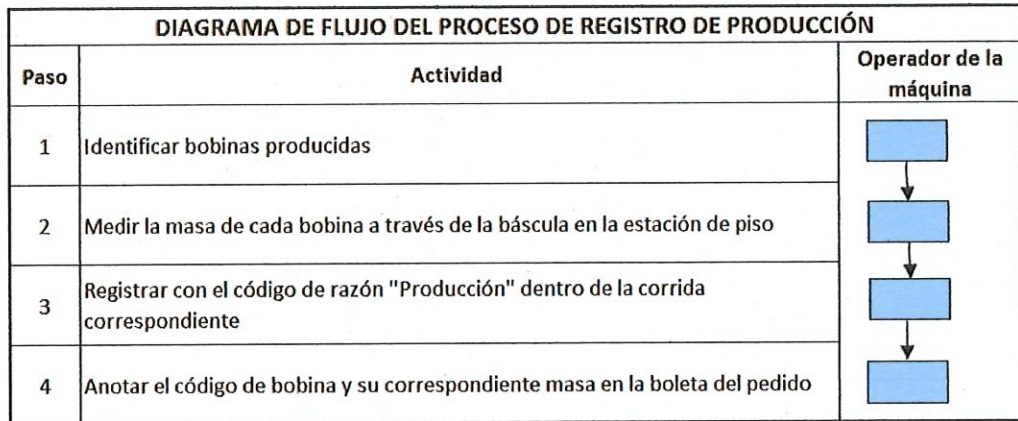


Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de registro de desperdicio

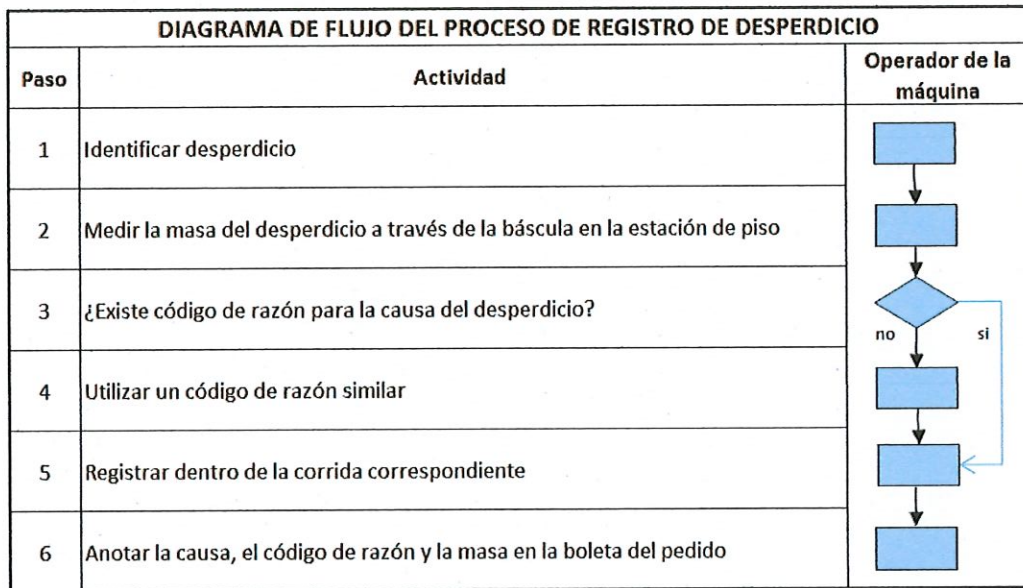


Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de registro de tiempos

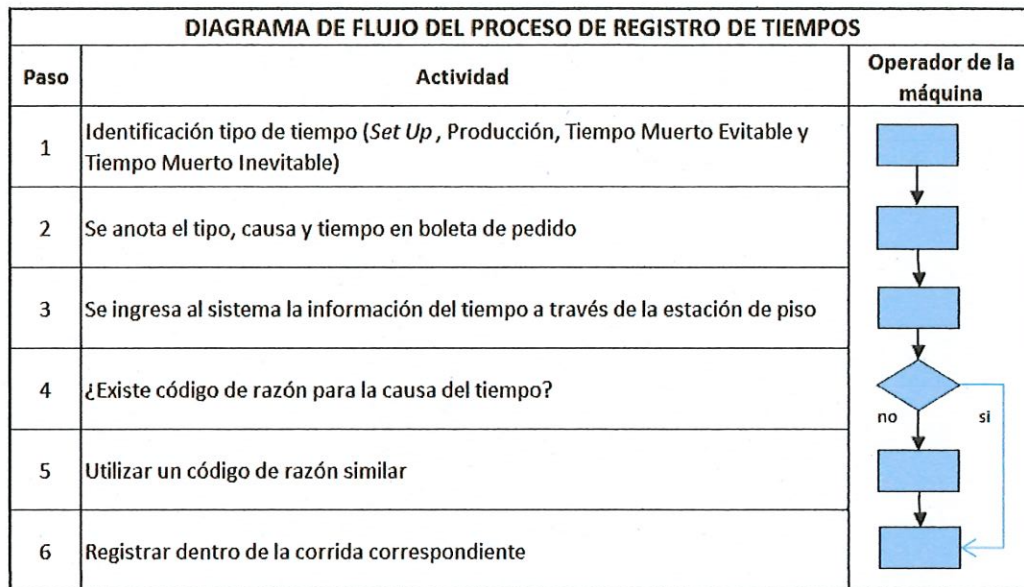


Tabla 37: Desempeño productivo EXT-23

Fecha	EXT-23				
	Producción	Desperdicio % Total	Tiempo		
			Set Up	Producción	Muerto
Enero	130,314	7.42%	4.44%	75.82%	19.73%
Febrero	120,288	5.39%	4.27%	77.08%	18.65%
Marzo	139,745	5.52%	3.09%	77.09%	19.81%
Abril	157,844	5.08%	3.83%	81.13%	15.03%
Mayo	158,765	5.03%	3.30%	79.78%	16.91%
Junio	164,770	4.67%	2.38%	83.01%	14.61%
1er Semestre	871,726	5.46%	3.54%	79.00%	17.46%

Tabla 38: Desempeño productivo EXT-26

Fecha	EXT-26				
	Producción	Desperdicio % Total	Tiempo		
			Set Up	Producción	Muerto
Enero	155,032	2.93%	3.47%	88.96%	7.57%
Febrero	122,111	3.72%	2.83%	70.65%	26.53%
Marzo	140,171	4.37%	4.59%	76.72%	18.68%
Abril	178,166	3.54%	3.47%	84.06%	12.47%
Mayo	173,910	4.11%	5.13%	87.11%	7.76%
Junio	164,954	4.23%	4.36%	89.18%	6.46%
1er Semestre	934,344	3.82%	4.00%	82.91%	13.10%



Tabla 39: Desempeño productivo EXT-27

Fecha	EXT-27				
	Producción	Desperdicio	Tiempo		
		% Total	Set Up	Producción	Muerto
Enero	309,631	5.41%	3.99%	86.49%	9.51%
Febrero	248,716	5.04%	2.78%	72.12%	25.10%
Marzo	265,322	6.52%	2.98%	69.15%	27.87%
Abril	332,453	5.00%	3.31%	90.46%	6.23%
Mayo	322,147	4.45%	4.38%	83.79%	11.83%
Junio	300,417	5.59%	4.39%	86.30%	9.32%
1er Semestre	1,778,684	5.31%	3.65%	81.44%	14.92%

Tabla 40: Desglose desempeños operativos mejorables EXT-23

Fecha	EXT-23					
	Desperdicio		Set Up		Tiempo muerto	
	% Evitable	% Inevitable	% Evitable	% Inevitable	% Evitable	% Inevitable
Enero	6.93%	0.49%	3.93%	0.53%	15.69%	4.15%
Febrero	4.87%	0.52%	3.75%	0.53%	16.36%	2.39%
Marzo	4.78%	0.74%	2.62%	0.48%	17.71%	2.19%
Abril	3.90%	1.18%	3.35%	0.50%	10.15%	4.96%
Mayo	4.48%	0.55%	2.77%	0.55%	11.80%	5.20%
Junio	4.32%	0.35%	1.92%	0.48%	9.34%	5.34%
1er Semestre	4.82%	0.64%	3.05%	0.18%	13.49%	4.05%

Tabla 41: Desglose desempeños operativos mejorables EXT-26

Fecha	EXT-26					
	Desperdicio		Set Up		Tiempo Muerto	
	% Evitable	% Inevitable	% Evitable	% Inevitable	% Evitable	% Inevitable
Enero	2.55%	0.38%	3.08%	0.41%	4.60%	3.00%
Febrero	3.30%	0.42%	2.44%	0.40%	23.38%	3.25%
Marzo	3.78%	0.60%	3.98%	0.64%	16.16%	2.64%
Abril	3.00%	0.54%	2.94%	0.55%	7.30%	5.24%
Mayo	3.73%	0.37%	4.56%	0.60%	5.10%	2.70%
Junio	3.97%	0.26%	3.85%	0.53%	3.00%	3.49%
1er Semestre	3.39%	0.43%	3.49%	0.24%	9.78%	3.38%

Tabla 42: Desglose desempeños operativos mejorables EXT-27

Fecha	EXT-27					
	Desperdicio		Set Up		Tiempo muerto	
	% Evitable	% Inevitable	% Evitable	% Inevitable	% Evitable	% Inevitable
Enero	4.99%	0.42%	3.12%	0.91%	1.23%	8.37%
Febrero	4.55%	0.49%	2.26%	0.53%	19.80%	5.44%
Marzo	5.80%	0.72%	2.44%	0.55%	17.31%	10.71%
Abril	4.52%	0.48%	2.71%	0.62%	2.69%	3.58%
Mayo	4.25%	0.20%	3.80%	0.60%	7.32%	4.57%
Junio	5.27%	0.32%	3.52%	0.91%	0.58%	8.82%
1er Semestre	4.88%	0.43%	2.98%	0.12%	8.08%	6.94%

Tabla 43: Costo por kg EXT-23

Componente	% Participación	Q/KG Total	Q/KG Ponderado
FR025MN	48.01%	Q 13.44	Q 6.45
HDBM	12.80%	Q 14.64	Q 1.87
LD200BM	10.72%	Q 11.83	Q 1.27
LH100SS	8.45%	Q 13.39	Q 1.13
ME100NN	6.13%	Q 13.44	Q 0.82
PP080NN	5.40%	Q 14.45	Q 0.78
FR025NN	5.02%	Q 14.22	Q 0.71
ME100AB	1.80%	Q 13.44	Q 0.24
EN3505HH	0.60%	Q 14.65	Q 0.09
AD-DCP596	0.51%	Q 135.03	Q 0.69
HDMPM	0.43%	Q 13.66	Q 0.06
SLIP5%	0.10%	Q 31.12	Q 0.03
UVR 95 Ultravioleta	0.02%	Q 45.03	Q 0.01
		<b>TOTAL</b>	<b>Q 14.16</b>



Tabla 44: Costo por kg EXT-26

Componente	% Participación	Q/KG Total	Q/KG Ponderado
FR025MN	43.18%	Q 13.44	Q 5.80
SH100AM	23.65%	Q 12.83	Q 3.04
HDBM	13.47%	Q 14.64	Q 1.97
FR025NN	11.69%	Q 14.22	Q 1.66
ME100NN	3.96%	Q 13.44	Q 0.53
NEG9101E8	2.58%	Q 27.72	Q 0.72
PLA82459	0.83%	Q 93.84	Q 0.78
PB A0 25A	0.43%	Q 27.61	Q 0.12
ABS20	0.18%	Q 28.26	Q 0.05
UVR 95 Ultravioleta	0.02%	Q 45.03	Q 0.01
		<b>TOTAL</b>	<b>Q 14.68</b>

Tabla 45: Costo por kg EXT-27

Componente	% Participación	Q/KG Total	Q/KG Ponderado
LD200BM	19.26%	Q 11.83	Q 2.28
FR025MN	19.13%	Q 13.44	Q 2.57
LH100SS	15.34%	Q 13.39	Q 2.05
PP080NN	9.54%	Q 14.45	Q 1.38
ME100AB	7.69%	Q 13.44	Q 1.03
HDBM	5.05%	Q 14.64	Q 0.74
FR025NN	4.57%	Q 14.22	Q 0.65
EL3165SB	3.27%	Q 24.93	Q 0.81
ME100NN	3.20%	Q 13.44	Q 0.43
ME100MM	2.64%	Q 14.42	Q 0.38
LB100MS	2.44%	Q 12.26	Q 0.30
BLAAD	2.22%	Q 29.76	Q 0.66
SH100AM	1.99%	Q 12.83	Q 0.26
EN2705HH	1.70%	Q 13.34	Q 0.23
Mescla La Popular	0.72%	Q 18.70	Q 0.14
ME1018FA	0.68%	Q 14.37	Q 0.10
BLAUG	0.38%	Q 24.22	Q 0.09
AD-DCP596	0.15%	Q 135.03	Q 0.20
SLIP5%	0.03%	Q 31.12	Q 0.01
AZU03602	0.02%	Q 36.63	Q 0.01
		<b>TOTAL</b>	<b>Q 14.31</b>

Tabla 46: Costo evitable EXT-23

Fecha	EXT-23					
	Costo evitable					
	Desperdicio	Tiempo muerto	Total			
Enero	Q	159,996.13	Q	33,351.48	Q	193,347.61
Febrero	Q	101,625.94	Q	23,662.23	Q	125,288.17
Marzo	Q	115,962.19	Q	19,679.82	Q	135,642.01
Abril	Q	106,549.60	Q	34,265.99	Q	140,815.59
Mayo	Q	122,887.94	Q	33,972.35	Q	156,860.29
Junio	Q	122,401.53	Q	29,925.17	Q	152,326.70
1er Semestre	Q	729,423.33	Q	174,857.03	Q	904,280.36

Tabla 47: Costo evitable EXT-26

Fecha	EXT-26					
	Costo evitable					
	Desperdicio	Tiempo	Total			
Enero	Q	69,032.71	Q	24,531.48	Q	93,564.19
Febrero	Q	70,866.27	Q	22,468.87	Q	93,335.14
Marzo	Q	93,743.84	Q	28,887.84	Q	122,631.68
Abril	Q	93,898.63	Q	33,372.07	Q	127,270.70
Mayo	Q	114,593.78	Q	31,694.05	Q	146,287.83
Junio	Q	115,850.36	Q	31,037.50	Q	146,887.86
1er Semestre	Q	557,985.60	Q	171,991.80	Q	729,977.40

Tabla 48: Costo evitable EXT-27

Fecha	EXT-27					
	Costo evitable					
	Desperdicio	Tiempo	Total			
Enero	Q	253,384.15	Q	49,833.16	Q	303,217.31
Febrero	Q	185,058.60	Q	31,256.07	Q	216,314.67
Marzo	Q	255,406.39	Q	56,167.33	Q	311,573.72
Abril	Q	245,597.55	Q	27,320.45	Q	272,918.00
Mayo	Q	222,112.24	Q	37,652.03	Q	259,764.27
Junio	Q	260,335.32	Q	53,479.60	Q	313,814.92
1er Semestre	Q	1,421,894.26	Q	255,708.63	Q	1,677,602.89





Tabla 49: Observaciones método actual de Set Up

OBSERVACIONES MÉTODO ACTUAL SET UP											
#	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg
1	Revisar próxima orden de producción (ancho, calibre y material)	283	290	279	294	270	294	276	273	286	292
2	Realizar requerimiento de material	296	293	300	291	314	303	270	295	312	289
3	Entregar requerimiento de material	742	821	540	688	729	780	763	691	835	799
4	Limpiar dosificadores	1,875	1,929	1,787	2,115	1,646	2,824	1,620	2,640	2,504	2,573
5	Llenar toneles con el material	746	751	751	682	746	806	779	755	540	764
6	Ingresar parámetros de operación a la extrusora (ancho y calibre)	302	308	291	286	305	312	315	304	295	270
7	Levantar burbuja	322	320	332	305	332	270	324	314	331	311
8	Alcanzar parámetros de operación (ancho y calibre)	585	586	629	600	632	631	615	584	540	555
9	Embobinar la producción dentro de especificaciones	332	270	307	302	302	321	302	305	305	311
10	Análisis de calidad	1,306	1,275	1,399	1,251	1,386	1,329	1,393	1,276	1,182	1,312
11	Definir metraje	57	54	57	57	57	57	58	58	57	57



Tabla 50: Tiempos estándar método actual Set Up

TIEMPOS ESTÁNDAR MÉTODO ACTUAL SET UP									
#	Actividad	Tiempo promedio observado (min)	Desv. Estándar tiempo promedio observado	% Desv. Estándar vs Media	Factor de desempeño promedio	Tiempo normal (min)	Factor de holgura	Tiempo Estándar (min)	Tiempo Estándar (h)
1	Revisar próxima orden de producción (ancho, calibre y material)	4.73	0.15	3.13%	95.26%	4.50	3.13%	4.65	0.08
2	Realizar requerimiento de material	4.94	0.21	4.22%	91.27%	4.51	4.22%	4.71	0.08
3	Entregar requerimiento de material	12.31	1.43	11.63%	74.15%	9.13	11.63%	10.33	0.18
4	Limpiar dosificadores	35.86	7.43	20.74%	78.24%	28.05	20.74%	35.39	0.59
5	Llenar toneles con el material	12.20	1.24	10.15%	74.63%	9.10	10.15%	10.13	0.17
6	Ingresar parámetros de operación a la extrusora (ancho y calibre)	4.98	0.23	4.55%	90.54%	4.51	4.55%	4.72	0.08
7	Levantar burbuja	5.27	0.31	5.89%	85.71%	4.52	5.89%	4.80	0.08
8	Alcanzar parámetros de operación (ancho y calibre)	9.93	0.53	5.36%	90.89%	9.02	5.36%	9.53	0.16
9	Embobinar la producción dentro de especificaciones	5.10	0.26	5.20%	88.55%	4.51	5.20%	4.76	0.08
10	Análisis de calidad	21.85	1.15	5.29%	90.40%	19.75	5.29%	20.85	0.35
11	Definir metraje	0.95	0.02	1.93%	94.94%	0.90	1.93%	0.92	0.02
<b>TOTAL</b>								<b>110.80</b>	<b>1.87</b>



Tabla 51: Observaciones método análisis de calidad

OBSERVACIONES MÉTODO ANÁLISIS DE CALIDAD													
#	Actividad	Responsable		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Analista 1	Analista 2	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg
1	Medición de ancho	x		61	60	60	60	54	60	60	61	61	61
2	Medición de calibre	x		60	61	60	61	60	60	54	60	60	60
3	Análisis apariencia	x		115	114	108	114	116	114	112	116	115	115
4	Análisis tratamiento	x		58	57	57	57	57	57	54	57	58	57
5	Prueba elongación	x		316	319	331	306	320	312	329	310	270	304
6	Prueba rozgado	x		330	333	319	306	330	324	320	319	313	270
7	Prueba impacto	x		311	331	328	315	313	270	311	331	305	305
8	Prueba COF		x	610	665	676	607	685	680	746	669	540	655
9	Prueba de retracciones (CD y MD)		x	696	540	723	644	701	649	647	607	623	657
Total tiempo mayor entre analistas				1,306	1,275	1,399	1,251	1,386	1,329	1,393	1,276	1,182	1,312



Tabla 52: Tiempos estándar análisis de calidad

TIEMPOS ESTÁNDAR MÉTODO ANÁLISIS DE CALIDAD											
#	Actividad	Analista 1	Analista 2	Tiempo promedio observado (min)	Desv. Estándar tiempo promedio observado	% Desv. Estándar vs Media	Factor de desempeño promedio	Tiempo normal (min)	Factor de holgura	Tiempo Estándar (min)	Tiempo Estándar (h)
1	Medición de ancho	x		1.00	0.03	3.51%	90.41%	0.90	3.51%	0.93	0.02
2	Medición de calibre	x		0.99	0.03	3.37%	90.70%	0.90	3.37%	0.93	0.02
3	Análisis apariencia	x		1.90	0.04	2.09%	94.86%	1.80	2.09%	1.84	0.04
4	Análisis tratado	x		0.95	0.02	1.93%	94.94%	0.90	1.93%	0.92	0.02
5	Prueba elongación	x		5.20	0.29	5.50%	86.88%	4.51	5.50%	4.78	0.08
6	Prueba razgado	x		5.27	0.30	5.77%	85.62%	4.52	5.77%	4.79	0.08
7	Prueba impacto	x		5.20	0.30	5.71%	86.81%	4.51	5.71%	4.79	0.08
8	Prueba COF		x	10.89	0.93	8.55%	83.24%	9.06	8.55%	9.91	0.17
9	Prueba de retracciones (CD y MD)		x	10.81	0.87	8.09%	83.77%	9.06	8.09%	9.85	0.17
									<b>TOTAL</b>	<b>19.76</b>	<b>0.34</b>



Tabla 53: Observaciones método SMED

OBSERVACIONES MÉTODO SMED												
#	Actividad	Tipo de ajuste	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg	Seg
1	Revisar próxima orden de producción (ancho, calibre y material)	Externo	283	290	279	294	270	294	276	273	286	292
2	Realizar requerimiento de material	Externo	296	293	300	291	314	303	270	295	312	289
3	Entregar requerimiento de material	Externo	742	821	540	688	729	780	763	691	835	799
4	Llenar toneles con el material	Externo	1,875	1,929	1,787	2,115	1,646	2,824	1,620	2,640	2,504	2,573
5	Limpia dosificadores e intercambiar toneles	Interno	190	195	190	188	186	191	189	186	162	190
6	Ingresar parámetros de operación a la extrusora (ancho, calibre, temperatura, presión y relación de soplado)	Interno	190	192	189	191	196	190	192	193	189	162
7	Levantar burbuja	Interno	322	320	332	305	332	270	324	314	331	311
8	Análisis de calidad	Externo	1,306	1,275	1,399	1,251	1,386	1,329	1,393	1,276	1,182	1,312
9	Definir metraje	Externo	57	54	57	57	57	57	58	58	57	57

Tabla 54: Tiempos estándar SMED

TIEMPOS ESTÁNDAR MÉTODO SMED										
#	Actividad	Tipo de ajuste	Tiempo promedio observado (min)	Desv. Estándar tiempo promedio observado	% Desv. Estándar vs Media	Factor de desempeño o promedio	Tiempo normal (min)	Factor de holgura	Tiempo Estándar (min)	Tiempo Estándar (h)
1	Revisar próxima orden de producción (ancho, calibre y material)	Externo	4.73	0.15	3.13%	95.26%	4.50	3.13%	4.65	0.08
2	Realizar requerimiento de material	Externo	4.94	0.21	4.22%	91.27%	4.51	4.22%	4.71	0.08
3	Entregar requerimiento de material	Externo	12.31	1.43	11.63%	74.15%	9.13	11.63%	10.33	0.18
4	Llenar toneles con el material	Externo	35.86	7.43	20.74%	78.24%	28.05	20.74%	35.39	0.59
5	Limpiar dosificadores e intercambiar toneles	Interno	3.11	0.15	4.85%	86.98%	2.71	4.85%	2.84	0.05
6	Ingresar parámetros de operación a la extrusora (ancho, calibre, temperatura, presión y relación de soplado)	Interno	3.14	0.16	5.05%	86.21%	2.71	5.05%	2.85	0.05
7	Levantar burbuja	Interno	5.27	0.31	5.89%	85.71%	4.52	5.89%	4.80	0.08
8	Análisis de calidad	Externo	21.85	1.15	5.29%	90.40%	19.75	5.29%	20.85	0.35
9	Definir metraje	Externo	0.95	0.02	1.93%	94.94%	0.90	1.93%	0.92	0.02
<b>TOTAL AJUSTES INTERNOS</b>									<b>7.65</b>	<b>0.13</b>



Tabla 55: Observaciones desperdicio en Set Up

OBSERVACIONES DESPERDICIO EN SET UP											
#	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Levantar burbuja	10.69	10.77	10.78	10.64	9.00	10.68	10.61	10.45	10.77	10.42
2	Alcanzar parámetros de operación (ancho y calibre)	98.59	91.32	97.35	93.81	99.64	100.98	76.50	110.35	82.14	78.32
3	Embobinar la producción dentro de especificaciones	41.45	43.16	36.00	41.54	42.84	49.05	42.71	43.34	45.95	43.88

Tabla 56: Desperdicio estándar en Set Up

DESPERDICIO ESTÁNDAR EN SET UP								
#	Actividad	SCRAP promedio observado (kg)	Desv. Estándar SCRAP promedio observado	% Desv. Estándar vs Media	Factor de desempeño promedio	SCRAP normal (kg)	Factor de holgura	SCRAP Estándar (kg)
1	Levantar burbuja	10.48	0.54	5.11%	86.10%	9.02	5.11%	9.51
2	Alcanzar parámetros de operación (ancho y calibre)	92.90	10.89	11.73%	83.42%	77.49	11.73%	87.79
3	Embobinar la producción dentro de especificaciones	42.99	3.33	7.75%	84.22%	36.20	7.75%	39.24
<b>TOTAL</b>								<b>136.54</b>

