

**UNIVERSIDAD
HISPANOAMERICANA**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA DEL
MÉTODO DE PRUEBA PEEL, EN LA
EMPRESA AGM CONSULTORES, PARA EL
I CUATRIMESTRE DEL 2018**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR EL BACHILLERATO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

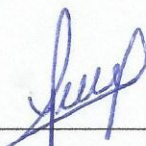
YARLINE PICON RÍOS

TUTOR: GABRIEL GÓMEZ

HEREDIA, ENERO 2018

DECLARACIÓN JURADA

Yo Yarline Picón Ríos, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 4-178-968, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: PROPUESTA DE MEJORA DEL METODO DE PRUEBA PEEL, EN LA EMPRESA AGM CONSULTORES, PARA EL I CUATRIMESTRE DEL 2018, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 21 días del mes de Julio del año dos mil 2018.



Firma del estudiante

Cédula

CARTA DEL TUTOR

San José, 21 de Julio de 2018

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Yarlina Picón Ríos, cédula de identidad número 4-178-968, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado PROPUESTA DE MEJORA DEL METODO DE PRUEBA PEEL, EN LA EMPRESA AGM CONSULTORES, PARA EL I CUATRIMESTRE DEL 2018, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de BACHILLERATO EN INGENIERIA INDUSTRIAL.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	19
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	15
	TOTAL		91

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Nombre Gabriel Gómez
Cédula identidad N 1-1394-0038
Carné Colegio Profesional N

Heredia, 21/08/2018

Señores

Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante **Yarline Picón Ríos**, cédula de identidad **4-0178-0968**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **PROPUESTA DE MEJORA DEL METODO DE PRUEBA PEEL, EN LA EMPRESA AGM CONSULTORES, PARA EL I CUATRIMESTRE DEL 2018**, el cual ha elaborado para optar por el grado de **Bachillerato**.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

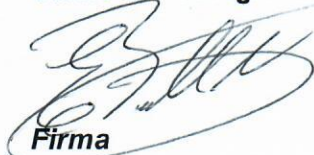
Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,

Nombre Ing. Esteban Beita Navarro. MBA

Cédula 1-1069-0046

Carné del Colegio IPI-27501



Firma

San Rafael de Heredia, 31 de Agosto de 2018

Señores

Universidad Hispanoamericana
Facultad de Ingeniería Industrial

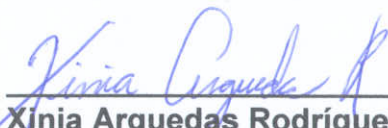
Estimados señores:

En mi calidad de filóloga, hago constar que he revisado el Proyecto de Graduación elaborado por la estudiante Yarlina Picón Ríos, cédula número 4-0178-0968, para optar por el grado académico de Bachillerato, bajo el título:

“PROPUESTA DE MEJORA DEL MÉTODO DE PRUEBA PEEL EN LA EMPRESA AGM CONSULTORES, PARA EL I CUATRIMESTRE DEL 2018”.

La revisión se hizo en la parte morfosintáctica, forma, estilo, redacción, puntuación y ortografía; por lo cual este trabajo está listo en tales aspectos para ser presentado ante la Universidad.

Atentamente,



Xinia Arguedas Rodríguez
Cédula No 1 458 488
Carné # 06032 del Colegio de
Licenciados y Profesores en Letras,
Filosofía, Ciencias y Artes

Xinia Arguedas Rodríguez
Filóloga
Teléfono 22 37 61 66
San Rafael de Heredia

Dedicatoria

Agradezco a mi esposo Jorge Marín, por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brinda y por acompañarme en esta travesía por la carrera de Ingeniería Industrial y que, de forma incondicional, entendió mis ausencias y mis malos momentos.

A Dios creador del Universo y poseedor de mi existencia.

Agradecimiento

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles, que me han enseñado a valorar cada día más lo que tengo.

A esta institución por abrirme las puertas para ser una mejor persona tanto personal como profesionalmente.

Índice

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ECUACIONES	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XV
CAPÍTULO I.....	19
INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	22
1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	23
1.2.1. Visión	24
1.2.2. Misión.....	24
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.3.1. Definición del problema.....	26
1.3.2. Justificación.....	28
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	31
1.4.1. Objetivo General	31
1.4.2. Objetivos Específicos.....	31

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	33
1.5.1. Alcances.....	33
1.5.2. Limitaciones	33
CAPÍTULO II.....	35
MARCO TEÓRICO.....	35
2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA	36
2.1.1. Método Científico:	39
2.1.1.1. Enfoque cualitativo.....	40
2.1.1.2. Enfoque cuantitativo.....	40
2.1.2. Ingeniería de Métodos	40
2.1.2.1. El diseño del método.....	42
2.1.2.2. La medición del trabajo	44
2.1.2.2.1. Estudio de Movimientos	45
2.1.3. Lean Manufacturing	48
2.1.4. Six Sigma	51
2.1.5. Teoría de Restricciones	53
2.2. MARCO ATENIENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	54
2.2.1. DMAIC.....	54
2.2.2. Diagrama de Flujo.....	55

2.2.3. Control Estadístico	56
2.2.4. Diagramas Causa-Efecto	58
2.2.5. ROI.....	59
2.3. EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	62
2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES ..	64
CAPÍTULO III.....	69
MARCO METODOLÓGICO	69
3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	70
3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO	71
3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.....	73
3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.	74
3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.....	75
CAPÍTULO IV	77
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS.....	77
4.1. SITUACIÓN ACTUAL	78
4.1.1. Lista de Catálogos	79

4.1.2. Tipo de Material	80
4.1.3. Demanda de Unidades	81
4.1.4. Gastos del Proceso Actual	82
4.1.5. Demanda de Catálogos	84
4.1.6. Impacto Cliente Interno	84
4.1.6.1. Resultados Encuesta Cliente Interno	86
4.1.7. Impacto Cliente Externo	86
4.2. CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO	89
4.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	90
4.2.1. La operación #1, identificación de las muestras:.....	91
4.2.2. La operación #2, corte de las muestras:	91
4.2.3. La operación #3, seteo del programa del equipo Instron:	92
4.2.4. La operación #4, seteo del equipo Instron:	93
4.2.5. La operación #5, realización de la prueba:	93
4.2.6. Diagrama General del Proceso	95
4.4. ANÁLISIS DE VARIABILIDAD DEL TIEMPO DE LAS OPERACIONES.....	97
4.5. ANÁLISIS DE MUDAS.....	98
4.6. ISHIKAWA	103
4.7. MATRIZ DE PONDERACIÓN.....	103

4.8. DIAGNÓSTICO:.....	106
CAPÍTULO V	109
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	109
5.1. PANORAMA ACTUAL OPERACIÓN #3 y #4.....	112
5.1. Propuesta 1	116
5.2. PANORAMA ACTUAL OPERACIONES # 2, #5 y #1	126
5.2. Propuesta 2	127
5.3. Propuesta 2.1	128
5.4. Propuesta 2 .2	128
5.5. Propuesta 2.3	130
5.6. Propuesta 2.4	132
5.3. OPERACIONES #1- #5:.....	133
5.7. Propuesta 3	133
5.8. Propuesta 3.1	133
5.9. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE PROPUESTA	141
CAPÍTULO VI	144
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
6.1. CONCLUSIONES	145
6.2. RECOMENDACIONES	150

BIBLIOGRAFÍA.....	153
APÉNDICE A Estudio de tiempos para cada operación del proceso de prueba de Peel Test para el área de banda gástrica.....	158
APÉNDICE B Métrica relacionada con volumen del área gástrica, periodo enero a septiembre 2017.....	160
APÉNDICE C Métrica relacionada con cantidad de catálogos del área gástrica, periodo enero a septiembre 2017.....	161
APÉNDICE D, Pronóstico de demanda durante un período de cinco años.....	162
APÉNDICE E, Impacto monetario proceso actual vs proceso propuesto.....	163
APÉNDICE F Tabla de tiempo total de recorrido para recoger muestras, operación #1.....	164
APÉNDICE G Tabla de datos para cálculo del ROI, método propuesto.....	165
GLOSARIO.....	166
ANEXO I, Cotización Equipo de tensión Empresa QC internacional.....	167
ANEXO II, Cotización Equipo de tensión Empresa ATRYA PLAST S.A.....	168
ANEXO III, Cotización Equipo de tensión Empresa SMC.....	169
ANEXO IV, Correo de empresa Calibraciones SMC.....	170
ANEXO V, Dibujo de referencia para fixture de corte.....	171
ANEXO VI, Cotización fixture de corte, empresa Sertex.....	172

Índice de figuras

FIGURA 1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE CONCEPTOS ESENCIALES	36
FIGURA 2 EJEMPLO DE PASOS QUE CONFORMAN EL PROCESO DMAIC	55
FIGURA 3 EJEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUJO.....	56
FIGURA 4 EJEMPLO DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE UN ESTUDIO ESTADÍSTICO	57
FIGURA 5 EJEMPLO DEL USO DE UN DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO	59
FIGURA 6 EJEMPLO DEL DISEÑO DE PLANTA	62
FIGURA 7 FOTO CON FINES ILUSTRATIVOS DE UNA BANDA GÁSTRICA	78
FIGURA 8 COMPARATIVO DE DEMANDA VS LOTES PRODUCIDOS.....	82
FIGURA 9 COMPARATIVO DE DEMANDA DE CATÁLOGOS VS CATÁLOGOS PRODUCIDOS.....	84
FIGURA 10 DIAGRAMA DE PROCESO DE PRUEBA DE PEEL.....	96
FIGURA 11 DIAGRAMA DE PROCESO DE PRUEBA DE PEEL	103
FIGURA 12 PROPUESTA PARA FIXTURE DE CORTE.....	129
FIGURA 14 RECORRIDO DE ENTRADA Y SALIDA DESDE EL CUARTO LIMPIO DEL TÉCNICO DE CALIDAD	132
FIGURA 15 OPERACIÓN #2: CORTE DE LA MUESTRA.....	134
FIGURA 16 OPERACIÓN #3: ENCENDIDO DEL EQUIPO Y SELECCIÓN DE LA RECETA	135
FIGURA 17 OPERACIÓN #4: VERIFICACIÓN DE DISTANCIA DE ACUERDO A RECETA	135
FIGURA 18 OPERACIÓN #5: REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS	136

Índice de ecuaciones

ECUACIÓN 1 CÁLCULO DEL ROI.....	59
---------------------------------	----

Índice de tablas

TABLA 1 DATOS DE KPIS DE LOS ÚLTIMOS NUEVE MESES DEL AÑO FISCAL 2017	28
TABLA 2 RESUMEN LA GANANCIA ECONÓMICA DE LAS MEJORAS IMPLEMENTADAS A LOS PROCESOS.....	66
TABLA 3 MUESTRA EL AHORRO ECONÓMICO CON LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	67
TABLA 4 MUESTRA EL AUMENTO EN CANTIDAD DE UNIDADES, CON LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN....	67
TABLA 5 CATÁLOGO DE NÚMEROS DE PARTE PARA LA LÍNEA GÁSTRICA.....	80
TABLA 6 TIPO DE MATERIALES QUE COMPONEN LA BANDEJA DE PRUEBA	81
TABLA 7 TABLA DE COSTOS POR HORA DEL PERSONAL REQUERIDO PARA EL PROCESO Y GASTOS ADICIONALES.....	83
TABLA 8 TABLA RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN ENCUESTA AL CLIENTE INTERNO	86
TABLA 9 TABLA DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN DEL SUPLIDOR, ÚLTIMO SEMESTRE AÑO 2017	87
TABLA 10 IMPACTO MONETARIO CLIENTE EXTERNO	88
TABLA 11 PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO ACTUAL.....	90
TABLA 12 TABLA DE RESULTADOS DE MEDIDAS CENTRAL Y DE DISPERSIÓN.....	98
TABLA 13 TABLA DE CAUSAS DE DESPERDICIO POR OPERACIÓN.....	102
TABLA 14 MATRIZ DE PONDERACIÓN DE CAUSAS DE LAS 6M SEGÚN CRITERIO EXPERTO	105
TABLA 15 TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS POR TIPO DE ANÁLISIS	111
TABLA 16 TABLA RESUMEN DE PROPUESTAS	112
TABLA 17 ACTIVIDADES QUE COMPONEN LA OPERACIÓN #3.....	114
TABLA 18 ACTIVIDADES QUE CONFORMAN LA OPERACIÓN #4.....	116
TABLA 19 RESUMEN DE LAS VARIACIONES Y EL TIEMPO TOTAL PROMEDIO POR OPERACIONES EN EL PROCESO DE PEEL	118
TABLA 20 TABLA RESUMEN CON RESULTADOS POSTERIOR A PRUEBA.....	119
TABLA 21 TABLA COMPARATIVA DE PRODUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE PRUEBA PILOTO.....	121

TABLA 22 TABLA COMPARATIVA DE DEMANDA CORRESPONDIENTE AL PERÍODO 2017 CONTRA AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD OBTENIDA EN PRUEBA PILOTO.....	122
TABLA 23 IMPACTO MONETARIO CON EL MÉTODO ACTUAL DE PRUEBA.....	123
TABLA 24 TABLA COMPARATIVA DEL IMPACTO MONETARIO CON EL MÉTODO ACTUAL VS MÉTODO PROPUESTO	125
TABLA 25 DIAGRAMA DE GANTT PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS	138

Acrónimos y siglas

KPI: (*Key Performance Indicator*), indicador clave de rendimiento

Goal: Meta

JIT: Justo a Tiempo

ROI: Retorno de la inversión

TPS: (*Toyota Production System*), sistema de producción Toyota

TOC: Teoría de Restricciones

CTQ: Críticos para la Calidad

FDA: (Food and Drug Administration), Administración de alimentos y drogas

ISO: (International Standard Organization), Organización Internacional de Normalización

ASTM: (Standard Test Method for Seal Strength of Flexible Barrier Materials), Método de prueba estándar para la resistencia de sellado de materiales de barrera flexible

EE. UU: Estados Unidos de América

DHR: Device History Record

Resumen ejecutivo

El proyecto fue desarrollado para el cliente de AGM Consultores, la cual se dedica a la industria de componentes médicos y por el tipo de actividad comercial, como toda empresa generadora de ingresos, busca aumentar la productividad en la prueba de Peel, en el área de banda gástrica, por lo tanto, en este proceso se mide la fuerza del sello de un empaque, de acuerdo a los requerimientos de la norma ISO 9001:2015, y de la FDA de los Estados Unidos de Norteamérica, entre otras cosas los indicadores actuales que la empresa maneja, reflejan el no cumplimiento de la meta mensual de manera constante en la línea de banda gástrica, donde no se logra alcanzar con el cumplimiento de las unidades totales solicitadas por el cliente, se hace visible tomando en cuenta los resultados para el cierre del año fiscal 2017, los cuales se encontraron en el rango de un 96.6%, siendo la meta de un 98%, asimismo la cantidad de catálogos solicitados por el cliente no se alcanzaron según la meta establecida de un 2% establecido, cerrando así con un porcentaje del 2.2%, lo cual indica que quedaron catálogos pendientes por enviar, como un efecto indirecto producida por la primer meta mencionada.

Se realiza un análisis de la situación actual del área para conocer más a fondo el impacto a nivel de productividad, conocer el proceso actual de prueba y las actividades que conlleva, se aplican herramientas que faciliten la detección de las causas y con ello analizar donde se ubican las variables que generan la baja productividad. Por otra parte, se determina que el área gástrica produce 3 lotes por turno, lo cual significa a final de mes se producen un total de 60 lotes, sin embargo, esta cantidad no contribuye con la demanda de los clientes, la cual sobrepasa dicha cantidad por mes, por ende, genera que la empresa incurra en gastos adicionales tales como pago de extras de todas las personas que se requieren de soporte y realización para la prueba, transporte y alimentación con el fin de poder cumplir con la demanda solicitada, adicionalmente cuando no se logra cumplir en un mes la cantidad total, esta se va acumulando para el mes siguiente.

Como resultado de los análisis empleados, se determinó que el mayor factor en el que se debe de apoyar la investigación es el de máquina que se tiene actualmente, seguido por el factor de método y por último, mano de obra, por lo tanto, la propuesta se centra en mejorar cada uno de estas variables, con el fin de aumentar la productividad de la línea.

Por medio de un plan piloto y las propuestas enfocadas en los factores anteriormente mencionados, resalta una reducción total del tiempo total de la

prueba, la cual dura actualmente 53.17 min y posterior a la prueba piloto, realizando variaciones previas a cada una de las operaciones, el tiempo total obtenido fue de 23.08 min, lo cual significa un ahorro del tiempo de un 57%, liberando tiempo total al proceso para sellar un lote, en el cual se invierte un tiempo total de 2.5 h/min pasó a 1.56 h/min lo que señala que la producción de lotes durante el tiempo disponible de 8.5 h en el turno, aumentó de 3 a 5 lotes, pasando a producir 100 lotes por mes, es decir, redundó en un incremento del 38%. Se realiza un análisis contra la demanda futura a cinco años, contemplando el período del 2019 al 2023, con el fin de demostrar el impacto de los cambios como resultado de la prueba piloto y en conjunto con los cambios mencionados en la propuesta, dichos gastos rondan los ₡4,398,900 durante los próximos cinco años, siendo este un impacto mínimo en comparación con los gastos originados durante un período de 9 meses, en el cierre del año fiscal 2017, el cual se considera ronda los ₡8,328,800.

El proceso actual el impacto monetario anual se ve reflejado en los rubros de gastos correspondientes a mano de obra, tiempo, espacio y distancia que se requiere para desempeñar la prueba por un total de ₡6,475,214.40 aproximadamente y realizando el mismo análisis con los ahorros relacionados con los resultados de prueba piloto, esto se traduce en un total ₡3,816,499.40, generando un ahorro anual considerable en gastos relacionados con la prueba de peel.

De acuerdo a los cálculos obtenidos del costo beneficio, esta presenta un resultado del 212%, es decir, al tener una mejor distribución en tiempo de proceso, este libera y aumenta la capacidad de productividad del área, aunado a esto el periodo de recuperación de la inversión se establece en 10 días, lo cual hace que este proyecto sea sumamente rentable ya que se obtienen ganancias desde el primer período en la operaciones realizadas por lo que para el cliente de AGM consultores, es bien visto este panorama. Asimismo, el objetivo general del proyecto el cual se enfocó en brindar una propuesta para incrementar la productividad en el proceso de prueba de Peel, se cumplió y la implementación de esta queda a discreción del cliente.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

Las empresas siempre buscan ser competitivas y rentables, por lo tanto, la aplicación de la Ingeniería para lograr el aumento de la productividad, por medio de la aplicación de sus herramientas, promueve un cambio en la forma de hacer las cosas y busca la optimización de los procesos, para lograr la generación de ingresos.

Actualmente, las organizaciones proveedoras de bienes y servicios siguen la tendencia de poder certificar sus procesos y en consecuencia la calidad de sus productos, a través de la adopción de estándares o la obtención de certificaciones y normas de distintos aspectos de calidad, por ejemplo: ISO o CMMI que permiten corroborar la calidad pretendida en los procesos de desarrollo y específicamente en los procesos de prueba.

El proceso de pruebas tiene por objetivo verificar y determinar si los productos desarrollados cumplen con el fin para el que fueron creados. Normalmente, este proceso de prueba de productos se desarrolla para descubrir fallos en su implementación y funcionalidades. Sin embargo, además de determinar si el producto realiza las tareas para los cuales fue construido, el proceso de prueba puede evaluar la calidad del producto y de los procesos involucrados en su desarrollo.

Debido a esta última situación, es que resulta necesario generar un modelo que permita mejorar el proceso de prueba por parte del personal involucrado en el proceso de Peel, en la línea gástrica para el cliente de la Empresa AGM Consultores.S.A., de tal manera que se asegure el proceso de prueba de sus productos y así brindar mayor calidad de este. Para esto, se necesita analizar el modelo existente y determinar las posibles dificultades específicas que estos generan y el impacto que se genera al sistema de gestión de calidad. De esta forma, se podrá elaborar la propuesta más viable con el fin de alcanzar metas según los indicadores propuestos por la empresa en estudio.

El análisis de este estudio de la empresa AGM Consultores, sirve para proponer un modelo de mejora para el proceso de Peel testing. En primer lugar, se expone un capítulo sobre marco teórico la cual es una de las fases más importantes de un trabajo de investigación, que consiste en desarrollar la teoría que va a fundamentar el proyecto con base en el planteamiento del problema efectuado.

1.1. Descripción general del proyecto

El proyecto consistió, primeramente, en el estudio de los conceptos involucrados en torno al testing. Para esto, fueron necesarias consultas bibliográficas y un trabajo de investigación para elaborar un marco teórico adecuado y actual. De esta forma, se analizaron los modelos actuales más utilizados en el testing actualmente y según las experiencias obtenidas en casos prácticos se estudiaron sus fortalezas y debilidades. Para luego considerar las prácticas que han dado buenos resultados, en la elaboración del modelo de mejoras en la Empresa AGM Consultores.S.A. Cabe destacar que no solo se han considerado modelos en esta etapa, sino que también se analizaron distintas metodologías o ideas que están surgiendo en torno a las mejoras del testing. También, depende de los resultados de sus implementaciones, su inclusión en el modelo deseado.

Posteriormente, con base en el estudio de las técnicas y modelos existentes y las ideas propias del proyecto se propuso un modelo de mejoras al testing que cumpla con las características esperadas.

Por último, el modelo se aplicó por medio de una prueba piloto a la empresa en estudio con el fin de obtener resultados sobre su implementación, las cuales pueden entregar información del mismo modelo y de tópicos para un trabajo futuro relacionados con el testing.

1.2. Identificación de la empresa

AGM Consultores S.A., tiene sus orígenes en la década del 2001, cuando su creador Randall Solano O, comienza a desarrollar su actividad profesional como especialista orientado a apoyar a las empresas en el desarrollo, diseño de sistemas operativos, productivos y asesoría de soluciones de personal bajo la modalidad de outsourcing a las empresas que se dedican a labores de procesos en línea y de etiquetado de productos, bodegueros, en plantas industriales y de logística, así como en soluciones innovadoras para la fuerza laboral; crea y presta servicios que contribuyen a que los clientes logren sus objetivos de negocio y de capital humano y ayudan a incrementar su competitividad.

Brinda un sistema completo de soluciones para todo el lapso laboral, incluyendo servicios de reclutamiento de personal permanente, temporal o contratado; la evaluación y selección de profesionales; capacitación, reinserción laboral, tercerización y consultoría. Durante estos años se ha permitido satisfacer las necesidades de sus clientes, entre los que figuran empresas pequeñas y medianas de todos los sectores, así como también las empresas multinacionales del país. Centra su trabajo en considerar el potencial de las personas para que tanto los empleadores como los individuos puedan alcanzar sus objetivos.

El cliente de AGM Consultores, se dedica a la Industria médica y debido al acuerdo de confidencialidad entre las partes por la naturaleza del negocio se limita la publicación de información de sus procesos, productos y nombre de la compañía, ya que como parte de las normas que los rigen, deben manejarse dentro de un estricto marco de confidencialidad

De un modo muy general se hace mención del tipo de proceso al cual se dedica, este promueve una gama de aplicaciones menos invasivas, lo cual implica menos cortes en la piel, basados en la cirugía endoscópica, produciendo componentes enfocados en la reducción de peso y regidos por un sistema de calidad el cual es la base para el cumplimiento de acuerdo con las normas médicas del ente FDA.

1.2.1. Visión

- Transformar el cuidado de los pacientes a través del desarrollo de soluciones quirúrgicas bariátricas y endoscópicas innovadoras y mínimamente invasivas

1.2.2. Misión

Ser el líder de la industria y el socio preferido para entregar productos y procedimientos bariátricos y gastrointestinales, innovadores, rentables, mínimamente invasivos, que mejoren el cuidado del paciente.

1.3. Planteamiento del problema

El presente trabajo de investigación se realizará en el proceso de prueba Peel Test, donde se medirán los tiempos de la prueba de la línea de banda gástrica del cliente de la empresa AGM Consultores.

Según conversación personal con el Gerente General de la empresa AGM Consultores, este manifiesta que la empresa tiene implementadas las Normas ISO 9001/2015, las cuales dentro de uno de sus apartados hace referencia a los indicadores que deben de manejarse en las empresas que se dedican a la actividad comercial de productos y servicios, debido a esto y a los controles que se manejan en la empresa, determinan que los indicadores establecidos, ver tabla #1, no se están cumpliendo a cabalidad de manera frecuente lo cual provoca que se recurra a contratar mano de obra adicional o al pago de tiempo extra, lo que induce al incremento en sus costos operativos, por ende, causa un incumplimiento por parte del Departamento de Producción en cuanto a cantidad de lotes por producir, esto por falta de una herramienta efectiva para tales fines.

Adicionalmente los tiempos muertos que genera la espera dada en el departamento de inspección para que se inicie la producción masiva se extienden más de lo previsto. Por último está el pago de tiempo extra al personal de planta, para poder cumplir con los pedidos de los clientes debido a los atrasos del Departamento de Inspección lo cual provoca desembolsos adicionales que afectan

sus costos operativos. Por todo, lo anteriormente expuesto se considera que el impacto que se dará en la empresa se relaciona con la productividad, así como de mejoramiento en los tiempos de inspección de las bandejas del área de banda gástrica y por consiguiente, el ahorro económico en pagos de tiempos extra y disminución de personal que se debe de tener en este proceso.

Debido a lo anterior se crea la siguiente interrogante

¿Se puede establecer una mejora al método de prueba Peel test, considerando metodologías de prueba y herramientas más eficientes para el logro e incremento de la productividad en los procesos productivos del Departamento de Lap band del cliente de la empresa AGM Consultores?

1.3.1. Definición del problema

Actualmente el proceso de banda gástrica refleja un problema debido a que no se está alcanzado las metas de los indicadores internos, ver tabla #1 donde se muestra un resumen de los últimos 6 meses a manera de referencia, estas métricas miden la efectividad de sus procesos internos claves para alcanzar sus objetivos organizacionales. Actualmente las cantidades por producir contra las cantidades planeadas no alcanzan la meta del $\geq 98\%$ de manera constante cada mes, tal como lo refleja la tabla 1 se cerró el año con un 96.6%, lo cual indica que no se pudo producir la cantidad planeada, ocasiona solicitar tiempo extra para poder producir la cantidad

de lotes necesarios diariamente solicitados en el mes y cumplir con los atrasados de los meses anteriores, lo cual se traduce en recurso adicional de mano de obra, uso de equipo, tiempo de inspección, solicitar trabajar días adicionales a la jornada establecida y acumulación de inventario por el material que no se produjo, pero que sí se solicitó a bodega más el nuevo material por producir.

Como resultado del no cumplir con la métrica anteriormente descrita, se desencadena un efecto que de manera indirecta afecta el no poder cumplir con la mezcla de productos que se debe de exportar en conjunto con las otras líneas a final del mes, donde se puede ver reflejado, de acuerdo a la tabla 1, que esta métrica cerró con un $\leq 2.20\%$, cuando la meta era de 2.0% , implicó 68 catálogos no enviados al cliente en el momento que se solicitaron.

Los procesos actuales se dieron por medio de transferencia desde la casa matriz y los mismos no fueron modificados o adaptados al momento de la validación, no se han sometido a un proceso de mejora y actualmente la empresa está incursionando en nuevas líneas de productos, por lo cual va a originar un aumento en la cantidad de trabajo a todos los niveles, podría repercutir en un corto plazo ya que no se tiene clara la productividad de este proceso, por lo tanto, la respuesta inmediata para poder cumplir con la demanda, es el uso de recursos adicionales, lo cual no es una medida sostenible en el tiempo ya que la motivación económica desaparece y los empleados se cansan de realizar otras extras.

Es necesario entender que origina el incumplimiento de dichas métricas, ya que al largo plazo se puede reflejar en repercusiones económicas resultantes de la no satisfacción del cliente, que a su vez repercutirá en una posible ruptura entre cliente-proveedor y el excesivo uso de los recursos eleva sus costos operativos, generando que la empresa no muestre eficiencia en sus procesos.

#	METRICA	META			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	YTD
1	Adherencia a la planeación del Volumen	≥ 98%	96.0% ≤ x < 98.0%	< 96%	93.3%	96.4%	96.3%	100%	98.8%	98.8%	98.9%	96.7%	93.9%	96.6%
2	Adherencia a la mezcla de catálogos	≤ 2.0%	2.0% < x ≤ 5.0%	> 5.0%	1.7%	2.1%	1.7%	1.9%	2.3%	2.3%	1.9%	3.8%	3.2%	2.20%

Tabla 1 Datos de KPIs de los últimos nueve meses del año fiscal 2017
Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Justificación

Las empresas siempre deben buscar la mejora en sus procesos, para ello deben identificar los problemas que se presentan y cuáles son las causas que lo generan para solucionarlos, de esta manera, garantizar un buen desempeño de las actividades y crear confianza por parte del cliente.

En el caso particular del cliente de la empresa AGM Consultores., se fabrican productos médicos los cuales deben de pasar por una prueba de empaque que

ayuda a conservar la esterilidad del producto, denominada Peel Test y así poder mantener y cumplir las Normas Internacionales ISO, en las cuales está certificada. Para efectos del proyecto, se tomará como referencia el proceso de Peel Test del Departamento de Banda Gástrica, siendo este un proceso que muestra incumplimiento con la meta establecida a manera interna para el control de los objetivos de la empresa, ver la tabla 1, según datos suministrados por el representante legal de la empresa, los datos relacionados a las métricas de los primeros nueve meses al cierre fiscal del año 2017, se observa que el cumplimiento de la meta no es constante a través del tiempo, ya que para la métrica de cumplimiento en la cantidad producida vs la cantidad planeada, se presenta un resultado anual del 96.6%, siendo la meta de un $\geq 98\%$; lo cual implica que no se fabricaron el total de las unidades planeadas a lo largo de estos meses, en total 520 unidades que significan 26 lotes que no se produjeron, lo cual representó un monto aproximado de \$182.000 que no fueron manufacturados para la empresa en el tiempo planeado.

El incumplimiento de esta primera métrica genera un impacto en otras métricas debido a su interrelación en mayor o menor medida, tal como lo es la segunda métrica mencionada en la tabla 1, de cumplimiento de mezcla, implica producir varios catálogos de esta misma línea de banda gástrica, esta presentó un cierre anual del 2.20%, cuando la meta es de $\leq 2.0\%$, debido a que no se produjeron las cantidades planeadas, por lo tanto, no se logró producir algunos catálogos solicitados por el cliente.

La idea al desarrollar este proyecto es poder realizar un estudio del trabajo que realizan los inspectores de calidad del cliente de AGM Consultores, en el proceso de preparación de la muestra y el tiempo que conlleva finalizarla al personal de calidad, para ello es necesario llevar a cabo un levantamiento de los procesos, analizar las operaciones y determinar el tiempo improductivo de esos procesos, detectar cuáles son los puntos débiles y así poder determinar un curso de acción que minimice los tiempos de proceso. Al igual resulta de vital importancia, evaluar del desempeño de los trabajadores, medir los tiempos productivos y lograr mejoras en los procesos.

1.4. Objetivos del proyecto

1.4.1. Objetivo General

Con el fin de incrementar la productividad en el método de prueba Peel test, por medio de una mejora, identificando metodologías de prueba y herramientas más eficientes.

1.4.2. Objetivos Específicos

Realizar un estudio sobre la situación actual del modelo existente para el proceso de prueba Peel, por medio de un estudio de métodos y tiempos en la operación, para determinar las actividades que realmente agregan valor al proceso.

Analizar el impacto de las causas que afectan la eficiencia del proceso, de prueba Peel

Realizar una propuesta de mejora para la eficiencia en el proceso de prueba del Departamento de Banda Gástrica.

Definir los planes de monitoreo y control para el seguimiento de las mejoras propuestas.

Evaluar el costo beneficio de las propuestas con el fin de demostrar que dichas mejoras pueden ser viables.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances

El presente estudio gira en torno a la necesidad de evaluar y establecer mejoras a la prueba de Peel que se utiliza en la línea de banda gástrica por parte del cliente de la empresa AGM Consultores.

1.5.2. Limitaciones

La empresa cuenta con un solo turno que comprende el horario de 6.00 a.m. a 3.30 p.m. para desarrollar la información necesaria que permita cumplir con los objetivos planteados, el presente estudio será realizado en el turno I., siendo este un inconveniente debido el tiempo de estadía permitido para la sustentante.

La información trabajada es de índole confidencial, por lo tanto, se trató de una forma delicada y general para cumplir con el acuerdo al que se llegó con la empresa.

La implementación de aquellas mejoras definidas, que requieren de inversión, queda sujeta a la disponibilidad de presupuesto por parte de la empresa y la administración del proceso.

Debido a que la planta es un área restringida y rigurosamente vigilada en lo que respecta a nivel sanitario, no se pueden obtener fotografías ni videos del proceso estudiado.

El tiempo para reuniones con el jefe de planta para ver avances del proyecto es muy escaso.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual general relativo a la carrera

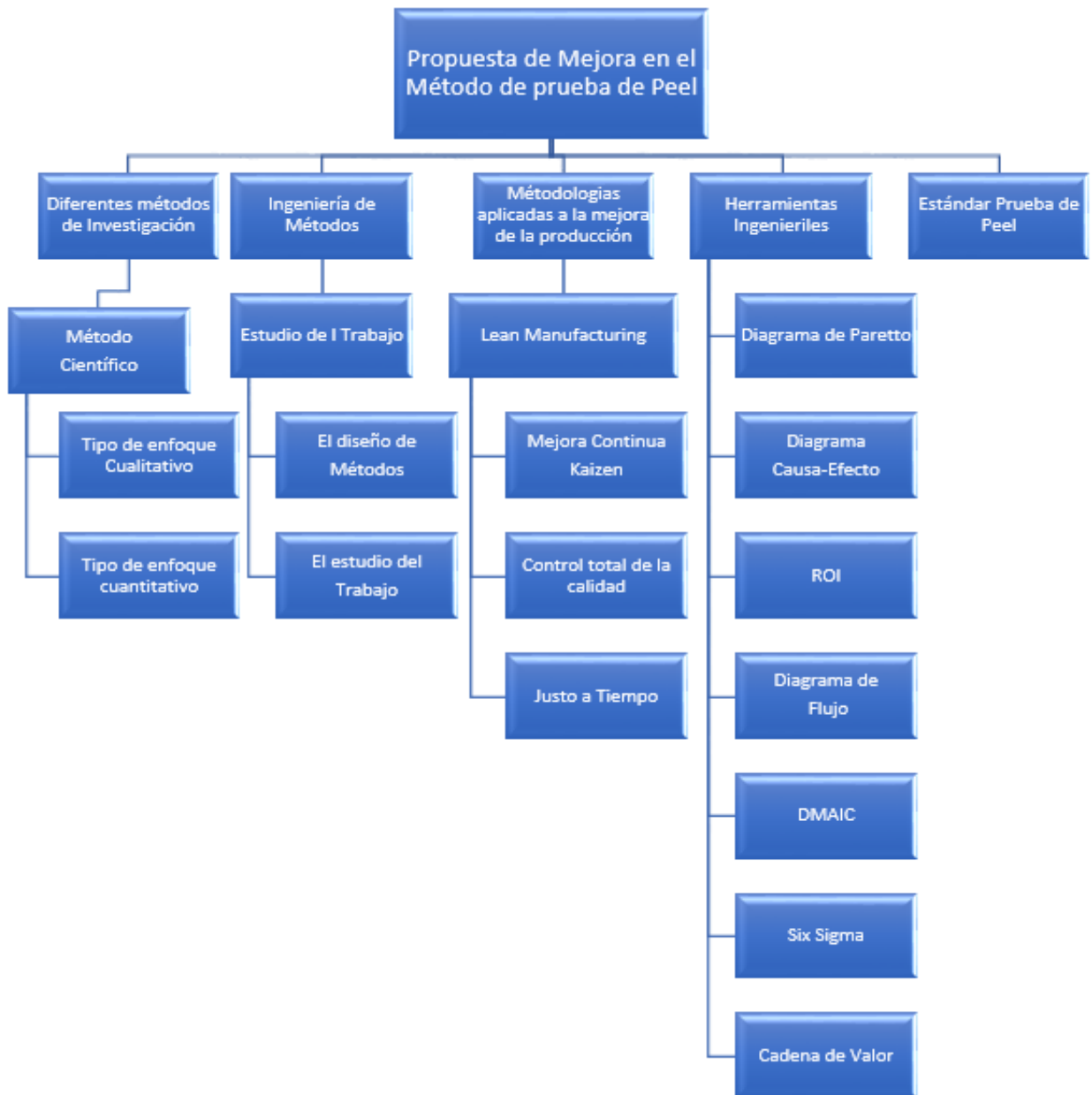


Figura 1 Representación gráfica de conceptos esenciales
Fuente: Elaboración propia

Dicho mapa conceptual muestra la relación entre los conceptos esenciales y la vinculación entre ellos, relacionados con el objeto de estudio, brinda una guía y mejor comprensión sobre los conceptos por desarrollar en el marco conceptual.

El desarrollo de los mercados y la alta competencia a nivel nacional e internacional requiere de procesos que dominen los instrumentos de mercado. La imaginación, la creatividad y los instrumentos técnicos deben de ser al más alto nivel para satisfacer las necesidades del mercado nacional e internacional y a la alta competencia internacional en economías abiertas como la de Costa Rica.

Una de las áreas fundamentales de las empresas manufactureras es precisamente el área productiva, pues de ella depende gran parte de la satisfacción del cliente en lo referente al producto mismo (sus características y especificaciones), su disponibilidad cuando es solicitado y el cumplimiento en su entrega o plazos.

Sumando a esto, para las empresas actuales, el eje que mueve toda la cadena de abastecimiento es el cliente, pues es el que acciona el funcionamiento de la cadena de abastecimiento, se hace de vital importancia y primordial tener la capacidad de retenerlo y de conseguir más clientes, permitiendo así a las empresas mantenerse en el mercado y lograr el crecimiento.

Teniendo en cuenta que las organizaciones se ven abocadas a los rápidos y constantes cambios del entorno, en el actual mundo globalizado, se deben buscar

estrategias las cuales permitan que las organizaciones de hoy, sean capaces de anticiparse y adaptarse permanentemente a sus competidores, logrando el máximo aprovechamiento de sus recursos. Para ello es necesaria la implementación de sistemas de gestión, que logren direccionar sus actividades en un mundo competitivo y les permita identificarse como compañías de calidad.

Se menciona lo siguiente por: López y Ruiz (2011) “como opción para comprender los fenómenos que afectan la humanidad y lograr expresarlos en variables que pueden ser medibles y cuantificables, se define la matemática como área en común en las diferentes ramas de la Ingeniería” (p.15). A través del uso de las herramientas técnicas de la ingeniería, se buscan soluciones en aras del beneficio del entorno profesional, de ahí la necesidad de investigación ya que esta abre camino hacia el cambio y el progreso se convierte en una estrategia que propicia un mejor ámbito profesional. La investigación se da cuando se adquiere conciencia de que existe un problema y se siente la necesidad de buscar una solución, el proceso de indagación que utilizado para poder lograr una solución es a lo que se le llama la investigación.

Definir el tipo de investigación que se realizará, dará la dirección de la metodología, herramientas y fuentes que se utilizarán para la realización del proyecto. Tal como se menciona por López (2014) Hoy en día la ingeniería se enfrenta en esencia a los mismos tipos de problemas a los que se enfrentaban nuestros antepasados no obstante en la actualidad la ciencia se utiliza más

ampliamente en la resolución de esos problemas. El conocimiento científico ha florecido en una inmensa acumulación de información (p.7).

Dicho proyecto se basa en la investigación científica la cual se define de la siguiente manera:

2.1.1. **Método Científico:** Niño (2011) lo define, “método científico como el conjunto de procedimientos racionales y sistemáticos encaminados a hallar solución a un problema y finalmente verificar o demostrar la verdad de un conocimiento. Estos procedimientos implican la aplicación de técnicas de instrumentos, válidos y confiables” (p. 26). Esta abarca 2 tipos de enfoque: cualitativo y cuantitativo.

Este método científico se compone de varias fases, las cuales se nombran a continuación: dentro de la primera fase de planificación, se encuentran tres pasos a seguir; el primer paso comprende el tema, del problema y los objetivos. El segundo paso se refiere a los antecedentes que incluyen un marco conceptual y de referencia, seguido por el paso tres, donde se describe el tipo de investigación, las variables, la muestra y las técnicas; en la fase dos de ejecución el cuarto paso es la recolección de datos y el quinto paso comprende el procesamiento, el análisis e interpretación de los datos. En la tercer fase de culminación, siendo el cuarto y quinto paso parte de la fase de ejecución y por último, la fase de culminación del proceso con la redacción del informe y la evaluación (Niño, 2011).

El método científico propone un modelo a seguir con el fin de desarrollar el proceso, este no es un proceso lineal ya que se necesita de flexibilidad, estas etapas ayudan al investigador a comprender los pasos a seguir o cómo desarrollar la investigación (Niño, 2011).

Se definen dos tipos de investigación, según Sampieri (2010):

2.1.1.1. **Enfoque cualitativo** se caracteriza porque mide fenómenos, utiliza estadística, prueba hipótesis y hace análisis de causa y efecto.

2.1.1.2. **Enfoque cuantitativo** mide fenómenos que no son medibles numéricamente, sino que se descubren e interpretan los resultados a partir de preguntas (p.4).

Al pensar en cambios en el proceso y en sus métodos de trabajo para obtener mejoras en la manera en que se realiza en este, es importante traer a colación las bases de la ingeniería de métodos.

2.1.2. **Ingeniería de Métodos** trata de mejorar las actividades, dándole un papel de importancia al ser humano como parte del proceso productivo, esta trata de definir donde incluir de una manera efectiva en los procesos, la mano de obra, de manera que se maximice la eficiencia del proceso productivo para que esto se logre se debe de analizar en dos fases el proceso; primera fase implica una evaluación o diseño del puesto del trabajo y la segunda es analizar ese puesto de trabajo de

manera que logre una mejor eficiencia del puesto para maximizar la producción y mejorar la calidad del mismo. La ingeniería de métodos trata de incorporar la tecnología con el fin de aumentar su productividad y la competitividad, siempre tiene presente el papel del hombre en cualquiera que sea su puesto.

Así mismo se entiende que la ingeniería de métodos trata de mejorar todas las actividades: espacio físico, equipo, materiales máquinas, mano de obra con el fin de hacer más rentable efectivo y seguro el proceso u operación y que este a su vez haga más rentable el sistema productivo (López, 2014).

Tal como lo menciona López (2014) La mejora de un método de trabajo significa reducir, eliminar, combinar y cambiar todas aquellas actividades que intervienen en un proceso de trabajo. Para la mejora del método todas las actividades directas e indirectas que generan o no valor agregado son evaluadas de forma analítica, sistemática y meticulosa (p. 8). Como resultado de esta evaluación permite conocer desperdicios, cuellos de botella, entre otras deficiencias que hacen el proceso improductivo. Después de haber identificado todo lo que genera atrasos en la operación proceso, o sistema productivo es necesario buscar mejoras para que las actividades se realicen en el menor tiempo y con menos material, para ello hay que enfocarse en dos principales actividades:

- a) Actividades que proporcionan valor agregado al método de trabajo, tiene que ver con las actividades que transforman el producto ya sea física, química o mecánicamente (corte, soldadura, ensamble, etc);
- b) Actividades que generan costos; tiene que ver con las esperas y demoras (inspecciones, transportes, almacenamiento, distribución, etc).
Algunas técnicas que se utilizan en la ingeniería de métodos son: El diseño del método y la medición del trabajo (López, 2014).

2.1.2.1. **El diseño del método** es: López (2014) “la función que identifica y especifica los medios más efectivos para que un individuo o un grupo de individuos ejecuten las funciones necesarias para realizar una actividad productiva o un servicio en un escenario organizacional” (p.11).

Este diseño de método sigue una serie de etapas con el fin de desarrollarlo, se detallan a continuación;

1-La primera se trata de la selección del proyecto: En esta etapa se trata de seleccionar el proceso o el servicio que tiene un impacto significativo en la productividad o en su rentabilidad.

2-Obtención de hechos: Se reúne toda la información importante relacionada con el producto o servicio.

3-Presentación de los hechos: Registrar de manera ordenada la información para presentarla.

4-Análisis: Realizar un análisis crítico, someterlo a preguntas que cuestionen la forma en que se realiza el trabajo, suponiendo que este se está realizando incorrectamente.

5-Desarrollo del Método Ideal: Esta es la etapa donde se da respuesta a las preguntas anteriores y se deben de seleccionar las mejores respuestas u opciones.

6-Definir el nuevo método: Se realiza un informe donde se deja constar sobre las mejoras, sobre lo que se debe hacer al nuevo método, las herramientas, lo equipos, el nuevo método se debe de describir con claridad.

7-Implatación del nuevo método: En esta etapa el analista debe de estar en disposición de los trabajadores o trabajador con el fin de ayudarles con el nuevo método de manera que sea comprensible para que sea realizable en un tiempo determinado.

8-Mantener el nuevo método de trabajo en funcionamiento: Esta es una fase de seguimiento y supervisión con el fin de asegurarse que el operador

ejecute de manera correcta el nuevo método y no regrese al viejo.

Posteriormente se realiza un análisis para con el fin de asegurar que los operadores están capacitados.

9-Establecimiento de estándares de tiempo: Se debe de establecer un estándar de tiempo justo y sea igual para todos con el nuevo método.

10-Seguimiento del método: Es necesario establecer un cronograma para revisión del nuevo método cada cierto tiempo con el fin de asegurarse que se esté cumpliendo con la productividad, que los costos se proyectaron de manera correcta y verificar si se pueden realizar otras mejoras. (López, 2014).

2.1.2.2. **La medición del trabajo** se define como: López (2014), “la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador, en condiciones normales, en realizar una tarea definida, efectuándola según el método normalizado de ejecución” (p. 12). Investigaciones efectuadas en el pasado, relacionadas con el estudio de tiempos por parte de Jean Rodolphe Perronet en 1760, seguido por el economista Francés Charles Babbage, le sigue Frederick Taylor ingeniero mecánico y economista quien fundó el estudio en tiempos en Estados Unidos; no fue hasta 1911 cuando la pareja Gilbreth se basó en los estudios de Taylor y desarrollaron el estudio de tiempos, el cual se define de la siguiente manera.

2.1.2.2.1. **Estudio de Movimientos** López (2014) “El estudio de movimientos del cuerpo humano al realizar una operación, para mejorar esta mediante la eliminación de movimientos innecesarios y el establecimiento de una secuencia de movimientos más favorables para la eficiencia máxima” (p.7). Actualmente el trabajo se mide por medio de dos métodos:

- a) El cronometraje continuo: Este trata de dejar correr el cronómetro sin detenerlo, mientras se contabiliza el tiempo desde que inicia la labor cada uno de los operadores, no se detiene el cronómetro, sino hasta que finalicen todos por completo, se registra el tiempo que marca el cronómetro al finalizar cada uno y al final se realizan las restas correspondientes para obtener el tiempo real que duró cada operador en realizar la operación.

- b) El cronometraje con vuelta a cero: Cada vez que cada operador inicia la labor en su puesto, se inicia con el cronómetro el conteo y al finalizar su trabajo, se detiene el cronómetro, cuando inicia el siguiente operador en el mismo puesto se inicia nuevamente el conteo y se deja en cero al finalizar la labor, así de esta manera consecutivamente con cada operario (López, 2014).

Para lograr diseñar el método es necesario realizar un estudio del método el cual consiste en realizar un examen crítico del modo y diferentes maneras en que se puede realizar, desarrollar y aplicar una tarea con el fin de hacerla más fácil y alcanzar a reducir los costos. Método según López (2014) “conjunto de factores que

se establece y que son requeridos de manera normalizada y estandarizada para llevar a cabo un trabajo de manera eficiente rentable y segura” (p. 43).

Para lograr iniciar el proceso del nuevo diseño del método se debe iniciar, conociendo cuál es el objetivo que se desea alcanzar con el nuevo método, por ejemplo: Eliminar o reducir los movimientos innecesarios, minimizar el uso de los recursos, entre otros.

En este punto es donde se encuentran con el corazón y la razón de ser de la Ingeniería de métodos y el estudio del trabajo donde todas las técnicas que forman parte de la ingeniería, se emplean con el fin de establecer el trabajo más adecuado en aras de reducir costos, por medio de la evaluación de uso óptimo de la mano de obra, reducir tiempo de la actividad u proceso, eliminando movimientos, transportes y esperas. (López, 2014).

El estudio de métodos se basa en un procedimiento de 7 etapas a seguir, las cuales se mencionan a continuación:

1-Seleccionar el proyecto por realizar.

2-Se debe de recopilar y registrar toda la información relacionada con el método actual.

3- Analizar el método de trabajo actual.

4-Determinar y seleccionar opciones para el nuevo método.

5-Implementar el nuevo método.

6-Se debe de realizar una valoración del método nuevo.

7-Se debe dar un acorralamiento del desempeño del nuevo método (López, 2014).

Es importante tomar en cuenta que para poder mejorar el método de trabajo, se debe considerar una serie de factores para la mejora continua y la innovación del método, estas innovaciones se refieren a técnicas de manufactura para el mejoramiento del proceso, tales como: Seis Sigma, manufactura esbelta y kaizen (López, 2014).

Como parte de las metodologías actualmente conocidas y utilizadas en las empresas exitosas, se encuentra la Metodología Lean Manufacturing, dado su objetivo primordial de la eliminación del desperdicio, en cualquiera de las formas en que se presente. Tal como se menciona como parte de las técnicas innovadoras, la Metodología de Lean Manufacturing es parte de ellas.

2.1.3. **Lean Manufacturing** es conocida en el idioma castellano, como: Rajadell y García (2009) “Producción Ajustada” También conocida como TPS (Toyota Production System) (p. 2). Tiene como meta quitar el desperdicio y los costos; entiéndase como desperdicio, todas las actividades que no agregan valor al producto.

Dicha metodología ve el despilfarro como una oportunidad de mejora, el emplear mucha cantidad de tiempo y de dinero en una actividad, no le agrega valor al proceso. Este tipo de metodología se aplica en su mayoría a los procesos en línea, o en serie donde se producen los productos a una alta velocidad y en gran cantidad.

Es importante que se aborde primeramente el concepto de desperdicio: “el concepto es relacionado al justo a tiempo; Todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto” (Hay, 1989)

Ahora, teniendo claro el concepto de desperdicio, se facilita la identificación de todos aquellos desperdicios en el proceso, que mediante la aplicación de los principios de Lean Manufacturing se busca eliminar.

Antes de implantar esta metodología en una organización, es necesario conocer sobre algunos conceptos, técnicas y herramientas relacionadas con la misma, dentro

de esta también se mencionan 3 pilares que son la base de dicha metodología, las mismas se señalan y describen a continuación: (López, 2014).

Primer Pilar: Mejora continua Kaizen

Kaizen es la unión de dos palabras con el siguiente significado Raja y García (2009) Kai “cambio” y zen “para mejorar”, cambio para mejorar (p.12), cuyo objetivo no solo busca disminuir los costos, sino que se entienda como un cambio en la cultura para estar mejorando constantemente. Esto implica una serie de cambios que se van aplicando de forma gradual y constante por parte de los empleados de la organización. Esta metodología está compuesta por 3 factores:

- a) Percepción, tiene que ver con revelar el problema, lograr captarlo.
- b) Desplegar Ideas: encontrar las soluciones a ese problema
- c) Tomar decisiones, implantarla y dar seguimiento: Optar por la opción más deseable, aplicarla y dar seguimiento al resultado.

Esta metodología de mejora continua se basa en dos tipos de avances: Primer tipo Kaisen; tiene que ver con pequeñas, pero constantes mejoras. Segundo tipo Kayro: tiene que ver con la aplicación de la tecnología en cuanto a innovación, esta requiere de un gasto económico.

Segundo Pilar: Control total de la calidad

Expone que todos los niveles y departamentos de una organización deben de comprometerse con el control total de la calidad, ya que esta es una responsabilidad que recae sobre los mismos empleados. Se presentan 3 características básicas como parte de este pilar, las cuales se nombran a continuación:

- a) Todos los departamentos participan: implica al personal desde la producción, utilizando técnicas que contribuyan a reducir los costos para garantizar la rentabilidad de la empresa y entregarle al consumidor un producto garantizado.
- b) Todos los empleados participan: En esta se incluyen todas las personas que están asociadas al proceso, tal como los proveedores y distribuidores.
- c) Integración con todo el resto de las funciones de la organización.

Tercer Pilar: Justo a tiempo

Conocido por sus siglas (JIT), su objetivo Rajadell y García (2009) “es conseguir reducir costes a través de la eliminación del despilfarro” (p.14). JIT busca fabricar productos en las cantidades y tiempo que realmente se requieran, además sean las cantidades solicitadas. JIT busca cuestionar los tiempos estándar y reducir tiempos de flujo al máximo, la idea principal es la reducción o eliminación del desperdicio para asegurar el plazo de entrega Lead Time, el cual abarca el momento desde que el cliente colocó su orden de pedido hasta el momento que se entrega el mismo al cliente. Actualmente se han utilizado otros sistemas tales como el sistema pull, push y la operación hoshin, a esta última se le conoce también como la guerra al despilfarro.

Con el fin de lograr implementar el sistema de Lean en una organización, es necesario conocer cómo identificar las mejoras en las cuales se debe de trabajar, haciendo uso de las siguientes herramientas: 5S, heijunka, Kanban, SMED (Rajadell y García, 2009).

La metodología que ofrece una gran gama de herramientas idóneas para trabajar un estudio de procesos y capacidad es Six Sigma.

2.1.4. **Six Sigma** según Lefcovich (2009) “Pone primero al cliente y usa hechos y datos para impulsar mejores resultados, los esfuerzos se dirigen a tres áreas principales: Mejora satisfacción del cliente, reducir tiempo de ciclo y reducir defectos” (p. 10).

De acuerdo con lo anterior, se puede entender Six Sigma como una metodología cuyo objetivo es aumentar la productividad y la producción de alta calidad para mantener en el mercado aquellos productos y servicios que satisfagan al cliente.

Los pasos para poder establecer o iniciar un proyecto basado en six sigma, son descritos como DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*): Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar (Lefcovich, 2009).

En su fase de controlar, se ven involucrados los indicadores, los cuales son esenciales en dicha metodología con el fin de dar seguimiento y monitoreo de los cambios, se mencionan algunos de ellos a manera de ejemplo:

- a) Indicadores para controlar y dar seguimiento a los costes.
- b) Indicadores para controlar el tiempo de ciclo de una operación o actividad.
- c) Indicadores relacionados a la satisfacción del cliente, entre otros.

Dicha metodología hace referencia a herramientas las cuales son útiles en diferentes etapas del proceso, por ejemplo: En el área de producción se menciona el

uso de histograma, diagrama de paretto, diagrama de Ishikawa, SPC entre otras (Lefcovich, 2009).

2.1.5. **Teoría de Restricciones** (Goldratt 1990 citado por Wortman 2014) La administración de restricciones puede describirse como la eliminación de los cuellos de botella que limitan la producción o el rendimiento en un proceso (p. 13):

En esta situación lo que se pretende es encontrar una restricción del sistema que está limitando la producción o el rendimiento. Un diagrama de proceso es un buen primer paso para encontrar la restricción (Rother 1999 citado por Wortman 2014, p. 13):

2.1.6. **Muda**, es un término japonés que significa "desperdicio" y fue utilizado por primera vez por Toyota. Se le llama desperdicio a todo lo adicional que se utilice en recurso para la fabricación de un producto (García, 2010). De acuerdo con García (2010), se ha definido como despilfarro a todo aquello que no añade valor al producto, o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. El valor se añade cuando las materias primas se transforman del estado en que se han recibido en otro estado de grado superior de acabado que algún cliente está dispuesto a comprar (p.20). Así entonces, las mudas o desperdicios hacen que el proceso de producción sea menos productivo, ya que no añaden ningún valor al producto final, sino que de lo contrario, producen gastos en diferentes puntos del proceso.

Existen 7 mudas o desperdicios, los cuales se deben tratar de minimizar para no tener tanto gasto y un mejor control del proceso productivo, se mencionan seguidamente: sobreproducción, tiempo de espera, tiempos de transporte, movimientos innecesarios, reproceso, inventario y rechazos de productos.

2.2. Marco atinente a la gestión del proyecto

2.2.1. **DMAIC**, se basa en el ciclo de calidad de Deming PDCA, donde se definen las etapas del proyecto a seguir:

- a) Definir el Problema.
- b) Medir el proceso, actividad actual.
- c) Analizar todos los datos recopilados de método actual.
- d) Mejorar e implementar las soluciones propuestas.
- e) Control y seguimiento sobre las soluciones implantadas (Herrera, 2011).



Figura 2 Ejemplo de pasos que conforman el proceso DMAIC
Fuente: <https://www.google.com>

2.2.2. **Diagrama de Flujo** de acuerdo con López (2014) “Proporciona información sobre todos los componentes que se utilizan para la manufactura de un producto o servicio y permite contar con una visión a nivel macro del proceso que se realiza para manufacturarlo” (p.53). Dicho diagrama ayuda a contemplar todo lo necesario en las etapas del proceso, tal como son: las inspecciones, atrasos, transportes, todo aquello que es necesario para poder finalizar un producto; dicho gráfico emplea símbolos para representar las operaciones los cuales están estandarizadas de acuerdo con la “*American society Mechanical Engineering*” (López, 2014).

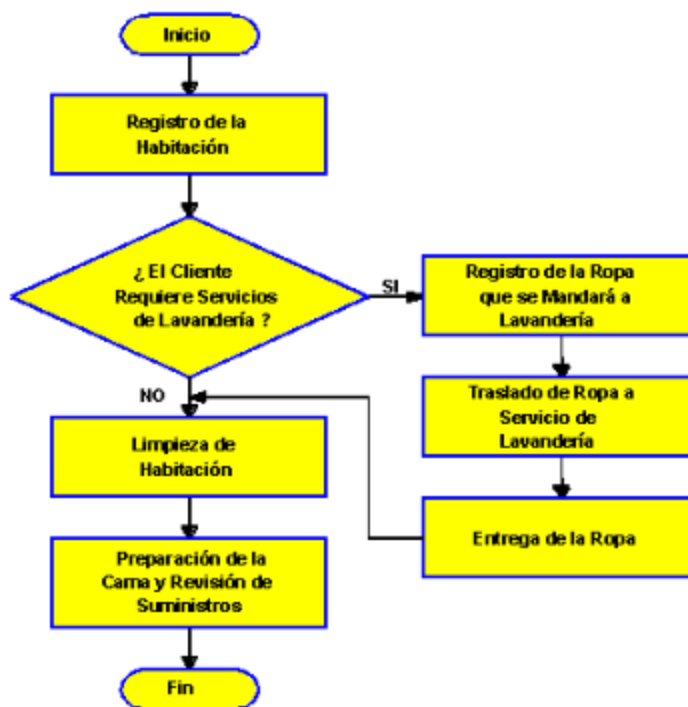


Figura #3 Ejemplo de Diagrama de Flujo
 Fuente: <https://www.google.com>

2.2.3. **Control Estadístico** es Socconini (2015): “la aplicación de métodos estadísticos para analizar datos y para estudiar y vigilar la habilidad y desempeño de un proceso” (p.146). Para dicho proyecto se utiliza la estadística descriptiva, está relacionada con los siguientes elementos: recolección, descripción, visualización y resumen de datos originados (numéricos y gráficos). Entender la relación entre población, muestra y parámetros estadísticos es crucial para el proyecto; (Socconini, 2015):

- a) Población: Totalidad de posibles individuos u objeto de interés sobre los que se hace un estudio.

- b)** Muestra: Parte de una población seleccionada adecuadamente, que observa las características más importantes de dicha población.
- c)** Parámetros: Características que mediante su valor numérico ayudan a describir a un conjunto de elementos o individuos.
- d)** Estadística: Medición o cálculo que se obtiene a partir de un conjunto de datos con el objeto de conocer sus características más relevantes (p.148).



Figura #4 Ejemplo de las Etapas del proceso de un estudio estadístico
Fuente: <https://www.google.com>

Para estudiar a fondo el problema de mayor impacto y definir las causas que ocasionan este problema, una herramienta de gran utilidad es el diagrama de pescado.

2.2.4. **Diagramas Causa-Efecto** de acuerdo a Herrera (2011), “También llamado diagrama de espina de pescado, que consiste en determinar todos los factores que influyen en el resultado de un proceso” (p. 36).

A continuación se describen los pasos para la construcción del diagrama causa efecto o también llamado causa efecto:

- a) Determinar el problema
- b) Encierre la característica de calidad el cuadro y escriba al lado derecho, prolongando una línea horizontal a la izquierda de dicho cuadro.
- c) Escriba las causas primarias y secundarias que afectan dicho problema de calidad conectándolas en la línea horizontal (Herrera 2011, p.37).

La interpretación del resultado del cálculo del ROI se entiende de la siguiente manera: un ROI del 100% significa que por cada colón invertido se obtiene uno más después de cubrir los gastos (se recupera la inversión y se obtiene un colón de ganancia). ROI es utilizado principalmente por contables que manejan fondos en empresas e industrias (Phillips, 2005).

2.2.6. Distribución de Planta, Plata (2014): Estudia la colocación física ordenada de los medios industriales, como el movimiento de materiales equipo, trabajadores espacio requerido para el movimiento de materiales y su almacenamiento, además el espacio necesario para la mano de obra indirecta y todas las actividades o servicios, así como el equipo de trabajo (p.66).

De acuerdo con lo anterior lo que busca el diseño de planta es lograr una mejor distribución de máquinas, verificando: su capacidad, mano de obra, el rendimiento, materiales, especificaciones, los tiempos improductivos, rutas, manejo de materiales, almacenes e inventarios de manera que estas actividades generen un valor a dicha actividad o proceso de producción. Todos estos factores anteriormente mencionados se mantienen en estrecha relación para poder lograr un cambio en el método y poder mejorar el proceso. (Plata, 2014).

De acuerdo con Plata (2014), se nombran los objetivos de un diseño de planta:

- a) Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- b) Elevación de la moral y satisfacción del obrero.
- c) Disminución de los retrasos de producción.
- d) Optimización del uso de los espacios para las distintas áreas.
- e) Reducción del manejo de materiales.
- f) Maximización del uso de maquinaria.
- g) Reducción del material en proceso.
- h) Acortamiento del tiempo de fabricación. (p.67)

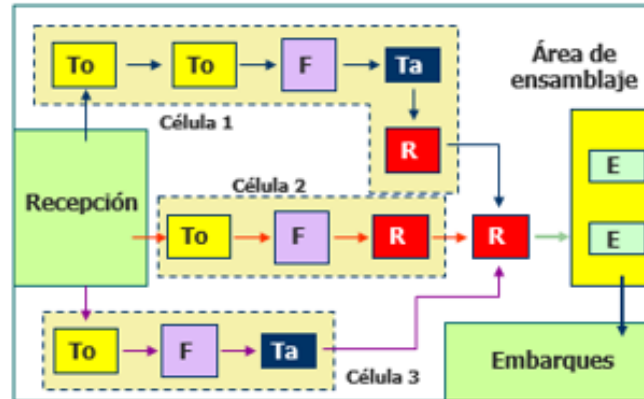


Figura #6 Ejemplo del diseño de planta
Fuente: <https://www.google.com>

2.3. El marco conceptual referente al impacto del proyecto

2.3.1. Aumento de la Productividad

El objetivo primordial de este proyecto es el aumento de la productividad, con el fin de obtener un aumento en la cantidad de trabajo que puede realizar. De esta manera, siendo el proceso más productivo, se pueden eliminar los problemas que se han generado como resultado del atraso y acumulación de trabajo pendiente.

Sobre la productividad de un proceso, menciona (Groover, 1997, p. 8) que una de las limitaciones de un proceso es la cantidad de producción que puede generar en un periodo establecido y que esta limitación es conocida como capacidad de producción.

Groover, (1997) “Esta se define como la velocidad máxima de producción que se puede lograr en condiciones dadas de operación” (p. 9).

Estas condiciones dadas se refieren a la cantidad de horas laborales, cantidad de mano de obra y otros. Por medio de la utilización y puesta en práctica de las diferentes herramientas, métodos y conocimientos ingenieriles adquiridos en el estudio de la carrera de ingeniería industrial, se buscarán esas condiciones dadas, necesarias, para que el proceso maximice su capacidad y cumpla con el procesamiento del trabajo, según los tiempos requeridos y en el plazo dado.

Según Taiichi, (1991) La ingeniería industrial es un sinsentido a menos que involucre la reducción de costos y el aumento de las ganancias, la mejora de los métodos de fabricación no solo debe incluir planes de inversión de gran escala, sino también la simplificación del trabajo para que se reduzca el número de obreros necesarios para completar un trabajo, o cambiando el *layout* de operación (p.).

Partiendo de lo anterior, el objetivo primordial de la ingeniería industrial es la maximización de la eficiencia y capacidad de los procesos con el fin de hacerlos más productivos. Constituye también, una relación entre la cantidad de recursos consumidos y la cantidad de productos que se obtienen. Indica que con una

agresividad nunca antes vista, las empresas están resolviendo aspectos como la reducción de tiempos y el aumento de la calidad a través de una mejora en la productividad. (Taiichi, 1991).

2.4. Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

Por el tipo de actividad comercial a la que empresa se dedica, no existe empresa similar para poder determinar un comparativo y así poder definir los alcances positivos o negativos de la implementación de los procesos. Dicha empresa cuenta con pocos años de haber iniciado operaciones en Costa Rica, por lo tanto, se han dedicado a realizar las transferencias de los procesos de manera exacta sin realizar ninguna variación a los mismos con el fin de acelerar el arranque del proceso de producción y actualmente la capacidad de los ingenieros no alcanza para efectuar dichos análisis de mejora, por lo cual la empresa contrata servicios de outsourcing para dar seguimiento a ciertas mejoras en el proceso con el fin de alinearlas con requerimientos a los cuales se ven sometidos por las normas de FDA e ISO 9001-2015 y mejorar la capacidad de los procesos.

Sin embargo, tomando como referencia algunos proyectos de tesis relacionados con el área de Ingeniería Industrial, se denota un factor en común entre ellos, el

aumento de la productividad de los procesos, el cual es uno de los fines de este proyecto.

A manera de referencia se adjuntan algunas tablas y datos de análisis los cuales muestran las mejoras a nivel de proceso y el impacto a nivel de inversión.

Aplicando diferentes tipos de herramientas de análisis e implementación, tales como: estudio estadístico, estandarización de las operaciones, cadena de valor, análisis de MUDAS, paretos, histogramas, Ishikawa, 5 porqués, distribución de planta, cálculo de inversión, DMAIC, 5Ss, entre otras, fueron la base para plantear el panorama actual y el futuro, las cuales fueron aplicadas a discrepancia del autor de cada una de las tesis consultadas, con el fin de obtener un aumento en la productividad y aumento de la capacidad del proceso.

A continuación, se muestran los resultados aplicables para la empresa Dispositivos Médicos Santa Lucía, cuyo objetivo del proyecto fue el aumento de la capacidad de producción del proceso de producción de archivo de documentos.

Proceso	Ganancia	Equivalente Monetario
Recibo de documentos	9.7% de tiempo de proceso	435,466 colones Anuales
Escaneo	19% y 12% de tiempo de proceso	852,975 colones y 538,721 colones anuales
Inspección	1 Plaza Liberada	6,190,306.56 colones anuales

Tabla 2 Resumen la ganancia económica de las mejoras implementadas a los procesos
Fuente: Elaboración Propia

Al realizar el análisis costo beneficio, se calcula el VAN y el TIR y se determina un VAN de ¢ 173.076.001 y una TIR del 109% anual, lo que hace factible el proyecto, ya que en el primer periodo se recuperaría la inversión.

Los resultados obtenidos para la empresa Beneficio el Diamante, COOPEATENAS R.L, cuyo objetivo fue centrado en la reducción del tiempo de proceso de café tostado, secado, molido y empacado. La siguiente tabla muestra la reducción total del tiempo de procesamiento en el proceso de café Tostado, Molido y Empacado.

Reducción de Tiempo de Proceso					
Datos	La Villa (mint)	Villa Real (mint)	Ateneo (mint)	Villa Diamante (mint)	TOTAL
Propuesta de Implementación1	863	465	555	405	2288
Propuesta de Implementación1	13929	6150	6791	5549	32419
Propuesta de Implementación1	6046	7483	3938	3149	20616
Ahorro en minutos	20838	14098	11284	9103	46220
Ahorro Económico	¢678,228.28	¢458,857.00	¢367,267.87	¢296,281.41	¢1,504,353.15

Tabla 3 Muestra el ahorro económico con la propuesta de implementación

Fuente: Reducción del tiempo de proceso de café tostado, secado, molido y empaclado en Beneficio el Diamante, COOPEATENAS R.L. para Julio del 2016

Por último, se muestran los resultados obtenidos para la empresa DOS PINOS, cuyo objetivo se basó en incrementar el rendimiento del proceso de productivo en la línea 18lts Gable top (H5) y Federal 2 a la capacidad teórica instalada en el área de pasteurizados. Se logró aumentar la producción en 8122 unidades para la línea H5 y en 17000 unidades para la Federal 2, estas cifras a nivel diario pues las horas que se lograron disminuir, son de los lavados y programación diaria de cada línea respectivamente.

Línea	Velocidad por minuto	Minutos	Total de Unidades
H5	100	81,22	8122
Federal	100	170	17000
Total de Unidades			25122

Tabla 4 Muestra el aumento en cantidad de unidades, con la propuesta de implementación

Fuente: Elaboración Propia

En resumen, cada una de estos proyectos obtuvo resultados en cuanto a ganancias monetarias, tiempo y producción y sirvieron como una base de referencia para este proyecto el cual tiene como fin el aumento de la productividad del proceso de la prueba de Peel, en el área de banda gástrica.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología para la definición del problema

Por medio de observación directa se determinan las operaciones que conforman el proceso actual de la prueba de Peel, se realiza una toma de tiempo para cada una de ellas.

Utilizando la estadística descriptiva para un análisis, se hizo uso de las medidas de tendencia central y dispersión, esto dio como resultado un panorama actual del proceso de prueba Peel en cuanto a variación de los datos entre las diferentes operaciones que componen el proceso.

Adicionalmente el uso de la técnica de la entrevista con los técnicos a cargo de realizar la prueba de Peel, se generó un cuadro inicial, el cual contiene las mudas.

3.2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

De acuerdo con las metodologías sugeridas por six sigma, se hizo uso del Diagrama de Flujo con el fin de conocer el proceso actual de Peel Test, su secuencia y actividades desarrolladas actualmente.

Por medio de observación directa se realizó toma de tiempos a cada operación con el fin de conocer el tiempo actual de duración para cada una de ellas ya que actualmente el área no cuenta con tiempos estándar establecidos para el proceso, se hizo uso del método de cronometraje de vuelta a cero.

Se realizó un análisis de variabilidad a los tiempos basado en las medidas de tendencia central y dispersión, que mostró cual operación tiene mayor variabilidad de datos entre ellas.

Por medio de entrevista con los técnicos se generaron las posibles causas de desperdicio, mudas relacionadas a cada una de las operaciones las cuales dieron un panorama inicial como punto de partida y se encuentran relacionadas a la pérdida de productividad.

A través de un diagrama de Ishikawa se recopilaban las posibles causas que se atribuyen o pudieron estar relacionadas con pérdidas de la productividad y así resumir todas aquellas relaciones entre las causas y efectos del proceso.

Seguidamente se genera una matriz de ponderación en donde se recopilan a las causas registradas en el Ishikawa, a las cuales se les asignó un valor de importancia de acuerdo con el criterio experto, con el fin de generar soluciones basadas en las que obtuvieron un mayor valor porcentual, para conocer cuál factor impacta en mayor medida el proceso actual y como guía para el establecimiento de las propuestas.

Se obtuvieron datos históricos relacionados con la producción actual para compararlos contra la demanda y con esto lograr conocer la productividad actual del proceso.

3.3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

Tomando como base inicial los resultados relacionados con el análisis de variabilidad, análisis de MUDAS y sumado a la información recopilada de tiempos, datos históricos de demanda y la capacidad del proceso actual, se logró obtener el enfoque con el evidenciar las causas de los problemas para cada una de las operaciones.

Teniendo claro las causantes de la disminución de la capacidad del proceso, se procede a establecer propuestas en las cuales se disminuyan o eliminen por completo, los desperdicios o variabilidad asociados a cada una de las operaciones, con el fin de mostrar el panorama actual y las mejoras relacionadas a las propuestas.

3.4. Metodología para la implementación del proyecto

Las oportunidades de mejora que representen un costo fueron analizadas con base en el retorno de inversión ROI, con el fin de que la empresa realice su debido análisis y decida su debida implementación.

Cualquier mejora propuesta, sigue los estatutos de la empresa, en cuanto a las especificaciones de calidad que el proceso debe cumplir, políticas de seguridad, manteniendo, entrenamiento, una nueva versión del procedimiento que incluyó los nuevos cambios, de acuerdo con las regulaciones que le aplican como industria médica, tales como ISO 9001:2015 y las de la FDA.

3.5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Implementación de los cambios en los procedimientos de acuerdo a las normas ISO: 9001-2015 y de FDA, por las cuales se rige el cliente de AGM consultores.

El seguimiento de las métricas, en las diferentes áreas y departamentos de la empresa, actualmente establecidas por la empresa, cumplen con el fin de medir la respuesta a los cambios aplicados, cada métrica tiene un dueño asignado quien realiza dicha evaluación de los resultados de manera mensual.

En las reuniones de Gerencia que se realizan cada cuatro meses, se realiza una evaluación del panorama general de la empresa, a manera de otro control y seguimiento de los resultados aplicados con las mejoras y se ve como una oportunidad para dar seguimiento de mejora al sistema.

El proceso de auditoría interna es un sistema que brinda información valiosa sobre el estado actual de los procesos, por lo tanto, cualquier desviación a los mismos es reflejada ante gerencia, esta se le asigna el dueño del proceso y se debe de corregir con el fin de regresar al estado de control inicialmente implantado o mejorarlo.

En adición la empresa cuenta con un sistema de auditorías externas, en el cual un ente externo es quien se encarga de realizar dicha evaluación enfocada en el cumplimiento del sistema, incluyendo las métricas y los resultados obtenidos en las auditorías internas.

CAPÍTULO IV

LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1. Situación actual

A continuación, se realiza una descripción de la situación actual para la línea de banda gástrica, es un procedimiento mínimamente invasivo que ofrece una pérdida de peso significativa y duradera. El sistema resulta totalmente ajustable, lo que le permite ayudar a los pacientes a alcanzar sus objetivos de pérdida de peso a largo plazo a través de un abordaje laparoscópico menos invasivo.

En un estudio reciente, los pacientes con el sistema de la banda gástrica mostraron un promedio de un 65% de reducción de peso al año.



Figura 3 Foto con fines ilustrativos de una banda gástrica
Fuente: <https://www.google.com>

Actualmente la empresa, tiene a disposición para realizar la prueba de Peel, dos Técnicos de calidad, los cuales laboran bajo una jornada de lunes a viernes en

horario de 06:00 a.m-03:30 p.m. En el área de manufactura, para el proceso de sellado se asignan dos operadores por turno, con una jornada de 06:00 a.m. a 03:30p.m.

4.1.1. Lista de Catálogos

Actualmente esta línea cuenta con un catálogo de 21 números de parte, ver tabla #5, todos estos números de parte utilizan el mismo empaque ya que lo único que varía de un número de parte a otro, es la cantidad de componentes o la combinación entre estos que se empaca dentro de las bandejas. Los componentes son empacados dentro de una bandeja interna, la cual tiene la forma de cada uno de los componentes, para facilitar el empaque y desempaque de los mismos, que estos no se muevan durante el transporte a través de los procesos siguientes y durante su recorrido hasta el cliente final, posteriormente la bandeja interna se empaca en otra bandeja a la cual se le llama externa, con el fin de tener una doble barrera que asegure la esterilidad de los componentes, posterior al proceso de esterilización y el daño durante todas las etapas siguientes del proceso.

Descripción	Numero de Parte
AP Standard w/ Access Port I	DRW-15129-06
AP Large w/ Access Port I	DRW-15129-05
AP Standard w/ Access Port II	DRW-15129-04
AP Large w/ Access Port II	DRW-15129-03
AP Small w/ Access Port II	DRW-15129-02
AP Large w/ Access Port II	DRW-15129-01
AP Small w/ Access Port II	DRW-15129-08
AP Large w/ Access Port II	DRW-15129-07
AP Standard w/ RapidPort EZ	DRW-15288-04
AP Large w/RapidPort EZ	DRW-15288-03
AP Small w/ RapidPort EZ	DRW-15288-02
AP Large w/ RapidPort EZ	DRW-15288-01
Access Port I, AP Standard	DRW-15207-04
Access Port I, AP Large	DRW-15207-05
Access Port II, AP Standard	DRW-15207-03
Access Port II, AP Large	DRW-15007-02
Access Port II, AP Small	DRW-15007-07
Access Port II, AP Large	DRW-15007-00
RapidPort EZ, AP Standard	DRW-15016-02
RapidPort EZ, AP Large	DRW-15016-01
RapidPort EZ, AP Small	DRW-15016-04

Tabla 5 Catálogo de números de parte para la línea Gástrica
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Tipo de Material

Estas bandejas internas y externas se componen por un lado de papel flexible y otro de plástico rígido, ambas partes son selladas entre sí. La unión entre estos dos materiales es donde se aplica la prueba de Peel, la cual busca que el resultado de

fuerza del sello sea igual o mayor a una libra fuerza. El requerimiento está establecido por el órgano regulador de los Estados Unidos *Federal Drug Administration* con sus siglas en inglés FDA. Los empaques deben de cumplir una prueba de fuerza en el sello, la cual es ejecutada de acuerdo con la norma aplicable a este tipo de materiales, ASTM F-88. Ver tabla #6, para la descripción de los materiales.

	Papel	Plástico
	Material: TAPA: Dupont 1073B Tyvek; Adhesivo: TPT-0280Z (Oliver-Tolas Healthcare Packaging); Tinta de flecha: THCP 0048, Color PMS 302 azul	Material: película de policarbonato grado médico 0.030 "(USP clase VI), transparente, sin recubrimiento
Bandeja Interna	DRW 15047	DRW 15060
Bandeja Externa	DRW 15059	DRW 15048

Tabla 6 Tipo de materiales que componen la bandeja de prueba
Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Demanda de Unidades

La demanda para la línea de banda gástrica en el período de enero a septiembre 2017 fue de 767 en cantidad total de lotes y la cantidad de lotes producidos para este mismo período, fue de 741, ver figura #9, 26 lotes en total para este período no fueron producidos en el tiempo que fueron requeridos.

Esto afecta el planeamiento para cada mes pues debido a que no se logra alcanzar la meta mensual en cantidad de unidades, estas se deben de sumar a la demanda del siguiente mes, aumentando el requerimiento de cada mes y sumado a esto la demanda presenta aumento cada mes, tal como se logra observar el comportamiento en el ver figura #9.

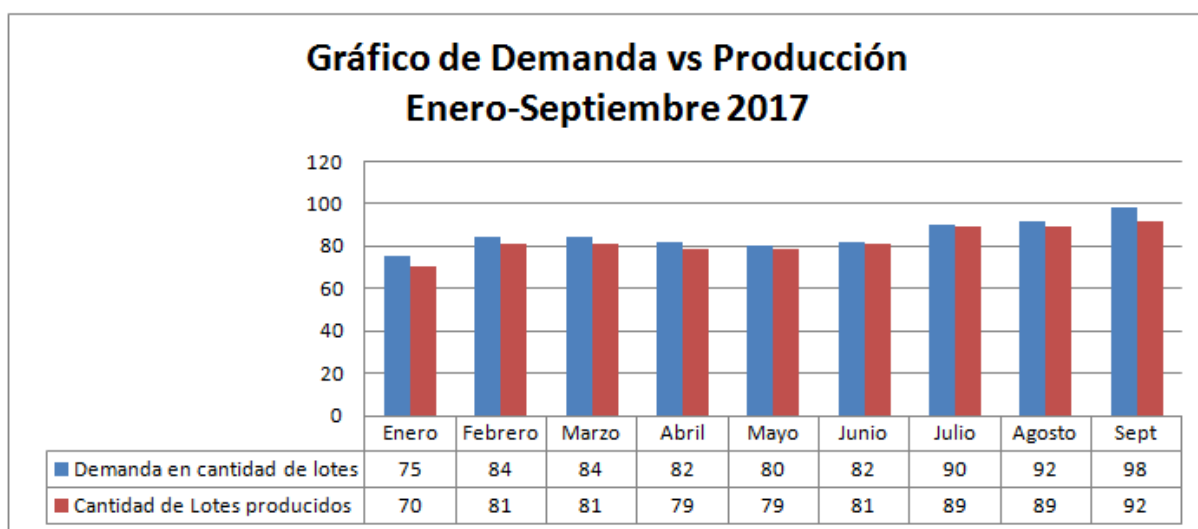


Figura 4 Comparativo de Demanda vs lotes Producidos
Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Gastos del Proceso Actual

Con el objetivo de intentar alcanzar la demanda total de unidades, fue necesario hacer uso de recursos adicionales, tales como, horas extras, por parte del personal de producción, ya que ellos deben de sellar las unidades para muestrear y el resto del lote, calidad son quienes realizan la prueba de Peel y dan el visto bueno a manufactura para que puedan sellar y en bodega a quien le corresponde estar preparando las solicitudes de los materiales que solicita manufactura.

Basado en el soporte brindado por todos los departamentos fue necesario realizar un total de 667.5 horas, con un costo aproximado de ₡8.328.800, para un período de 9 meses en total, en el período de cierre fiscal de enero-septiembre 2017, ver tabla #7. Tomando en cuenta que se extendió la jornada hasta el sábado en algunas semanas y se tuvieron que incurrir en otros tipos de gastos, tales como almuerzos y el uso de transporte.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Total
Demanda en cantidad de lotes	75	84	84	82	80	82	90	92	98	767
Cantidad de Lotes producidos en total	70	81	81	79	79	81	89	89	92	741
Cantidad de lotes producidos en horario normal	45	51	57	51	55	49	53	57	56	474
Cantidad de lotes producidos en horas extras	25	30	24	28	24	32	36	32	36	267
Percentage producido en tiempo extra	36%	37%	30%	35%	30%	40%	40%	36%	39%	36%
Cantidad de horas promedio invertidas por lote (2.5 h/mint)	62.5	75	60	70	60	80	90	80	90	667.5
Costo de horas extras de técnico de Calidad (1 técnico) (2.500 costo aproximado por hora)	₡234,375	₡281,250	₡225,000	₡262,500	₡225,000	₡300,000	₡337,500	₡300,000	₡337,500	₡2,503,125
Costo de horas extras de Operarios (2 operarios) (1.100 costo aproximado por hora x operario)	₡234,375	₡281,250	₡225,000	₡262,500	₡225,000	₡300,000	₡337,500	₡300,000	₡337,500	₡2,503,125
Gastos aproximado de Transporte	₡42,000	₡132,000	₡57,000	₡42,000	₡69,000	₡126,000	₡75,000	₡95,000	₡120,000	₡758,000
Gastos aproximado en alimentación (2 operarios/1 técnico de Calidad)	₡5,850	₡8,775	₡5,850	₡5,850	₡5,850	₡8,775	₡5,850	₡5,850	₡8,775	₡61,425
										₡8,328,800

Tabla 7 Tabla de costos por hora del personal requerido para el proceso y gastos adicionales

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Demanda de Catálogos

En adición la demanda para la cantidad de catálogos se ve afectada de manera indirecta por no cumplir con la cantidad de unidades por manufacturar. Para el cierre del año fiscal, que comprende el período de enero a septiembre del 2017, la cantidad de 68 catálogos, ver figura #10, un promedio de 7.5 catálogos por mes, no fueron producidos en el momento requerido.

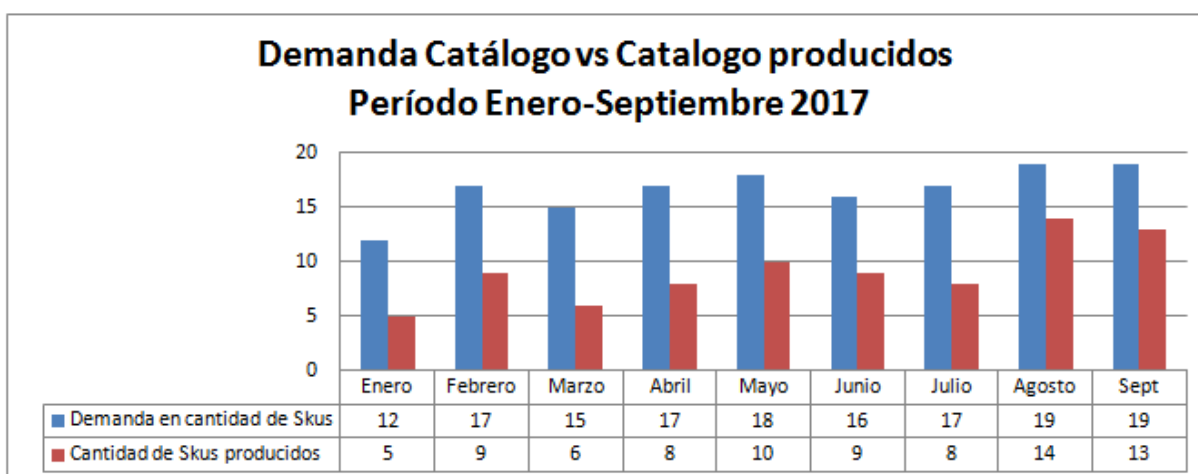


Figura 5 Comparativo de Demanda de catálogos vs catálogos Producidos.
Fuente: Elaboración Propia

4.1.6. Impacto Cliente Interno

A fin de conocer el impacto que genera a los clientes internos, los atrasos en los procesos subsecuentes por no cumplir con la cantidad de producción y en la cantidad de catálogos por producir, los cuales deben de reponerse en los meses posteriores,

se aplica una encuesta a los operarios y técnicos de calidad a fin de conocer su sentir.

Los resultados obtenidos reflejan que algunas veces se les comunica y otras no sobre la cantidad de unidades no producidas en otros procesos, la razón por la cual no se alcanzó la meta en otras operaciones en la mayoría de casos no es informada, comprenden en su mayoría que si no cumplen con lo que se les solicita en su proceso, esto afecta en el siguiente, porque ellos rotan en cada una de las operaciones, la mayoría se encuentra muy insatisfechos con la planeación de las horas extras pues se informan muy a destiempo lo cual implica que deban cambiar sus planes para poder cumplir con los que se les solicita, se les asigna durante el turno las operaciones que deben de cubrir durante el tiempo extra, sin embargo, al momento de llegar al área se les cambia de operación y los impacta físicamente ya que hay operaciones que requieren un mayor esfuerzo que otras, lo que les genera mucho cansancio físico y ocasiona desacuerdo en la cantidad de horas extras que realizan por semana.

4.1.6.1. Resultados Encuesta Cliente Interno

Preguntas	Muy Insatisfecho	Insatisfecho	Medianamente insatisfecho	Satisfecho	Muy Satisfecho
Se le comunica cada vez que la producción planeada no sale en un proceso		36%	50%	14%	
Se les comunica la razón por la cual no se alcanzó la producción planeada		14%	64%	21%	
El equipo comprende los requisitos y necesidades del cliente interno para el siguiente proceso		21%	43%	21%	
Las horas extras se programan y avisan con tiempo	14%	36%	29%	21%	
Cómo se siente al realizar horas extras no programadas	64%	36%			
Motivación y gusto por el trabajo que se le asigna durante las horas extras		36%	43%	21%	
Se ha sentido sobre cargado en las actividades asignadas durante las horas extras		50%	36%	14%	
Cómo se siente con el nivel de horas extras que realiza	29%	43%	29%		
Realizar horas extras le genera cansancio	14%	50%	36%		
Realizar horas extras afecta con su vida personal	21%	43%	36%		

Tabla 8 Tabla resumen de resultados obtenidos en encuesta al cliente interno
Fuente: Elaboración propia

4.1.7. Impacto Cliente Externo

Por medio del proceso de monitoreo el cual es aplicado a esta empresa, se refleja el impacto sobre el cliente externo, esta evaluación se realiza de manera periódica, cada seis meses, entre acuerdo de las partes, este implica la evaluación de las capacidades del suplidor en diferentes rubros relacionados con la calidad, servicio, producto, investigaciones y documentación enviada.

A cada uno de estos rubros se les asigna un porcentaje, cuya suma total al final debe cumplir con el 100 de los puntos, si se cumple a cabalidad el total de los rubros, este cliente maneja una escala de 95-100 sobresaliente, 90-95 excelente, 80-90 bueno, 70-80 regular y menos de 70 deficiente, en el cual ubica a sus clientes y de este depende los niveles de control que les aplica al producto enviado.

En el reporte entregado, aplicable para el último semestre del año 2017, dio como resultado final de la evaluación 81 puntos, de acuerdo con la escala a este se le categoriza, como bueno, el rubro que mayormente resalta por su puntaje bajo es el del volumen, el cual consiste en entregar la cantidad de unidades solicitadas.

			Agosto-Diciembre 2017
Rubro	Descripción	Puntaje	Resultado
Incoming	Cantidad de producto aceptable, sin defectos.	20	18
Entregas a tiempo	El producto llegó en el tiempo acordado entre ambas partes.	20	16
Volumen	Esta cantidad debe de coincidir con la cantidad solicitada.	20	15
Quejas	Si las quejas enviadas fueron contestadas a tiempo y se dio seguimiento a la investigación.	20	17
Documentación	Que la documentación sea la correcta, sin correcciones y la requerida.	20	15
TOTAL			81

Tabla 9 Tabla de resultados de evaluación del proveedor, último semestre año 2017
Fuente: Elaboración propia

Durante el cierre del año fiscal, que comprende el período de enero-septiembre 2017, no se logra alcanzar en su totalidad la demanda de lotes por embarcar, solicitados por el cliente, dejando de percibir para este período un total de \$386.688,00 en total, sin embargo, este es un efecto que ocasiona la operación del proceso de sellado de manera indirecta sobre el resultado final en la entrega de producto, ya que posterior a este proceso, se dan otras actividades necesarias para terminar de procesarlo y en donde aún se da la posibilidad de rechazar lotes completos debido a los resultados de muestreos aplicados por el personal de calidad, los cuales afectan el resultado final en la entrega del mismo hasta el cliente final.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Total
Demanda de lotes a embarcar	75	84	84	82	80	82	90	92	98	767
Cantidad de lotes embarcados	66	76	72	75	72	74	72	75	79	661
Cantidad de lotes faltantes	9	8	12	7	8	8	18	17	19	106
Precio aproximado de Venta por unidad \$350	\$63,000.00	\$56,000.00	\$84,000.00	\$49,000.00	\$56,000.00	\$56,000.00	\$126,000.00	\$119,000.00	\$133,000.00	\$805,600.00
Impacto monetario por mes, por la cantidad de lotes no enviados en el periodo planeado	\$30,240.00	\$26,880.00	\$40,320.00	\$23,520.00	\$26,880.00	\$26,880.00	\$60,480.00	\$57,120.00	\$63,840.00	\$386,688.00

Tabla 10 Impacto monetario cliente Externo
Fuente: Elaboración propia

4.2. Capacidad actual del proceso

La capacidad actual del proceso se ve impactada debido al tiempo requerido para realizar la prueba de Peel, aproximadamente 1.43 minutos corresponden a pruebas iniciales y finales, del total del tiempo requerido para completar el proceso de sellado que es de 2.5 horas aproximadamente por lote, se producen la cantidad máxima de 3 lotes por turno , cada lote está conformado por la cantidad de 20 sets en total, antes de iniciar la producción de cada lote, se ensamblan al inicio del lote 4 unidades de bandejas para ser utilizadas como muestras: 2 bandejas externas y 2 bandejas internas a las cuales se les realiza la prueba de Peel por parte del personal de calidad con el fin de probar la fuerza del sello ya que este producto se esteriliza posteriormente, por lo tanto se requiere que la fuerza del sello sea la establecida por el proceso para soportar los procesos posteriores y hasta que llegue al cliente final, el lote no inicia la operación de sellado en el resto del lote, hasta obtener los resultados de la prueba de Peel y estos comprueben que se encuentran dentro de especificación, el resultado de fuerza del sello deben de ser mayor o igual a una libra.

Al finalizar de sellar las 20 unidades correspondientes al lote por parte del personal de manufactura, se ensamblan otras 4 unidades adicionales utilizadas para muestras, 2 bandejas externas y 2 bandejas internas a las cuales se les realiza la prueba de Peel por parte del personal de calidad, con el fin de asegurarse que dicho lote cerró bajo condiciones aceptables, ver tabla #11 como resumen de lo anterior.

	Método Actual
Tiempo disponible del turno	8.5 horas
Tiempo aproximado requerido para sellar un lote	2.5 horas
Cantidad total de unidades del lote	20 unidades
Cantidad de bandejas selladas para prueba al inicio de lote	4 bandejas (2 internas y 2 externas)
Tiempo promedio de duración en minutos para pruebas iniciales del lote	53.17 minutos
Operarios requeridos para sellar 1 lote	2
Técnicos de calidad requeridos para realizar prueba de Peel durante turno	2
Cantidad de bandejas selladas para prueba al cierre de lote	4 bandejas (2 internas y 2 externas)
Tiempo promedio de duración en minutos para pruebas finales del lote	53.17 minutos
Tiempo Total promedio para prueba de Peel por lote	1.46 minutos
Cantidad máxima de lotes producidos durante el turno	3 lotes

Tabla 11 Productividad del proceso actual
Fuente: Elaboración propia

4.3. Descripción del proceso

Se procede a describir las operaciones que conforman el proceso de Peel, para conocer las diferentes actividades que componen el proceso actual y así realizar un análisis de estas a fin de entender donde se da la baja productividad, ver diagrama de flujo, figura #11.

4.2.1. La operación #1, identificación de las muestras

Esta inicia con la recolección de las muestras, estas vienen desde adentro del cuarto limpio donde fueron ensambladas y enviadas por manufactura, en una ventana de transferencia, calidad debe ingresar al cuarto de transferencia, cumpliendo con el código de vestimenta para dicha área y las transporta hasta el área de incoming, en total se recorren 28.73 metros en total, para recogerla y llevarlas hasta donde se van a realizar las pruebas, seguidamente las coloca en un contenedor las 4 muestras, 2 bandejas internas y 2 bandejas externas; va agarrando de una en una para marcar las líneas sobre el papel que indican el área de corte, con un pilot y una regla se marcan, cumpliendo con una distancia de 1 pulgada, ancho de 3 pulgadas y marcando las posiciones en cada una de las muestras de acuerdo a procedimiento para darle un orden y guía con el fin de conocer la trazabilidad y poder dar seguimiento si alguna de estas muestras, por si alguna fallara durante la realización de la prueba, al final se deben de haber marcado en total 16 muestras entre las 4 bandejas.

4.2.2. La operación #2, corte de las muestras

En esta operación se procede a efectuar el corte de cada una de las secciones que se identificaron sobre las bandejas, en total se deben de cortar 16 secciones, 4 secciones por bandeja, se realiza el corte con una tijera que se utiliza para cortar zinc, debido a lo rígido del plástico lo cual asegura un corte, sin embargo, debido a los dobleces-irregularidades presentadas en la bandeja interna que ya vienen de un

proceso de formado con el fin de colocar componentes específicos, hace que el corte sea difícil y no parejo, el técnico de calidad realiza cada corte de acuerdo a su fuerza, agilidad y rapidez, cada sección que se corta dentro de cada una de las bandejas debe de respetar la identificación del ancho y largo marcado en la operación previa en el lado del papel, se deben de evitar cortes irregulares ya que esto puede producir resultados erróneos al momento de realizar la prueba.

4.2.3. La operación #3, seteo del programa del equipo Instron

En esta operación se debe de ingresar al software del equipo Instron el cual consta de varias pantallas, donde se solicita cierta cantidad de información, llenar algunos espacios obligatorios para poder continuar y acceder a las pantallas siguientes, en algunas de estas pantallas se dejan espacios en blanco los cuales no se requieren para la prueba de Peel, o en caso contrario, no deja continuar a otra pantalla, si no se completa información que no es requerida para esta prueba, sin embargo, si en otras, ya que, este equipo no es exclusivo para esta prueba por lo cual algunas veces se debe de cerrar el programa que se haya utilizado en otra prueba previamente y así poder abrir el que se necesita al momento de realizar dicha prueba de Peel, dicho seteo se debe de realizar solamente una vez al inicio de la prueba, no obstante, por no ser un equipo exclusivo para la prueba se debe de realizar este procedimiento varias veces en el turno.

4.2.4. La operación #4, seteo del equipo Instron

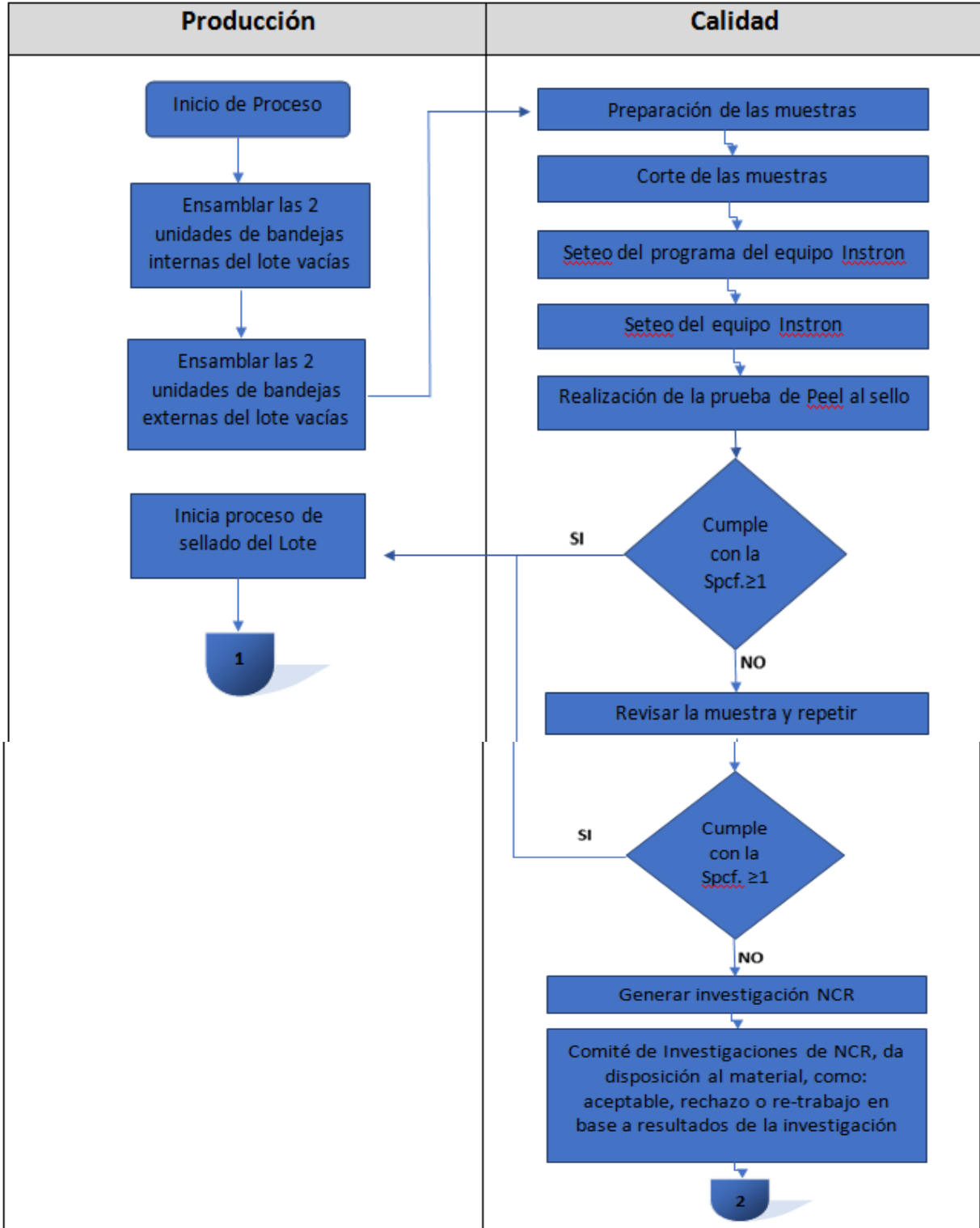
Posterior al seteo del software se debe de preparar algunas partes mecánicas del equipo para realizar la prueba de Peel, tal como es la distancia de 1 pulgada entre prensas, lo cual requiere de mucha precaución ya que si estas llegan a tocarse entre ellas, se magnetizan y pueden pegarse por completo y no se podría realizar ninguna prueba hasta que un técnico especializado revise y desprende las mismas, se debe de preparar la distancia a la que debe de detenerse la prueba al momento que se está efectuando para que no siga jalando y se detenga al momento que se desprende la muestra el plástico del papel, cualquier movimiento de distancia debe de realizarse de manera cuidadosa para evitar que las partes peguen contra otras, adicionalmente, estos ajustes se hacen al inicio de la prueba, sin embargo, se debe de repetir durante varias ocasiones en el mismo turno, debido a que el seteo inicial de las partes se altera para otro tipo de prueba diferente.

4.2.5. La operación #5, realización de la prueba

En esta operación es donde se realiza la puesta de la muestra entre las prensas, para desprender el plástico del papel y así medir la fuerza de sellado entre ambas partes, el equipo cuenta con una puerta de seguridad transparente la cual debe de abrirse y cerrarse cada vez que se coloca y retira la muestra de las prensas, se debe de posicionar la muestra entre las prensas de manera muy precisa, tratando que esta quede lo más recta posible y no quede torcida para evitar resultados erróneos, debido a que no se coloca de manera perpendicular a las prensas, para evitar que

jale más de un lado que de otro, finalizada la prueba se obtiene el valor en la pantalla del software y este debe de anotarse cada valor de manera individual, durante cada finalización de prueba en un formulario, el cual se maneja a unos metros del equipo instron debido a lo grande del mismo, la pantalla donde se refleja el resultado en el software está en una mesa aparte de este equipo.

4.2.6. Diagrama General del Proceso



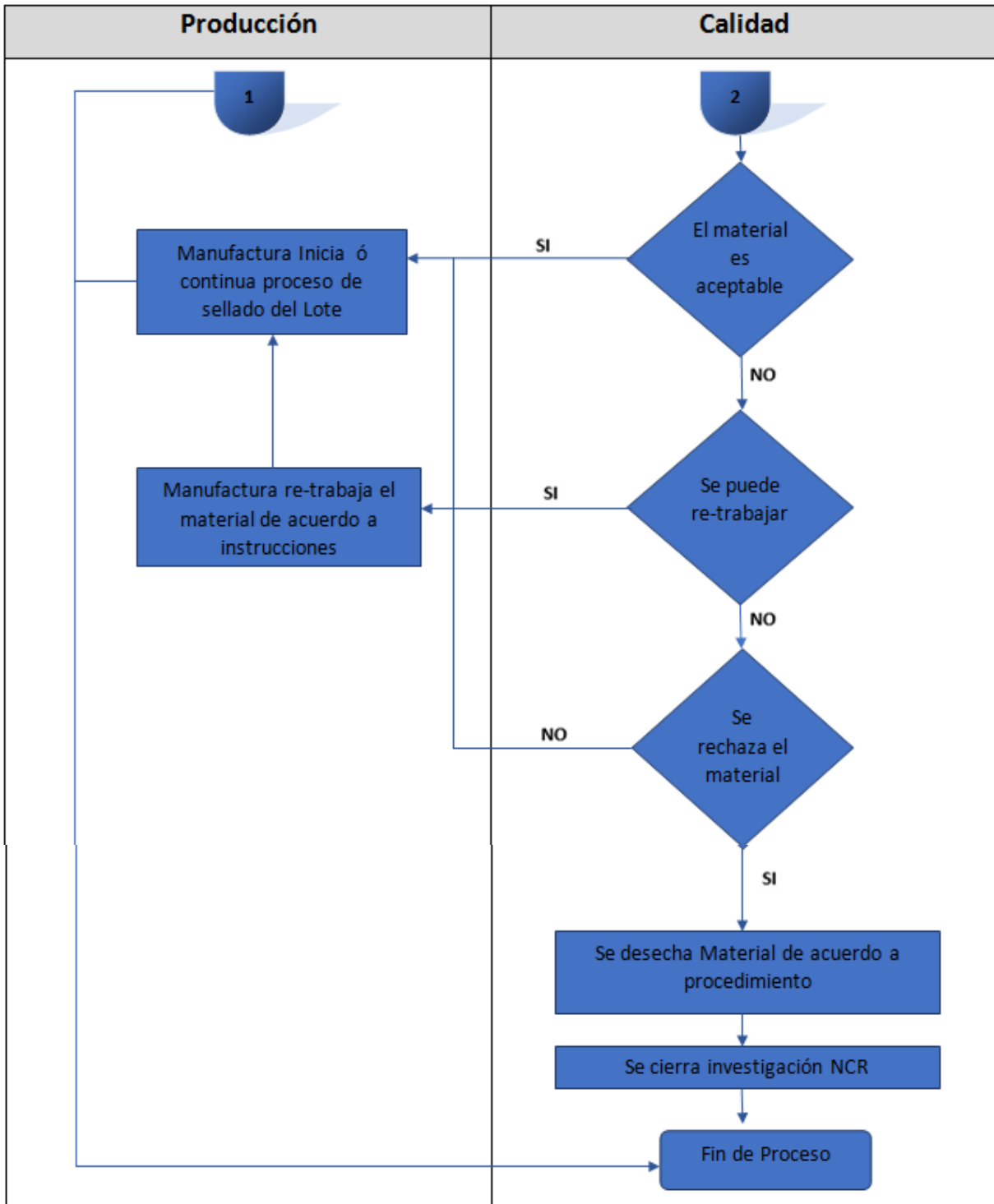


Figura 6 Diagrama de Proceso de Prueba de Peel
Fuente: Elaboración Propia

4.4. Análisis de variabilidad del tiempo de las operaciones

Teniendo claro las operaciones que componen a este proceso, se procede a realizar el desglose de actividades y se analizan los datos correspondientes a un período de 5 semanas, en promedio 6.6 lotes por semana, para el registro de los tiempos requeridos por operación.

El siguiente análisis estadístico se realizó para cada una de las operaciones que componen la prueba de Peel, ver tabla #12 donde se hizo uso de las medidas de tendencia central y dispersión, las cuales ayudaron a entender donde se centran la mayoría de los datos y cuanta es la variación de los valores con respecto a la media, esta permite elaborar el siguiente análisis:

El dato que indica donde se concentra la mayor variación para cada una de las operaciones es el coeficiente de variación, este indica en forma de porcentaje la desviación estándar de la media aritmética, ayuda a comparar la dispersión entre variables con respecto a la media, este determina cuál de las operaciones tiene mayor variación. Basado en los resultados obtenidos, hace se mención a las operaciones en un orden de mayor a menor variación obtenida: la operación #3, para el seteo del programa del equipo instron, con un coeficiente de variación de 12.6%,

es la que presenta mayor porcentaje dentro del proceso, seguido por la operación #4, el seteo del equipo instron, siendo su resultado de coeficiente de variación de 11.2%, la operación #5, realización de la prueba, muestra un resultado de 4.8%, la operación #1 es la identificación de las pruebas con un resultado de 3.1% y por último, la que presenta el menor porcentaje de variación es la operación #2, corte de muestras, con un resultado de 2.4%.

	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Operación 4	Operación 5
Promedio minutos	6.54	19.98	1.53	3.94	19.50
Rango	49	81	40	110	196
Desviación Estándar	12	29	12	26	56
Coeficiente de Varianza	3.1%	2.4%	12.6%	11.2%	4.8%

Tabla 12 Tabla de resultados de medidas central y de dispersión
Fuente: Elaboración propia

4.5. Análisis de mudas

A través del proceso de entrevista, a los técnicos y a la líder de producción, se genera un análisis de MUDAS con el fin de obtener las posibles fuentes de desperdicio que se generan en cada una de las operaciones, ver tabla #13. Dichos resultados indican que en las operaciones #2 y # 5 es donde se encuentra la mayor cantidad de desperdicio que debe de eliminarse o minimizarse hasta al máximo y a modo general la MUDA de tiempo muestra mayor puntaje, debido a que la misma

está presente en cada una de las operaciones, ver columna de total de mudas en la tabla adjunta, seguida por las MUDA de transporte, movimientos y proceso, siendo las MUDAS de defectos y sobreproducción las de menor puntaje.

Tal como se muestra en la tabla #13, se observa que todas las operaciones desde la operación #1 hasta la operación #5 muestran un puntaje alto relacionado a la **Muda de tiempo**, debido a todos los tiempos que pueden ser considerados como una pérdida de tiempo, en cada una de estas operaciones. El tiempo perdido por la distancia recorrida para recoger muestras en la operación #1 identificación de muestras, la herramienta de corte no ergonómica en la operación #2 corte de muestras, el tiempo que se dura realizando el seteo del programa en pantalla sobre pantalla para la operación #3 seteo del programa, el tiempo que se invierte en setear las partes mecánicas en la operación #4 seteo del equipo instron y por último el tiempo que se invierte en tener que abrir, colocar la muestra, cerrar y volver abrir la puerta para retirar la muestra en la operación #5 realización de muestras.

Muda de transporte, en la operación #1 identificación de las muestras se resalta el hecho de que las muestras deben de recorrer una distancia para llegar hasta el lugar donde se va a realizar la prueba desde el cuarto limpio hasta el área de incoming y la operación #5 realización de las muestras, resalta que hay transporte cada vez que se debe de verificar en el software el valor resultante, anotar el resultado en el formulario correspondiente y accionar nuevamente el inicio de la prueba en el

software, en donde hay un traslado ya que la mesa se encuentra a unos metros de distancia del equipo instron, por lo grande del mismo y el espacio que ocupa la puerta de seguridad al abrirla y cerrarla.

Muda de Movimientos, en la operación #2 corte de las muestras, se menciona la cantidad de veces que deben de cortar el total de secciones en las 4 bandejas, la herramienta que se utiliza es rígida y sumado a ello, la irregularidad de la bandeja interna dificulta el corte parejo y obliga al técnico a tener que realizar varios cortes pequeños para lograr cortar una sola sección de la bandeja, en la operación #5 realización de las muestras, se debe de abrir y cerrar 16 veces la puerta, al igual que se debe de acomodar y retirar la sección por probar entre las prensas.

Muda de proceso, en la operación #2, corte de la muestra, se debe cortar 16 secciones o hasta más, porque se deben de cortar 4 secciones por bandeja, se corta tanto el plástico con el papel en conjunto, el corte debe de ser muy cuidadoso para evitar que ambos resulten irregulares y puedan ocasionar resultados erróneos al momento de probar cada sección, en la operación #5 se deben de realizar algunos accionamientos para la prueba tanto en el software como en algunas partes mecánicas, tal como lo es en el panel que tiene adjunto el equipo instron el cual se debe de utilizar para el seteo de distancia entre prensas y una distancia adicional para que la prueba se detenga al momento de ruptura del sello y la prensa regrese al punto de origen seteado.

Muda de defectos, hace mención a la operación #2 corte de muestras, porque debido al tipo de herramienta utilizada para el corte el cual no es ergonómico, no contribuye a un corte parejo y sumado a la irregularidad que presentan las bandejas, aún más la interna la cual ya trae el un formado para componentes específicos, da como resultado un corte irregular que no se permite para realizar la prueba, este debe de ser lo más parejo posible, por lo tanto, se debe de solicitar a manufactura que selle otra bandeja adicional para poder volver a efectuar el corte en la sección de la bandeja que se falló inicialmente y fue rechazada.

Muda de sobreproducción, en la operación #2 corte de las muestras, cuando se realiza un corte incorrecto en alguna sección de la bandeja, se debe de continuar solicitando a manufactura que selle bandejas, hasta que se logre conseguir un corte parejo y la sección sea aceptable para poder ser probada, dichas bandejas adicionales son registradas como defectos en la orden, con el fin de solicitar material adicional a bodega para la orden inicial y poder completarla.

Tipo de MUDA	Identificación de Muestras		Corte de las muestras		Seteo de Software		Seteo de equipo Instron		Realización de Prueba		Total de MUDAS	
	Operación 1		Operación 2		Operación 3		Operación 4		Operación 5			
Tiempo	✓	El tiempo que se invierte hasta el cuarto donde está la caja de transferencia para recoger las muestras y hay que cumplir con código de vestimenta	✓	El tipo de herramienta que se utiliza para corte, no permite cortar con rapidez, es una tijera de cortar zinc	✓	El seteo se debe de realizar cada vez que se realiza la prueba ya que este se utiliza en conjunto con otras pruebas en incoming	✓	El seteo se debe de realizar cada vez que se realiza la prueba ya que este se utiliza en conjunto con otras pruebas en incoming	✓	✓	Abrir y cerrar la puerta de seguridad las 16 veces que se requiere colocar la muestra	5
Transporte	✓	Se debe de recoger las muestras por una ventana de transferencia del cuarto limpio, para llevarlas hasta incoming para hacer la prueba	X		X		X		✓		Cada vez que colocan las muestra en el equipo deben accionarlo en el software y estos equipos tienen una distancia	2
Defectos	X		✓	Cuando se realiza un mal corte de la muestra, se debe de solicitar una bandeja adicional	X		X		X			1
Movimientos	X		✓	Por la forma de la bandeja y la herramienta que se utiliza no es ergónomica, se debe de realizar muchos movimientos y los dedos terminan doliendo	X		X		✓		Cada vez que quitan y ponen la muestra, para acomodarla son 16 veces que deben de hacerlo	2
Proceso	X		✓	Se deben de cortar 16 muestras y algunas veces entre lo incómodo del material y el corte, se realizan unos cortes incorrectos y es	X		X		✓		Se requiere tocar algunos botones en el equipo y otros en el teclado para accionar el software	2
Inventario	X		X		X		X		X			0
Sobre Producción	X		✓	Cuando se realiza un mal corte de la muestra, se debe de solicitar una bandeja adicional	X		X		X			1

Tabla 13 Tabla de causas de desperdicio por operación

Fuente: Elaboración propia

4.6. Ishikawa

De acuerdo al análisis de variabilidad y MUDAS anteriormente aplicado a la prueba de Peel, a cada una de las operaciones, se recopilan en un diagrama de Ishikawa, ver figura #12, las posibles causas que están ocasionando baja productividad.

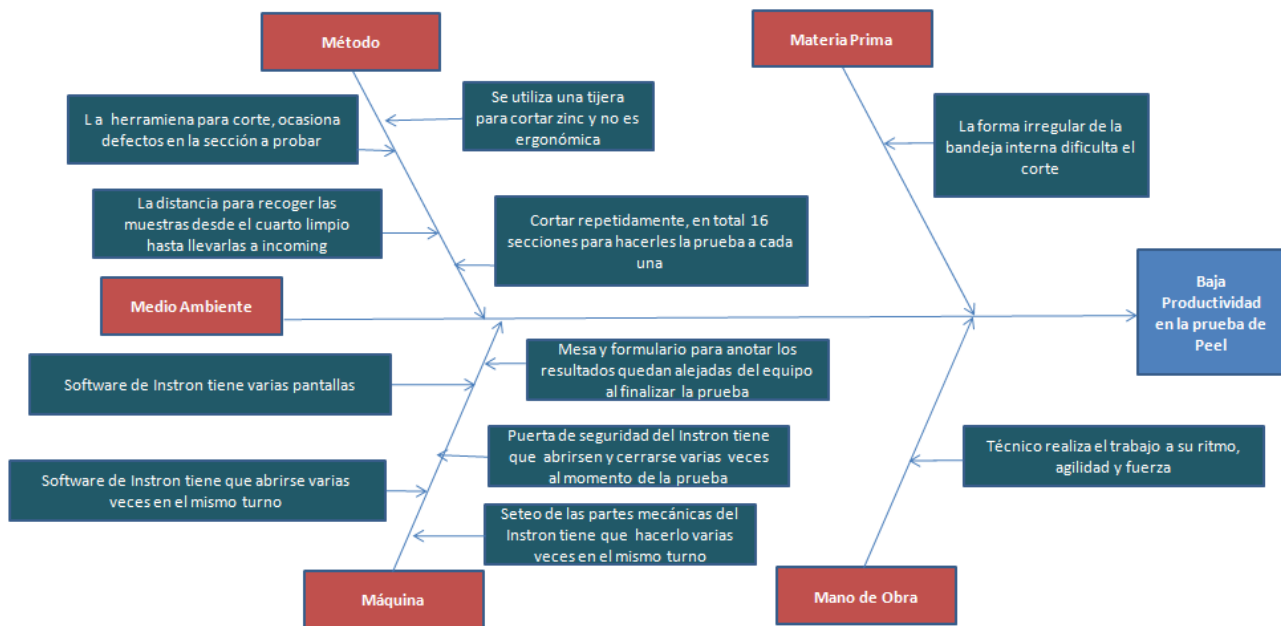


Figura 7 Diagrama de Proceso de Prueba de Peel
Fuente: Elaboración Propia

4.7. Matriz de ponderación

Aplicando el criterio experto de los técnicos de calidad en conjunto con la líder de producción se establece una tabla de Matriz de Ponderación de Causas, ver

tabla#10, en el cual se establece una criticidad de mayor a menor en una escala de 1 a 3, significando el 1: poca importancia, 2: Importante y 3: muy importante, a cada una de las causas mencionadas en el Ishikawa anterior. Los evaluadores quedan distribuidos en el siguiente orden:

1: Líder de Producción

2: Técnico de Calidad1

3: Técnico de Calidad2

Para cada una de las causas que obtuvieron el mayor de los resultados, basado en el criterio experto, serán tomadas como las principales para dar seguimiento a la disminución o eliminación de las causas del desperdicio.

El rubro de máquina es el factor que obtuvo un mayor porcentaje con un 44%, en el cual están involucradas las operaciones #3 seteo del software del equipo instron y #4 seteo del equipo instron, seguido por el factor Método con un 41%, donde se involucran las operaciones #2 corte de las muestras y #1 identificación de las muestras, siendo el factor Mano de obra uno de los últimos factores por considerar con un 11%, sin embargo, el mismo se encuentra presente en la mayoría de las operaciones. El factor de materia prima muestra valores menores al 11%, por lo tanto, esta no será considerada y es de poca relevancia para el seguimiento y propuesta de la mejora, ver tabla#14.

Factor 6 Ms	Causa	Valor de Criticidad (1-3)			Datos		Total Percentage
		Líder de producción	Técnico de Calidad1	Técnico de Calidad2	Total	Percentage	
Método	La herramienta para corte, ocasiona defectos en la sección a probar	3	2	2	7	10%	41%
	La distancia para recoger las muestras desde el cuarto limpio hasta llevarlas a incoming	2	3	2	7	10%	
	Se utiliza una tijera para cortar zinc y no es ergonómica	1	3	3	7	10%	
	Cortar repetidamente, en total 16 secciones para hacerles la prueba a cada una	3	3	3	9	12%	
Máquina	Software de Instron tiene varias pantallas	3	3	3	9	12%	44%
	Software de Instron tiene que abrirse varias veces en el mismo turno	1	1	2	4	5%	
	Mesa y formulario para anotar los resultados quedan alejadas del equipo al finalizar la prueba	1	2	2	5	7%	
	Puerta de seguridad del Instron tiene que abriren y cerrarse varias veces al momento de la prueba	2	2	2	6	8%	
	Seteo de las partes mecánicas del Instron tiene que hacerlo varias veces en el mismo turno	2	3	3	8	11%	
Materia Prima	La forma irregular de la bandeja interna dificulta el corte	1	1	1	3	4%	4%
Mano de Obra	Técnico realiza el trabajo a su ritmo, agilidad y fuerza	2	3	3	8	11%	11%
TOTAL					73	100%	100%

Tabla 14 Matriz de Ponderación de causas de las 6M según criterio experto
Fuente: Elaboración propia

4.8. Diagnóstico

Según los análisis aplicados a cada una de las operaciones de la prueba de Peel, se presentan causas distintas que originan el problema de la baja productividad. A continuación, se realiza un diagnóstico a cada una de ellas y al proceso de banda gástrica. De esta manera se determinan las principales causas, para luego pasar a la preparación de propuestas con el fin de mejorar o eliminar el problema.

- a) La capacidad actual del área para procesar el total de volumen de unidades requeridas por el cliente afecta la cantidad total de lotes por producir, dando como resultado un faltante de 26 lotes en un período de nueve meses.
- b) Se refleja un aumento en la demanda a través de los meses y la capacidad actual del proceso es de 3 lotes por turno con los cuales no es posible cubrir la demanda del cliente.
- c) Al igual que se refleja un aumento en la demanda de producción de unidades, se refleja un aumento en la combinación de catálogos, la cual no ha podido ser cubierta.
- d) Se invierte 1.46 minutos aproximadamente entre las pruebas iniciales y finales de Peel, este tiempo de duración de pruebas representa el 57% del tiempo total del proceso de sellado de las bandejas, que es de 2.5 horas.
- e) Para cubrir la demanda actual en cantidad de unidades por mes, la empresa incurre en tiempo extra, el cual representa un 36% del total de lotes producidos.

- f) Durante un período de 9 meses, se requirió incurrir en otros gastos adicionales a las horas extras para lograr alcanzar la producción en el cierre del año fiscal 2017, tales como transporte y alimentación, lo cual generó un gasto total por ₡8.328.800.
- g) El no cumplir con la cantidad de unidades requeridas, genera un impacto en el cliente interno en las operaciones subsecuentes.
- h) No cumplir con la cantidad de unidades de acuerdo con la demanda del cliente externo, le genera un impacto monetario ya que deja de percibir ganancias para las cuales tiene ventas en el período planeado.
- i) La empresa no ha logrado alcanzar el nivel de satisfacción del cliente externo ya que está categorizado como bueno, con un resultado de 81 puntos, siendo la meta la totalidad de 100 puntos, debido a que no ha logrado cumplir los niveles que el cliente solicita por rubro, donde resalta la puntuación de 16, siendo este el rubro más bajo, debido al no cumplimiento de entrega de la cantidad total solicitada.
- j) Se identifican dos operaciones las cuales tienen el resultado de variabilidad más alto, estas son: la operación #3, seteo del programa del equipo instron, con un coeficiente de variación de 12.6% y la operación #4, el seteo del equipo instron, siendo su resultado de coeficiente de variación de 11.2%, ambas requieren de muchos movimientos repetitivos, al entrar y salir de pantallas y ajuste de las partes mecánicas, cada vez que se debe de realizar la prueba de Peel.

- k) Las operaciones #2 Corte de las muestras y #5 realización de la prueba, muestran el mayor valor de duración de la operación, 19.98 y 19.50 tiempo promedio total en minutos.
- l) La MUDA de tiempo, es la que se presenta en cada una de las operaciones, debido a movimientos repetitivos, distancias y el uso de herramienta no ergonómica.
- m) La operación #2 corte de las muestras y #5 realización de la prueba, son las que presenta mayor cantidad de MUDAS dentro de sus resultados.
- n) De acuerdo con la matriz de ponderación se determina que el porcentaje más alto lo representa el factor máquina con un 44%, dicho factor contempla el seteo del equipo y el software, las cuales corresponden a las operaciones #3 seteo del software del equipo instron y #4 seteo del equipo instron.
- o) El segundo factor que refleja valor alto en porcentaje con un 41% es el de Método, en el cual resalta la operación #2 corte de las muestras y la operación #1 identificación de las muestras.
- p) El último factor que resalta en la matriz de ponderación es el de Mano de obra, con un 11%, en cual se ve inmerso en todas las operaciones, debido al requerimiento manual en casi todo el proceso.

CAPÍTULO V

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En el siguiente capítulo se detallará el diseño de las propuestas para la solución del problema que se está estudiando, de acuerdo con el diagnóstico elaborado en el capítulo anterior. El objetivo es desarrollar una propuesta en el aumento de la productividad con el fin de cumplir con el objetivo general establecido para el proceso de prueba de Peel en el área de banda gástrica, para el cliente de AGM consultores, aplicando herramientas que permiten mejorar el proceso.

Con base en el diagnóstico del capítulo anterior, los resultados obtenidos de acuerdo a la matriz de ponderación, indica que los esfuerzos mayormente deben centrarse en reducir el factor Máquina, seguido por el factor del Método y por último, eliminar y reducir el factor Mano de Obra, tomando en cuenta los resultados en los análisis de MUDAS y variabilidad como guía, se establecen las propuestas para cada una de las actividades que componen la prueba de Peel, las cuales están enfocadas en reducir o eliminar al máximo las MUDAS y la variabilidad que las afecta, con el fin de aumentar la productividad en el proceso de prueba Peel ver tabla #15.

A manera de aclaración la operación #5, será abordada en la propuesta 2, relacionado con el método, debido a que se considera que el cambio en el método generaría un mayor impacto en la misma.

Tipo de Análisis	Resultado	Factor	Operación	Descripción	Porcentaje total asignado
Matriz de Ponderación	44%	Máquina	#3	Seteo de software del instron	18%
			#5	Realización de Pruebas	15%
			#4	Seteo del equipo instron	11%
	41%	Método	#2	Corte de Muestras	31%
			#1	Identificación de las muestras	10%
	11%	Mano de Obra	#1-#5	Todas las operaciones	11%

Tabla 15 Tabla comparativa de resultados por tipo de análisis
Fuente: Elaboración propia

Primeramente, se desarrolla el diagnóstico actual para cada una de las operaciones, con el fin de brindar un panorama más detallado del desarrollo de las diversas actividades dentro de la prueba, logrando así las propuestas para implementar alternativas de mejora las cuales lleven a la organización a una mayor viabilidad económica, por medio de la reducción de los tiempos de las actividades que conforman el proceso de prueba de Peel.

A manera de resumen se genera una tabla con las propuestas relacionadas con cada una de las operaciones, basada en los resultados de la matriz de ponderación con el fin de generar una guía y un mejor entendimiento de estas.

Factor	Operación	Descripción	Propuestas
Máquina	3	Seteo del programa del Instron	Propuesta 1
	4	Seteo del equipo Instron	Reemplazar el equipo Instron por equipo Universal para prueba de tensión Chatillon
Método	2	Corte de Muestras	Propuesta 2 Reemplazar herramienta de corte actual por una cutter de seguridad
	2	Corte de Muestras	Propuesta 2.1 Cortar al lado del papel y no ambos materiales
	2	Corte de Muestras	Propuesta 2.2 Reemplazar herramienta cutter de seguridad por fixture de corte
	5	Realización de Pruebas	Propuesta 2.3 Colocar bandeja directamente sobre prensas para realizar la prueba de jalado
	1	Identificación de Muestras	Propuesta 2.4 Eliminar por completo tiempo de transporte para recoger muestras en ventana de transferencia
Mano de Obra	1-5.	Todas	Propuesta 3 Estandarizar todos los cambios aplicados a las operaciones Propuesta 3.1 Establecer ayuda visuales

Tabla 16 Tabla Resumen de propuestas
Fuente: Elaboración propia

5.1. Panorama actual operación #3 y #4

La propuesta para la operación #3 y #4, debe centrarse en entender de forma detallada las actividades relacionadas con el factor de Máquina, adicionalmente estas operaciones mostraron los resultados más altos relacionados con variabilidad, por lo tanto, la necesidad de entender las operaciones que las componen y eliminar o disminuir al máximo las causas de esta.

Operación #3 Seteo del programa del equipo instron:

Se realiza un desglose de las 4 actividades, ver tabla #16 que la conforman y se logra observar que las operaciones 1, 2 y 4 son actividades, las cuales el operador no puede controlar, ya que los tiempos están inherentes en el equipo, la operación 3, depende del ritmo y rapidez del técnico de calidad, completar espacios que no son requeridos en diferentes pantallas, para la prueba de Peel, sin embargo, los mismos son obligatorios, tal como lo es registrar: fecha en que se hace la prueba, el nombre de la prueba, número de prueba de acuerdo al procedimiento, número de revisión del procedimiento, dato de temperatura, dato de humedad, los equipos que se utilizan para la prueba y sus fechas de calibración.

Todos estos espacios, son requeridos debido a que dicho software fue ajustado inicialmente para las necesidades del área de incoming y la evaluación previa para la transferencia del proceso.

De manera posterior se dio el proceso de transferencia de la banda gástrica, por lo tanto, trataron de ajustar el equipo a las necesidades de la prueba de Peel con el fin de agilizar el arranque de la línea de producción.

La actividad del seteo del programa debe de realizarse cada vez que se hace la prueba en las pruebas iniciales y finales, debido a que el programa y el equipo no son exclusivos o flexibles para esta prueba, por lo tanto, las 4 actividades deben de repetirse, lo cual le suma tiempo a la prueba cada vez que esta debe de ejecutarse.

Todos los espacios obligatorios por el programa no son requeridos para la prueba de Peel ya que el formulario donde se registran los resultados de esta prueba es completado, previo al inicio de la prueba con los datos requeridos por el procedimiento y adicionalmente este formulario se adjunta a un DHR el cual ya contiene la trazabilidad de la información necesaria para la prueba.

Actividad	Operación#3 Seteo del Programa del equipo INSTRON
1	Encender la computadora
2	Ingresar al programa en el equipo
3	Iniciar a llenar la información del lote y los espacios que solicita cada una de las pantallas del programa
4	Realizar calibración del equipo, a través de una de las pantallas
Tiempo Total mints/sgds	

Tabla 17 Actividades que componen la operación#3
Fuente: Elaboración propia

Operación #4, seteo del equipo Instron:

Esta operación requiere el ajuste inicialmente de las partes mecánicas para poder ejecutar la prueba, ver en tabla #17, el desglose de las actividades que la componen.

Estos ajustes requieren de la agilidad, rapidez y precisión del técnico de calidad que realiza los movimientos, algunas de estas actividades requieren de mucha exactitud, tal como lo son las actividades 2 y 4, ajustar una distancia de 1 pulgada entre las prensas y llevar las prensas lo más cercanas posibles para ajustar un cero a partir de ese punto y el acercamiento de las prensas es un paso que requiere de concentración, debido a que si las prensas llegan a tocarse entre sí, estas se magnetizan y el equipo debe de ajustarse, en el peor de los casos si no funciona, se debe de llamar al técnico especializado en la marca que realizó la venta del equipo para que realice un procedimiento autorizado solo por ellos, lo cual genera un atraso ya que el técnico brinda soporte a todo el país y en el extranjero, por lo tanto, la disposición no es inmediata.

La actividad del seteo del equipo debe de realizarse cada vez que se hace la prueba, debido a que el equipo no es exclusivo para esta prueba, por lo tanto, las 7 actividades deben de repetirse cada vez que se ejecuta la prueba, lo cual le suma tiempo.

Actividad	Operación#4: Seteo del equipo INSTRON
1	Abrir la puerta de seguridad
2	Dar una distancia de 1 pulgada a las prensas utilizando una regla
3	Setear distancia cero en el panel de control
4	Llevar las prensas lo más cerca posible entre ellas, sin que estas peguen
5	Setear el cero en el panel de control
6	Setear en cero en la pantalla de la aplicación del programa
7	Cerrar la puerta de seguridad

Tabla 18 Actividades que conforman la operación#4
Fuente: Elaboración propia

5.1. Propuesta 1

El tiempo que se requieren para el seteo en las partes mecánicas y en el programa para las operaciones #3 y #4, resaltan la necesidad del ahorro de tiempo y movimientos realizados para poder hacer uso más eficiente del equipo, por lo tanto, se decide efectuar una prueba con otro equipo ubicado en las instalaciones del suplidor a cargo de la calibración de los equipos de la empresa, se aplica a un total de 32 muestras, incluye las 16 muestras iniciales y 16 finales de un lote.

El equipo utilizado es de marca Chatillon, modelo CS2-225 en el cual antes de iniciar la prueba se le ingresan los requerimientos de acuerdo con el procedimiento, en velocidad de la prueba, distancia de las prensas, todos los parámetros quedan programados en la pantalla y solo se debe de acceder al nombre bajo el cual fueron

guardados estos parámetros, para cargarlos a dicho archivo donde se graban y guardan estos parámetros se le llama rutina o receta de acceso.

Previo a ejecutar las pruebas en el equipo, se realizan variaciones a las operaciones actuales previamente definidas con el fin de comprobar la ganancia de tiempo que se puede obtener con el equipo Chatillon.

El objetivo de la realización de este plan piloto es la implementación de las mejoras definidas para las actividades que conforman la operación#3 y #4 especialmente, pero que podría impactar de manera positiva otras operaciones. Además de medir los resultados de estas mejoras para determinar si producen un aumento en la productividad de las operaciones.

Se hace mención a las variaciones previamente definidas por operación, la operación#1 de identificación de las muestras se elimina el tiempo correspondiente a la distancia para recoger las muestras desde incoming hasta el cuarto de transferencia, para la operación #2 corte de las muestras, se decide no realizar el corte con la tijera para cortar láminas de zinc, en su lugar se utiliza una cutter de seguridad y se realizan los cortes de manera manual del lado flexible, para la operación #3 seteo del software del equipo, requiere solo del encendido del equipo y la pantalla, posteriormente solo elegir la receta que previamente fue ajustada según

los parámetros del procedimiento, se efectúa una única vez al inicio de las pruebas ya que previamente los parámetros fueron ingresados antes de iniciar con la prueba, en la operación #4, solo se requiere verificar la distancia de la prensa de arriba hasta el borde de la bandeja con una regla ya que el equipo realiza el seteo por sí mismo de acuerdo a los parámetros previamente ingresados en la receta, se realiza una única vez al inicio de las pruebas y por último, en la operación #5 se coloca la bandeja completa sobre las prensas, solo se jala la porción del lado del papel, no se realiza la prueba por cada muestra cortada, se mantiene el fin de la misma el cual consiste en probar la fuerza del sello entre el papel y el plástico ver tabla #19 resumen con las variaciones para cada una de las operaciones y el tiempo actual promedio por cada operación.

Operación	Actividades	Tiempo promedio en minutos Método Actual	Cambios aplicados a las operaciones
1	Identificación de Muestras	6.54	Se elimina al tiempo total en promedio en esta operación, los 1.53 minutos/segundos, en distancia que se recorre, para recoger las muestras.
2	Corte de Muestras	21.03	Se corta solamente el lado del papel con una cutter de seguridad, siguiendo las líneas guías cuando se indentifica la bandeja
3	Seteo del Programa del equipo INSTRON	1.53	Los parámetros son previamente ingresados y accesados por medio de una receta, solo se requiere encender el equipo seguido por la pantalla y luego solo selecciona la receta y se realiza una única vez.
4	Seteo del equipo INSTRON	4.57	Se verifica solamente con una regla la distancia de las prensas, esta debe de ser de 1 pulgada desde el borde de la bandeja a la prensa de arriba y se realiza una única vez
5	Realización de Prueba	19.5	Se coloca directamente la bandeja sobre las prensas
TOTAL		53.17	

Tabla 19 Resumen de las variaciones y el tiempo total promedio por operaciones en el proceso de Peel
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla con los nuevos resultados en tiempo de acuerdo a las variaciones aplicadas a cada operación se logra reducir el tiempo de 5 actividades, es decir, de 53.17 minutos que dura actualmente todo el proceso en sí, con la propuesta se estaría realizando en 23.08 minutos, lo que quiere decir que se reduce 30.09 minutos. Se logró un ahorro en el tiempo total de la prueba del 57%, la prueba se redujo a más de la mitad del tiempo.

Operación	Actividades	Tiempo promedio en minutos Método Actual	Cambios aplicados a las operaciones	Tiempo promedio en minutos Método Propuesto
1	Identificación de Muestras	6.54	Se elimina al tiempo total en promedio en esta operación, los 1.53 minutos/segundos, en distancia que se recorre, para recoger las muestras.	5.01
2	Corte de Muestras	21.03	Se corta solamente el lado del papel con una cutter de seguridad, siguiendo las líneas guías cuando se indentifica la bandeja	9.03
3	Seteo del Programa del equipo INSTRON	1.53	Los parámetros son previamente ingresados y accedidos por medio de una receta, solo se requiere encender el equipo seguido por la pantalla y luego solo selecciona la receta y se realiza una única vez.	0.43
4	Seteo del equipo INSTRON	4.57	Se verifica solamente con una regla la distancia de las prensas, esta debe de ser de 1 pulgada desde el borde de la bandeja a la prensa de arriba y se realiza una única vez	0.08
5	Realización de Prueba	19.5	Se coloca directamente la bandeja sobre las prensas	8.53
TOTAL		53.17		23.08

Tabla 20 Tabla resumen con resultados posterior a prueba
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos del piloto, se hace una estimación de los ahorros, tomando en cuenta la productividad actual del proceso y se realiza una estimación con la ganancia de tiempo obtenida, para conocer su impacto sobre el proceso de producción.

El tiempo actual de duración para la prueba de Peel es de 53.17 min, de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba piloto este tiempo cambió a un total de 23.08 min, por lo tanto, se dio una reducción total del tiempo en un 57%. Debido a la reducción el tiempo total para pruebas de Peel por lote sería de 46.16 h/min, siendo el tiempo actual de 1.46 h/min, por lo tanto, se obtiene una ganancia del 68% en la reducción del tiempo. El tiempo actual requerido para todo el proceso de sellado de banda gástrica, tomando en cuenta el tiempo para pruebas de Peel es de 2.5 h/min, de acuerdo a los ahorros obtenidos, este se redujo a un total de 1.56 h/min, lo que significa que dicha reducción afecta la cantidad actual de 3 lotes que se producen por turno y debido al ahorro de los tiempos, esta cantidad se ve aumentada a 5 lotes con el mismo tiempo disponible de 8.5 h/min por turno.

	Método Actual	Método Propuesto
Cantidad máxima de lotes producidos durante el turno	3 lotes	5 lotes
Tiempo disponible del turno	8.5 horas	8.5 horas
Tiempo aproximado requerido para sellar un lote	2.5 horas	1.56 horas
Cantidad total de unidades del lote	20 unidades	20 unidades
Cantidad de bandejas selladas para prueba al inicio de lote	4 bandejas (2 internas y 2 externas)	4 bandejas (2 internas y 2 externas)
Tiempo promedio de duración en minutos para pruebas iniciales del lote	53.17 minutos	23.08 minutos
Operarios requeridos para sellar 1 lote	2	2
Técnicos de calidad requeridos para realizar prueba de Peel durante turno	2	1
Cantidad de bandejas selladas para prueba al cierre de lote	4 bandejas (2 internas y 2 externas)	4 bandejas (2 internas y 2 externas)
Tiempo promedio de duración en minutos para pruebas finales del lote	53.17 minutos	23.08 minutos
Tiempo Total promedio para prueba de Peel	1.46 minutos	46.16 minutos

Tabla 21 Tabla comparativa de productividad antes y después de prueba piloto
Fuente: Elaboración propia

Se da un aumento del 67% en la cantidad total de lotes por producir por mes, pasando de 60 a 100 lotes, debido a la ganancia en la reducción del tiempo total en la prueba del Peel tanto para la prueba como el impacto sobre el tiempo total en el proceso de sellado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba piloto y basada en el aumento de productividad de 3 lotes por turno a 5, se realiza una comparación contra la demanda para el período del enero-septiembre 2017, con el fin de obtener el impacto monetario que pudiese haber ocasionado esta mejora propuesta de tiempo, los gastos para dicho período hubiesen sido $\$0$, debido al aumento en la producción de lotes por mes, esta cubre por completo el requerimiento de la demanda dentro del turno y no se debía incurrir en gastos adicionales, los cuales sumaron un total de $\$8.328.800$ para este período de nueve meses, con el fin de cumplir con la demanda, ver tabla #21.

	Demanda por cantidad de lotes, Año 2017									
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Total
Demanda en cantidad de lotes	75	84	84	82	80	82	90	92	98	767
Incremento de cantidad de lotes por mes, de acuerdo al plan piloto	100	100	100	100	100	100	100	100	100	900
Lotes a producir en horas extras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 22 Tabla comparativa de demanda correspondiente al período 2017 contra aumento de la productividad obtenida en prueba piloto
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo anterior se realiza un análisis contra el pronóstico de la demanda para los siguientes 5 años, con el fin de asegurar que el impacto en la reducción total del tiempo de la prueba piloto de peel cubre los requerimientos, reflejan una mejora en corto y largo plazo y el impacto monetario para este período. Tal como se observa en la tabla #22, la cantidad de lotes por cubrir para el período de octubre 2019 a septiembre 2023 es de 6.341, la cantidad total aproximada de lotes por producir en

turno sería de 6.000, por lo tanto, la cantidad de lotes que se deberían de producir en tiempo extra es de 341, lo que implica gastos en mano de obra por un total aproximado de ¢4.398.900, lo cual indica que el impacto monetario calculado a lo largo de estos 5 años es mucho menor en relación con los gastos en que se debieron incurrir en un período de solamente nueve meses.

	Total
Demanda total en cantidad de lotes	6341
Total de lotes a producir, de acuerdo al plan piloto	6000
Lotes a producir en horas extras	341
Cantidad de horas promedio invertidas por lote (1.56 h/mint)	531.96
Costo de horas extras de técnico de Calidad (1 técnico) (2.500 costo aproximado por hora)	¢1,278,750
Costo de horas extras de Operarios (2 operarios) (1.100 costo aproximado por hora x operario)	¢1,125,300
Costo de horas extras de Encargado de Bodega (1 Encargado) (2.500 costo aproximado por hora)	¢1,994,850
	¢4,398,900

Tabla 23 Impacto monetario con el método actual de prueba
Fuente: Elaboración propia

Un análisis para comparar los gastos actuales de diferentes variables relacionadas con el proceso, resalta la reducción en el impacto monetario con la nueva propuesta. La reducción en distancia es una de las variables más significativas, debido a la reducción de 184.6 metros a 0 metros lo que indica un impacto del 100%, la cantidad de tiempo reducido para cada una de las operaciones implica en promedio un total del 71% lo que significa un ahorro en más de la mitad del tiempo invertido en prueba el cual fue reducido, cambiar el equipo genera una disminución significativa en el uso del espacio por metro cuadrado un total de reducción del 87% y por último, la inversión por mano de obra disminuye en un 50%, este podría ser considerado aún más alto ya que no se contempla la tasa de inflación por año debido al aumento de salarios y la extensión de la jornada que puede ocasionar gastos adicionales relacionados con el transporte y almuerzo, ver tabla #23. El impacto monetario al implementar las mejoras del método propuesto representa un 41% en ahorro anual en relación con el método actual.

Tipo de Ahorro	Método Actual			Propuesta de Mejora	Método Propuesto				
	Impacto Monetario x turno	Impacto Mensual	Impacto Anual		Impacto Monetario x turno	Impacto Mensual	Impacto Anual	Ahorro	% Reducción
Distancia	€2,750.00	€55,000.00	€660,000.00	Eliminación de todo el transporte para recoger las muestras y el desplazamiento del técnico desde el cuarto limpio hasta el área de incoming y viceversa	€0.00	€0.00	€0.00	184.6 metros 1.10 h	100%
Tiempo	€5,150.00	€103,000.00	€1,236,000.00	Se reemplaza tijera por cutter de seguridad y se cambia el método de corte, haciendo el corte solamente al lado del papel y no cortando ambos materiales	€3,250.00	€65,000.00	€780,000.00	12.00	57%
Tiempo	€458.00	€9,160.00	€109,920.00	Se realiza plan Piloto con equipo propuesto, se elimina todo el tiempo y los movimientos que requieren el ingreso de información en cada pantalla del software.	€295.00	€5,900.00	€70,800.00	1.10	72%
Tiempo	€1,208.00	€24,160.00	€289,920.00	Se realiza plan Piloto con equipo propuesto, se elimina todo el tiempo y los movimientos que requieren el seteo del equipo para las partes mecánicas.	€50.00	€1,000.00	€12,000.00	4.49	98%
Tiempo	€3,975.00	€79,500.00	€954,000.00	Se eliminan todos los movimientos, tiempos y distancia que se requerían al probar una a una las muestras, esto debido al cambio en el método, se coloca directamente la bandeja sobre las prensas.	€3,200.00	€64,000.00	€768,000.00	10.97	56%
Espacio físico	€597,374.40	€597,374.40	€597,374.40	Reducción del espacio físico para el uso del equipo, el mismo puede ser ubicado en cualquier superficie que se requiera y se puede colocar sobre una mesa	€79,649.40	€79,649.40	€79,649.40	104m ²	87%
Mano de Obra	€10,950.00	€219,000.00	€2,628,000.00	La cantidad de técnicos de calidad, se reduce de 2 a 1, ya que al disminuir el método y el tiempo de la prueba en total, le facilita realizarlo solo. El segundo Técnico dura 3,5 horas por 5 lotes.	€8,775.00	€175,500.00	€2,106,000.00	1 técnico	50%
	€621,865.40	€1,087,194.40	€6,475,214.40		€95,219.40	€391,049.40	€3,816,449.40		

Tabla 24 Tabla comparativa del Impacto monetario con el método actual vs método propuesto
Fuente: Elaboración propia

5.2. Panorama actual operaciones #2, #5 y #1

El factor de Método fue uno con los resultados más altos de acuerdo a los resultados obtenidos de la matriz de ponderación, el mismo incluye las causas relacionadas con las operaciones #2, corte de las muestras, #5 realización de las muestra y la #1 identificación de las muestras, por lo tanto, la propuesta se enfoca en eliminar o minimizar las causas asociadas al método, adicionalmente de acuerdo al análisis de MUDAS de estas operaciones, son las que presentan mayor cantidad de desperdicios, de ahí la necesidad de entender los desperdicios que se generan en ellas. El factor común entre la operación 1 y 2, en cada una de las mudas relacionadas con esta operación, está relacionada al uso de la tijera de corte no ergonómica.

Operación #2 Corte de Muestras

La operación está relacionada al uso de la tijera de corte no ergonómica, cuyo fin es para uso de corte de láminas de zinc, lo cual dificulta dicha actividad, ocasionando exceso de tiempo e irregularidades en la muestra, cada técnico realiza esta actividad de acuerdo a su creatividad, agilidad y fuerza ya que después de estar utilizándola un tiempo, genera cansancio en los músculos de la mano, ampollas y dolor al tener que estar abriendo y cerrándola pues este diseño trae un resorte el cual evita que la

misma se abra a todo su ancho, sin embargo, genera un esfuerzo para la mano ya que se debe evitar que esta se abra al ancho que está ajustado el resorte, con el paso del tiempo durante el turno, el cansancio origina cortes irregulares, por lo tanto, esta actividad es turnada durante el transcurso del turno entre dos técnicos, debido al esfuerzo requerido, para evitar el impacto sobre manos y brazos, se deben de cortar 16 muestras en total de las 4 bandejas y el corte debe de realizarse no solo en el plástico, sino también con conjunto con el papel, lo cual dificulta que ambos cortes sean completamente parejos ya que la parte del papel por ser flexible tiende a moverse y no quedar fijo, ello se genera con el mismo movimiento del roce de la tijera al abrir y cerrarla varias veces y no quedan igualmente cortadas ambas partes, la forma de la bandeja interna dificulta aún más la acción de cortar debido a la forma irregular, la cual corresponde a la forma de los componentes que varían en ancho y largo, el no poder cortar con facilidad, da como resultados defectos por malos cortes lo cual hace que se deba solicitar muestras adicionales para reponer las que fueron cortadas de manera incorrecta, porque la prueba final no debe de presentar cortes irregulares, debido a que puede debilitar el sello y la muestra falle por el método de corte.

5.2. Propuesta 2

Eliminar el uso de esta tijera se hace totalmente relevante, sustituir esta herramienta por una cutter de seguridad la cual tiene un diseño ergonómico.

El cambio de herramienta implica un menor esfuerzo por parte del técnico ya que no se debe de estar abriendo y cerrando la mano y no genera cansancio, el nivel de seguridad se integra ya que la cutter es de seguridad y trae una cuchilla retráctil la cual se mantiene escondida, si no está en uso y una reducción de tiempo debido a la reducción de esfuerzo requerido para poder cortar el plástico, debido a la irregularidad y dureza del lado plástico.

5.3. Propuesta 2.1

Cambiar el método de corte, realizando el corte solamente al lado flexible de la bandeja, implica menos esfuerzo, movimientos y fallos debido a la irregularidad del corte.

5.4. Propuesta 2 .2

La implementación de un fixture que efectúe los cortes sobre el lado flexible de la bandeja, agrega un impacto adicional en la estandarización pues la operación no depende de la fuerza de cada uno de los técnicos, lo cual reduce la variabilidad debido al cansancio, rapidez, agilidad o fuerza que se aplica al momento de realizar el corte.

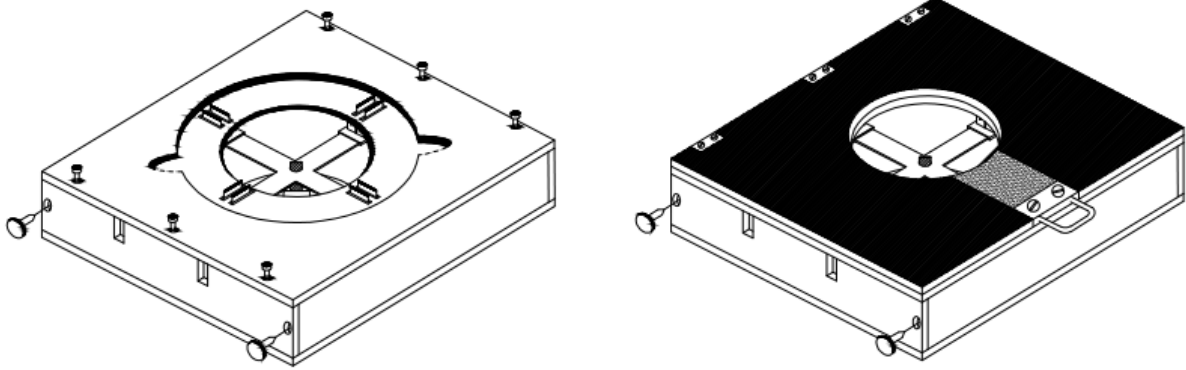


Figura 8 Propuesta para fixture de corte
Fuente: Elaboración propia

Un fixture, en el cual las bandejas son sentadas sobre una base y esta contiene una tapa para ejercer presión sobre la bandeja, así lograr que no se mueva y mantenerla fija para evitar que se originen varios cortes, bajando la tapa con ambas manos y presionando hacia abajo, ejerciendo presión para accionar las cuchillas que se encuentran en la base, se levantan al bajar la tapa por medio de canales, estas generan el corte en cuatro puntos diferentes sobre la bandeja por la presión ejercida al bajar la tapa, ver Anexo IV para una mayor claridad del mecanismo.

Operación#5, Realización de las pruebas

Al momento de realizar la prueba se debe de colocar de una en una la muestra sobre las prensas para efectuar las pruebas y al mismo tiempo se deben de accionar varios botones en el panel de control ubicado en el equipo y paralelamente se acciona un botón de una de las pantallas del programa la cual realiza una calibración que es requerida por procedimiento, por lo tanto, genera un desperdicio de movimientos, se debe de abrir y cerrar la puerta de seguridad al momento de colocar y retirar cada

una de las muestras, se requiere desplazarse 16 veces, desde el punto del equipo hasta la mesa, las muestras se dejan sobre la mesa y agarran de una en una cada vez que se debe probarla, lo cual genera un desperdicio de transporte debido a que la mesa se encuentra a 50 centímetros de distancia del equipo.

Al finalizar la prueba y completar los formularios respectivos el DHR debe de proseguir al siguiente proceso, por lo tanto, este debe de ingresar nuevamente al cuarto limpio por medio de la ventana de transferencia de materiales, atravesando el cuarto de transferencia en el cual se debe de cumplir con el código de vestimenta y antes de colocar el paquete sobre la ventana, este debe limpiarse de acuerdo a los lineamientos de GMPs.

5.5. Propuesta 2.3

El cambio del método es clave en esta operación, por lo tanto, no colocar una a una la muestra sobre la prensa y en lugar de esto colocar directamente la bandeja entre las prensas con los cortes en el lado flexible de acuerdo con la propuesta 2.1, ya sea por el proceso manual con una cutter de seguridad o el uso de un fixture, solo jalar el lado del papel, cumple con el fin de la misma pues se probaría la fuerza del sello entre el plástico y el papel.

Adicionalmente aplicando los cambios sugeridos para las operaciones 2,3 y 4, que son las operaciones iniciales generarían un cambio directo en la manera de realizar la prueba, eliminando tiempo de abrir y cerrar puerta de seguridad, el accionamiento de varios botones en el panel, el seteo del programa y la ubicación del nuevo equipo contribuyen en eliminar los movimientos repetitivos de tener que probar una a una las muestras.

Operación #1 Identificación de muestras

Las unidades son ensambladas inicialmente en el área de producción, se dejan sobre la ventana de traspaso de materiales, esta funciona para el traspaso de materiales de adentro hacia afuera y viceversa, se le notifica al técnico de calidad sobre las mismas por parte de manufactura, el técnico debe de salir del cuarto limpio, quitarse la gabacha y desplazarse por el pasillo hasta el cuarto de transferencia donde recoge las muestras, atravesando el cuarto de transferencia en el cual para ingresar se debe de cumplir con un código de vestimenta ya que es una área controlada, lo cual significa que se deben de cumplir con un orden de vestimenta y posterior al retiro del DHR y las muestras, se traslada hacia el área de incoming donde se encuentra el equipo con el fin de realizar las pruebas, finalizadas las mismas procede a devolver el DHR por la ventana de transferencia para que manufactura pueda continuar con el proceso y él se devuelve nuevamente hasta el cuarto limpio, realizando un recorrido total de 184.06 metros, tomándole un tiempo de 11.44 minutos entre salir y entrar del cuarto limpio, ver recorrido en figura #14.

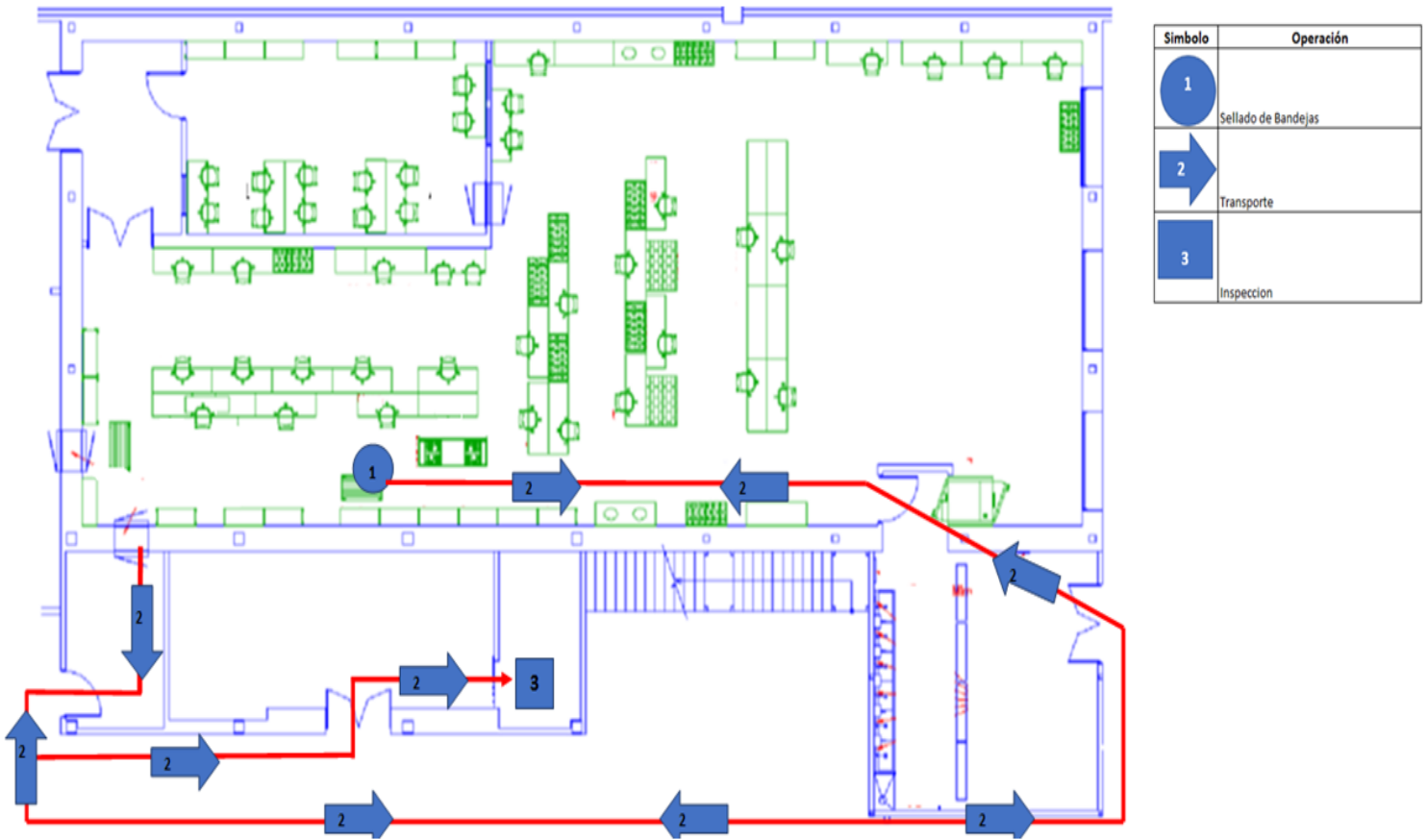


Figura 9 Recorrido de entrada y salida desde el cuarto limpio del técnico de Calidad
Fuente: Elaboración propia

5.6. Propuesta 2.4

Basados en la propuesta 1, la implementación de un nuevo equipo en el piso de producción eliminaría por completo la distancia que se requiere al sacar las muestras del cuarto ya que el equipo sería de un tamaño mucho más pequeño en comparación con el equipo actual instron, facilita la ubicación de este, lo cual permite que se coloque sobre una mesa cerca de la máquina de sellado.

5.3. Operaciones #1 - #5

El factor mano de obra se ve inmersa en cada una de las operaciones actuales que componen el proceso de prueba Peel, de esa forma se da la necesidad de eliminar o minimizar la cantidad de utilización de movimientos repetitivos por parte del personal a cargo de realizar las pruebas.

5.7. Propuesta 3

Aplicando los cambios anteriormente mencionados en las propuestas 1 factor asociado a máquina y 2 factor asociado a método, para las operaciones de 2 hasta la 5, radica la importancia de establecer los estándares a seguir en cada una de las operaciones.

5.8. Propuesta 3.1

Las ayudas visuales son requeridas en cada una de las operaciones donde se aplicaron cambios para obtener de manera continua los resultados que se obtuvieron en la prueba de piloto y con esto lograr el aumento de la productividad en la prueba de Peel.

Operación#2: Corte de muestras

Cortar al lado flexible, que es el papel. El corte se debe de realizar con una cutter de seguridad y no se debe de profundizar hasta tocar la parte plástica, para evitarlo origine fricción con la cuchilla y origine cortes irregulares.

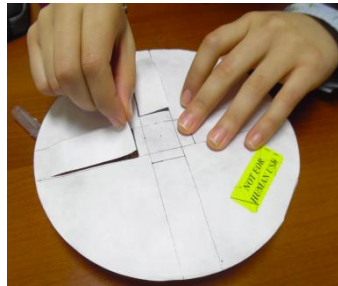


Figura 10 Operación#2: Corte de la muestra
Fuente: Elaboración propia

Operación#3: Encendido del equipo y selección de la receta

Grabar una única vez los parámetros requeridos en el equipo por parte del personal de Ingeniería. Al momento de realizar la prueba el designado prende el equipo y el panel del equipo, por último, selecciona la receta correspondiente con el nombre de la prueba.



Figura 11 Operación#3: Encendido del equipo y selección de la receta
Fuente: Elaboración propia

Operación#4: Verificación de distancia de acuerdo con receta

Cada vez que se realiza la prueba se debe de hacer una verificación de una distancia de 1 pulgada desde el borde de la bandeja hasta el inicio de la prensa de arriba, con una regla para corroborar que la receta previamente ingresada no ha sufrido cambios.



Figura 12 Operación#4: Verificación de distancia de acuerdo a receta
Fuente: Elaboración propia

Operación#5: Realización de las pruebas

Colocar la bandeja completa directamente sobre las prensas e ir jalando cada uno de los puntos de corte del lado del papel, para realizar la prueba a todas las muestras alrededor de la circunferencia.

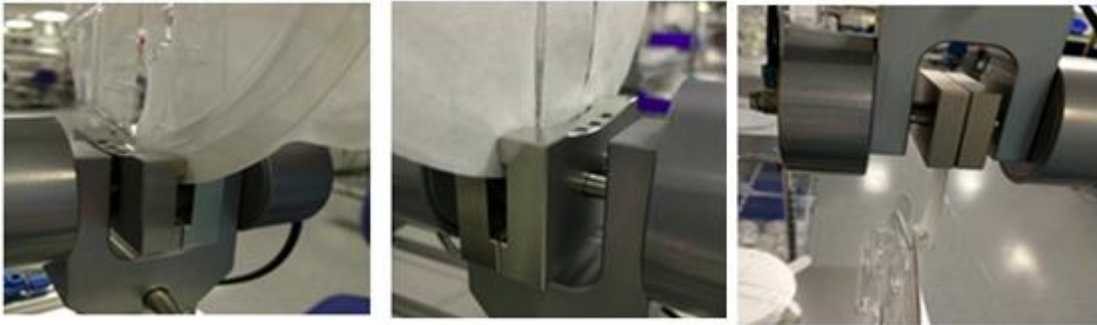


Figura 13 Operación#5: Realización de las pruebas
Fuente: Elaboración propia

Para continuar bajo la metodología establecida por el sistema DMAIC se establece un cronograma de implementación para cada una de las propuestas, con el fin de brindar una guía y soporte de los pasos a seguir para conseguir el éxito de estas.

La herramienta del diagrama de Gantt contribuye a manera de muestra anticipada y de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras con respecto al tiempo que se encuentra a lo largo de manera horizontal. Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras.

Dichas propuestas conllevan un tiempo total aproximado de 10 semanas para su completa implementación en el sistema. Este cronograma queda a disposición del cliente de AGM Consultores y está sujeta a modificaciones que contribuyan al mejor camino para su implementación. Se toman en cuenta los requerimientos especificados por el cliente externo y los definidos por el interno, se incorporan todas las personas y áreas responsables de dar seguimiento a las actividades necesarias de acuerdo con su control.

	01/09/2018	08/09/2018	15/09/2018	22/09/2018	29/09/2018	06/10/2018	13/10/2018	20/10/2018	27/10/2018	03/11/2018
Propuesta 1 Reemplazar el equipo Instron por equipo Universal para prueba de tension Chatillon										
Solicitar equipo a representante de marca Lab think										
Tiempo de entrega										
Recibo de equipo en incoming para incorporarlo al sistema de Calidad y Calibraciones										
Realizar instalación por parte de Ingeniero de Facilidades										
Realizar instalación por parte de Ingeniero de IT en el software										
Realizar validación del equipo dentro del proceso IQ OQ										
Realizar cambios en procedimientos aplicables										
Entrenar al personal en cambios nuevos										
Propuesta 2 Reemplazar herramienta de corte actual por una cutter de seguridad										
Compra de nueva herramienta cutter de seguridad										
Propuesta 2.1 Cortar al lado del papel y no ambos materiales										
Realizar cambios en procedimientos aplicables										
Entrenar al personal en cambios nuevos										
Propuesta 2.2 Reemplazar herramienta cutter de seguridad por fixture de corte										
Solicitar creación de fixture										
Tiempo de entrega										
Realizar pruebas piloto para verificar el impacto en el proceso										
Realizar validación del equipo dentro del proceso IQ										
Definir tiempo estándar para la operación										
Realizar cambios en procedimientos aplicables										
Entrenar al personal en cambios nuevos										
Propuesta 2.3 Colocar bandeja directamente sobre prensas para realizar la prueba de jalado										
Realizar cambios en procedimientos aplicables										
Entrenar al personal en cambios nuevos										
Propuesta 2.4 Eliminar por completo tiempo de transporte para recoger muestras										
Dar a conocer los cambios relacionados al aviso de muestras listas										
Propuesta 3 Estandarizar todos los cambios aplicados a las operaciones										
Actualizar procedimientos requeridos										
Propuesta 3.1 Establecer ayuda visuales										
Actualizar procedimientos requeridos										

Tabla 25 Diagrama de Gantt para implementación de propuestas
Fuente: Elaboración propia

El último punto relacionado con la metodología DMAIC es el de control con el fin de asegurar que las propuestas establecidas permanecerán a lo largo del tiempo y de presentarse diferencias a lo establecido, se toman acciones para corregirlo y regresar al estado de control propuesto. En esta etapa se definen los planes de monitoreo para el seguimiento y control de las mejoras propuestas.

Los cambios sugeridos son implementados en los procedimientos requeridos y las ayudas visuales, son estandarizadas con el fin de proveer un mismo lineamiento para los técnicos del área o cualquier designado para realizar la prueba.

Las normas ISO: 9001-2015 y de FDA, por las cuales se rige el cliente de AGM consultores son la base preliminar para mantener, controlar, dar seguimiento y las cuales solicitan que todo cambio en el proceso debe de ser controlado, por lo tanto, las mejoras establecidos, son incluidas en el procedimiento aplicable al Departamento de Calidad en todos los procedimientos requeridos, ya que ellos son quienes desarrollan la prueba de Peel Test para el área de banda gástrica.

Por medio de las métricas establecidas, por la empresa con el fin de medir el estado de los procesos, se establece el medio de seguimiento y control, para cada una de las métricas, estas cuentan con un dueño el cual calcula y da seguimiento

mensualmente a las mismas, si no se alcanza el porcentaje de meta establecido este debe de justificarse.

Aproximadamente cada cuatro meses la gerencia realiza una reunión cuyo fin es verificar el estado de los sistemas internos, por lo tanto, el no cumplimiento de las métricas resalta en esta, las justificaciones deben de entregarse para ser evaluadas y de ser requerido tomar acciones para evitar el no cumplimiento.

En adición con el fin de verificar el cumplimiento de los cambios y mejoras implementadas en el proceso, la empresa cuenta con un sistema de auditorías internas las cuales tienen como objetivo la verificación y cumplimiento de los procedimientos internos, cualquier desviación a los mismos se ve reflejada ante la dirección de Gerencia, estas se evalúan con base en su riesgo y se toman acciones para corregirlas.

Como un último control para asegurar el cumplimiento global de todos los sistemas mencionados anteriormente, la empresa cuenta con un sistema de auditorías externas el cual está a cargo de entes externos a nivel local e internacional, estas son programadas a lo largo del año, al igual que las internas buscan el cumplimiento interno de los procedimientos y que estos se encuentren debidamente alineados con las normas correspondientes, parte de ello es el

cumplimiento de las métricas establecidas. Los hallazgos detectados durante la auditoría interna también forman parte importante de la evaluación, en caso de detectarse algún fallo y que el mismo no fue corregido de manera tal que se regresará al estado de control, donde no hubiese riesgo o se detectan ocurrencias en lo mismo, puede traer implicaciones serías para la compañía.

5.9. Análisis costo beneficio de propuesta

Basado en las propuestas generadas, sobre las cuales se requiere de una inversión, para tener más claridad sobre el retorno de la inversión, se presenta el siguiente cálculo del ROI

De acuerdo a los resultados obtenidos en la mejora de tiempo en la propuesta 1, se proceden a solicitar 3 tipos de cotizaciones de equipos para prueba de tensión con empresas especializadas en venta de equipos de tensión para el proceso, se elige la opción más económica para el desarrollo de la propuesta, ver en Anexos las cotizaciones de estos equipos, la propuesta 2.2 hace referencia a la implementación de un fixture para corte y por último, de acuerdo a la propuesta 2.1 el cambio de la herramienta de corte.

Método Propuesto

$$\text{ROI} = \frac{5,152,515.69}{12,783.00} \times 100 = 212\%$$

Realizando un análisis de una comparación entre la rentabilidad inicial en la cual incurrió la empresa contra el incremento en la rentabilidad con el proceso propuesto, basado en el comportamiento y los resultados financieros de la empresa en estudio, tomando como base un periodo de evaluación a 5 años, muestra un importante aumento en la rentabilidad con la propuesta de la sustentante que se está proponiendo pasar de 126% a un incremento de 212%, debido a la disminución de tiempos y aprovechamiento máximo del nuevo equipo, con lo que la producción se eleva considerablemente. Asimismo, revisando los componentes se puede observar que el peso de gastos tiene una incidencia importante en el resultado y se debe a una reducción de los gastos tanto de mano de obra como de horas extra, que pasaron de representar alrededor \$6. 672.00 en mano de obra a \$ 3.744.00 con la propuesta y de \$3.490.00 en horas extra a tan solo \$1.564.05 con la propuesta, ver Apéndice G.

Es importante mencionar que aunque se debe invertir en la adquisición de este equipo, el mismo es clave para lograr la reducción en el tiempo total de la prueba de Peel ya que tiene un impacto directo sobre las operaciones 3 y 4 y de rebote en el resto que componen la prueba, al ser un equipo universal en pruebas de tensión, este puede ser adaptado a cualquier otra prueba que se requiera para las futuras líneas que se están transfiriendo, tal lo es para el futuro caso donde se va a requerir hacer pruebas de empaque entre dos materiales flexibles pues el equipo no es exclusivo para la prueba de Peel y se le puede implementar varios usos, al cambiar las prensas y adaptarlas al nuevo producto, según sea requerido.

La implementación de un fixture genera un impacto en la estandarización de la operación de corte, disminuyendo la variabilidad de fuerza, rapidez, agilidad y desconcentración, asociada al técnico, adicionalmente este puede generar un impacto directo sobre el tiempo total relacionado con la operación #2, debido a que las dimensiones necesarias de corte ya vendrían incorporadas en la base de este, lo cual elimina el tiempo de marcar el lado flexible del papel.

De acuerdo con la propuesta 2.2 remplazo de la tijera de corte de láminas de zinc por una cutter de seguridad es necesario al cambiar el método de corte basados en un principio de inversión económica $\$0$, ya que la empresa cuenta con cuchillas de seguridad, por lo tanto, la compra de estas no es necesaria, a su vez cumplen con los objetivos planteados anteriormente y genera el beneficio esperado.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Este proyecto sirve como guía o punto de partida para la elaboración de otros proyectos similares que tenga la empresa AGM Consultores; de tal manera que con la aplicación, análisis y estudio efectuado, comprendan el valor agregado obtenido, en la ejecución de estudios de productividad, evaluación del trabajo y los rendimientos que se generan a favor de la empresa y accionistas, con estudios similares a este.

Se determinaron los tiempos aproximados para cada una de las operaciones, como una base para realizar el análisis de estadística descriptiva, el cual mostró que las operaciones #3 seteo del software y #4 el seteo del equipo Instron son las que presentaban una mayor variabilidad de acuerdo a los resultados obtenidos por medio de las medidas de dispersión y redundaban en la baja productividad de la prueba de Peel y conforme a la medida de tendencia central las operaciones #2 identificación de las muestras y #5 realización de las pruebas son las que presentaban el valor más alto de tiempo de duración en minutos,

Por medio de la herramienta de las 7 mudas, se detectaron los desperdicios en cada una de las operaciones del proceso de la prueba de Peel, aplicando el criterio experto, en donde se identificaron las mudas, siendo la operación #2 corte de las

muestras Y #5 realización de las pruebas las que presentaron la mayor cantidad, los cuales fueron eliminados o mejorados.

La matriz de ponderación, contribuyó como elemento clave para determinar en qué áreas se debía trabajar para lograr cumplir con el objetivo general de este proyecto, tal cual es el aumento de productividad para la prueba de Peel, matriz que representa el 100% de las causas y la misma se generó de acuerdo con el criterio experto de las personas que participan en el proceso. Resalta además los factores a los cuales se les debe de dar seguimiento y otrora a los resultados obtenidos por la matriz aplicada, el factor de Máquina muestra el resultado más alto equivalente a un 44%, seguido por el factor Método con un resultado del 41%, quedando el factor de Mano de Obra con el menor resultado final, equivalente a un 11% y por último, se observa el factor Materia Prima que equivale a un 4%, este último no es considerado para dar seguimiento a las mejoras debido a su bajo impacto dentro de la matriz.

Basado en el piloto de la propuesta 1, el cual se enfocó en el mejoramiento del factor máquina, se ven involucradas las operaciones #3 seteo del programa del instron y #4 seteo del equipo Instron, de acuerdo a los resultados obtenidos por medio de la matriz de ponderación, por lo que se concluye que se logró una reducción en promedio del 83% entre ambas operaciones y en el resto de operaciones se alcanzó un promedio de reducción de tiempo del 46%, todo esto asociado al cambio de equipo el cual fue utilizado para la prueba piloto, mismo que

cumple con los requerimientos de la Norma ASTM F-88 y es de uso universal, lo cual los hace flexibles para cualquier prueba de tensión para futuras líneas.

Aunque este nuevo método significa una inversión para la empresa, el cálculo del ROI indica que el retorno de la inversión será de un 212%, traducido en tiempo de proceso que se libera y aumenta la capacidad productiva del área, el mismo será recuperado en un periodo de 10 días, lo cual lo hace un proyecto viable, por ende, rentable, ya que se obtienen ganancias desde el primer período.

De acuerdo con la propuesta 2, cambios enfocados en el método aplicado en las operaciones 1, 2 y 5, estas se disminuyen en el tiempo total de prueba de las operaciones, en un 46% en relación con el tiempo actual, el cambio de herramienta en la operación de corte y colocar directamente la bandeja sobre las prensas, afectó positivamente a la operación, adicionando un impacto asociado a la seguridad de la persona que realiza la actividad de corte, debido al uso de una cuchilla de seguridad que minimiza la posibilidad de un accidente, ya sea por movimientos bruscos y repetitivos que se reflejan en dolencias y cansancio por parte de los técnicos, lo que hace que estos deban de alternarse durante el turno para poder minimizar el impacto físico y así de esta manera no solo se consigue una disminución en el tiempo de la actividad, sino también la seguridad. La reducción de distancia se ve implícita al momento de obtener el equipo que se menciona en la propuesta 1, ya que su impacto sería de un 100% y este tiene dimensiones más maniobrables.

La adquisición de un fixture para corte contribuye con la estandarización de la operación y elimina las variables asociadas a la persona que realiza dicha actividad.

A través de la propuesta 3, se determinan la estandarización requerida para cada una de las operaciones, de los cambios realizados de acuerdo a la prueba piloto y se establecen ayudas visuales con el fin de estandarizar cada uno de los cambios, como guía para cualquier individuo designado que haga la prueba, así se pudo normalizar el proceso y poder eliminar la subjetividad con la que los técnicos trabajaban y efectuaban anteriormente muchas de las actividades relacionadas con las operaciones del proceso de prueba Peel.

Basado en el resultado de la prueba piloto aplicado en la propuesta 1, se concluye que se logró una reducción del 57% en su tiempo total, contemplando todos los cambios sugeridos en cada una de las operaciones, lo cual ocasionó un impacto en el tiempo total, pasando de 53.17 min a 23.08 min, lo que contribuyó a obtener un aumento en la productividad del proceso de sellado de hasta el 38%, el tiempo actual de la prueba tiene una duración de 2.5 h/min, contemplando la reducción en el ahorro de tiempo de acuerdo a la prueba piloto, este pasó a ser de 1.56 h/min, por lo tanto, tomando como base el tiempo disponible de 8.5 h durante el turno con dicho ahorro de tiempo se pasa de 3 lotes a 5 lotes por turno, lo cual se traduce en el aumento de producción de lotes, pasando de 60 a 100 lotes por mes, con los cuales el proceso tiene la capacidad de cubrir los requerimientos durante los 5 años siguientes 2019-

2023. Adicionalmente basado en el pronóstico de ventas de la empresa, se refleja la disminución del pago de horas extra de ₡4, 394, 900 en comparación con los gastos originados durante un período de 9 meses, en el cierre del año fiscal 2017 que abarcó el monto de ₡8, 328, 800.

Es importante mencionar que aunque se debe invertir en la adquisición de este equipo, el mismo es clave para lograr la reducción en el tiempo total de la prueba de Peel ya que tiene un impacto directo sobre las operaciones 2 y 3, a su vez en el resto que componen la prueba, al ser un equipo universal en pruebas de tensión, este puede ser adaptado a cualquier otra prueba que se requiera para las futuras líneas que se están transfiriendo, por ende, al mediano y largo plazo redundará en los procesos donde se va a requerir realizar pruebas de empaque entre dos materiales flexibles, ya que el equipo no es exclusivo para la prueba de Peel y se le puede implementar varios usos, al cambiar las prensas y adaptarlas al nuevo producto, según sea requerido.

El impacto de reducción que generaría el método propuesto, asociado al tiempo invertido en el total de la prueba, la cantidad de mano de obra, el espacio físico requerido por el equipo actual y la distancia genera un impacto del 85% por turno en comparación con el método actual.

6.2. Recomendaciones

Para toda empresa la mejora continua debe ser el norte a seguir, así como estar a la vanguardia de las nuevas tecnologías y herramientas que contribuyan a un crecimiento de la producción, por ende, alcanzar niveles de utilidad aceptables para los accionistas e inversionistas, partiendo de estas premisas fundamentales, se presentan algunas recomendaciones para que la empresa pueda seguir en su camino exitoso de mejora continua:

Estandarizar las operaciones del proceso, basado en las nuevas implementaciones de mejora. Esto con el fin de mantener bajo control las mismas y tener un punto de referencia para determinar si el proceso se sale de control.

Actualizar los procedimientos requeridos y capacitar a todo el personal involucrado en el proceso de prueba, es de suma importancia antes de incorporarlos al trabajo en la operación de prueba de Peel, con el fin de cumplir con los requerimientos de acuerdo con la Norma ISO 9001:2015 y la FDA de los Estados Unidos de Norteamérica.

La adquisición del fixture como parte de la mejora de la productividad y de la prueba, trae consigo algunas condiciones a las cuales se les debe de dar

seguimiento y definición, tal es el caso de realizar un cálculo de tiempo para la operación de corte, con el fin de conocer sobre el impacto de este sobre la operación y en el proceso completo. Adicionalmente se debe de definir el tiempo de cambio de las cuchillas cuando estas ya estén desgastadas por su uso continuo, evitando así que no se logre un corte parejo y por último, este debe de ser recibido por el área de Incoming, acorde a los procedimientos internos de la empresa y tenerlo como parte de seguimiento y mantenimiento de los equipos.

La implementación del fixture podría generar un impacto sobre la operación #1 identificación de las muestras pues debido a que el proceso actual se realiza de manera manual, dicha guía es necesaria, sin embargo, al utilizar el fixture la configuración de los cortes y el ancho se encuentran ya establecidos sobre su base, respetando lo solicitado por la norma para prueba de empaque de sellado ASTM F-88, lo cual se podría traducir en reducción del tiempo.

Basados en la propuesta 1, para la adquisición de un nuevo equipo en pruebas de tensión, se debe tener presente que el tiempo de entrega de este contempla entre 4-5 semanas sobre los procesos de aduana.

La instalación del equipo puede ser realizada por el Ingeniero de facilidades ya que el equipo tiene pre-instalado el software, por lo tanto, el ingeniero de IT puede

finalizar el proceso, lo cual elimina el costo asociado a dicha instalación por parte del vendedor.

Se debe de realizar una verificación relacionada al aire comprimido, que el mismo cumpla con un mínimo de presión de aire de 43 ± 3 psi, ya que esto es lo que da fuerza al cierre de la prensa para sujetar la muestra, basado en las pruebas que se efectuaron en el plan piloto.

El equipo debe de ser recibido de acuerdo con el proceso establecido por la empresa, para incorporarlo al sistema de calibraciones y definir la programación y calendarización del mantenimiento, para cumplir con los requerimientos de la Norma ISO9001:2015.

Bibliografía

Acuña, J. (2002). *Control de Calidad*. Cartago: Ed. Tecnológico de Costa Rica.

Arias Achi, K. (2016) Aumento de la capacidad de producción del progreso de archivo de documentos de la empresa de dispositivos médicos Santa Lucía para diciembre 2016. (Tesis inédita Bachillerato). Universidad Hispanoamericana, San José Costa Rica.

Arroyo Cordero, J. (2016). Reducción del tiempo de proceso de café tostado, secado molido y empacado en beneficio el Diamante COOPEATENAS R.L para Julio 2016. (Tesis inédita Licenciatura) Universidad Hispanoamericana, San José Costa Rica.

Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufactura*. Moderna. México: Pearson.

Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Argentina: Editorial Brujas.

Guillen Dinarte, M. (2016). Incrementar el rendimiento del proceso productivo en la línea 18LTS Gable Top (H5) y Federal 2 a la capacidad teórica instalada en el área de pasteurizados de la empresa Dos Pinos Coyol. (Tesis inédita Bachillerato). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.

Hay, E. (1989). *Justo a Tiempo*. Bogotá: Ed. Norma.

Herrera, A. R. J. y Herrera, T. J. F. (2011) *Seis Sigma: un enfoque práctico, Corporación para la gestión del conocimiento ASD 2000*. ProQuest Ebook Central. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3200977>.

Lefcovich, M. L. (2009) *Seis SIGMA "Hacia un nuevo paradigma en gestión"*. ProQuest Ebook Central: El Cid Editor. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3180915>.

López, J (2014) *Estudio del trabajo: una nueva visión*. ProQuest Ebook Central: Grupo Editorial Patria. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3227661>.

Niebel, B. y Freivalds, A. (2009) *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12 ed, México D.F: McGraw-Hill.

Mora Arroyo, C. (2016) Análisis y Mejora para el proceso de abastecimiento de combustible que la refinadora costarricense de Petróleo, S.A. brinda a las aerolíneas que utiliza el aeropuerto. (Tesis inédita Licenciatura). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.

Niño, V. M (2011) *Metodología de la Investigación: diseño y ejecución*. ProQuest Ebook Central: Ediciones de la U. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3198784>.

Phillips, P. P. (2005). *Fundamentos del ROI*. 11 ed, Barcelona: Gestión 2000.

Platas, G. J. A. (2014) *Planeación, diseño y layout de instalaciones: un enfoque por competencias*. ProQuest Ebook Central: Grupo Editorial Patria. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=4569608>.

Quintana, C. (2006). *Elementos de inferencia estadística*. San José: Universidad de Costa Rica.

Rojas, M. D., & Ruiz, R. C. (2011) *Introducción a la ingeniería*. ProQuest Ebook Central: Ediciones de la U. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3199082>.

Rajadell, C. M. y García, J. L. S. (2009) *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. ProQuest Ebook: Central Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3196599>.

Rodríguez, J. J. (2013). *Muestreo y preparación de la muestra*. ProQuest Ebook Central: El Cid. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>

Sacristán, F.R. (2005). *Las 5S*. Madrid, España: Editorial Fundación Confemetal.

Socconini, L. (2015). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*. ProQuest Ebook Central: Marge Books. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=4946185>.

Sabino, C.A. (2006). *Camino de la Ciencia: Una Introducción al método científico*. 5 ed, Buenos Aires, Argentina: Ed. LUMEN.

Sampieri, H. R. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5 ed, México D.F: Ed. McGraw-Hill.

Taiichi, O. (1991). *El Sistema de Producción Toyota*. 11 ed, Barcelona: Ed. Gestión 2000.

Wortman, B. (2014). *The Six Sigma Green Belt Primer*. Indiana: Ed. Quality Council.

Apéndice A Estudio de tiempos para cada operación del proceso de prueba de

Peel Test para el área de banda gástrica.

	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Operación 4	Operación 5
Lote 1	392	1159	91	243	1214
Lote 2	395	1175	90	212	1152
Lote 3	392	1201	92	244	1162
Lote 4	423	1222	120	202	1106
Lote 5	389	1232	92	304	1090
Lote 6	389	1158	94	258	1110
Lote 7	390	1223	88	247	1262
Lote 8	393	1165	87	268	1094
Lote 9	395	1175	89	243	1109
Lote 10	425	1168	89	257	1200
Lote 11	376	1154	89	263	1091
Lote 12	389	1223	83	213	1169
Lote 13	386	1229	81	194	1162
Lote 14	391	1211	91	254	1214
Lote 15	421	1154	89	272	1228
Lote 16	394	1174	82	244	1172
Lote 17	380	1209	95	260	1220
Lote 18	385	1222	121	213	1156
Lote 19	389	1226	83	205	1223
Lote 20	388	1232	83	262	1271
Lote 21	383	1169	95	257	1106
Lote 22	391	1202	89	209	1286
Lote 23	392	1234	94	215	1226
Lote 24	386	1163	122	205	1094
Lote 25	395	1208	83	214	1202
Lote 26	380	1223	81	249	1171
Lote 27	422	1166	89	254	1217
Lote 28	385	1160	77	209	1097
Lote 29	380	1211	93	203	1109
Lote 30	395	1235	92	247	1156
Lote 31	391	1231	121	257	1169
Lote 32	380	1217	86	215	1221
Lote 33	393	1234	91	209	1157
Promedio segundos	393	1199	92	236	1170

Promedio minutos	6.54	21.03	1.53	4.57	19.50
Rango	49	81	40	110	196
Desviación Estándar	12	29	12	26	56
Coefficiente de Varianza	3.1%	2.4%	12.6%	11.2%	4.8%

Apéndice B Métrica relacionada a volumen del área gástrica, periodo enero a septiembre 2017

	Planeado	Atrasado del mes anterior	Meta Mensual	Producido	Métrica
Enero	65	10	75	70	93.3%
Febrero	79	5	84	81	96.4%
Marzo	81	3	84	81	96.4%
Abril	79	3	82	79	96.3%
Mayo	77	3	80	79	98.8%
Junio	81	1	82	81	98.8%
Julio	89	1	90	89	98.9%
Agosto	91	1	92	89	96.7%
Septiembre	95	3	98	92	93.9%
Totales	737	30	767	741	96.6%
				Cantidad lotes faltantes	26

Apéndice C Métrica relacionada a cantidad de catálogos del área gástrica,
periodo enero a septiembre 2017

	Catálogos Planeados para enviar	Catálogos atrasado del mes anterior	Nueva Meta Mensual de Catálogos a enviar	Catálogos enviados	Catálogos no enviados	Métrica
Enero	9	3	12	5	7	1.7
Febrero	6	11	17	9	8	2.1
Marzo	6	9	15	6	9	1.7
Abril	8	9	17	8	9	1.9
Mayo	10	8	18	10	8	2.3
Junio	9	7	16	9	7	2.3
Julio	8	9	17	8	9	1.9
Agosto	14	5	19	14	5	3.8
Septiembre	13	6	19	13	6	3.2
Totales	70	61	150	82	68	2.2

Apéndice E, Impacto monetario proceso actual vs proceso propuesto

Propuesta de Mejora	Actual		Propuesto				Método Actual		Método Propuesto	
	h/mint	Impacto Monetario x turno	h/mint	Impacto Monetario x turno	Ahorro	% Reducción	Impacto Mensual	Impacto Anual	Impacto Mensual	Impacto Anual
Eliminación de todo el transporte para recoger las muestras y el desplazamiento del técnico desde el cuarto limpio hasta el área de incoming y viceversa	184.6 metros 1.10 h	€2,750.00	0 metros	€0.00	184.6 metros 1.10 h	100%	€55,000.00	€660,000.00	€0.00	€0.00
Se reemplaza tijera por cutter de seguridad y se cambia el método de corte, haciendo el corte solamente al lado del papel y no cortando ambos materiales	21.03 2.06 h/min	€5,150.00	9.03 1.30 h/min	€3,250.00	12.00	57%	€103,000.00	€1,236,000.00	€65,000.00	€780,000.00
Se realiza plan Piloto con equipo propuesto, se elimina todo el tiempo y los movimientos que requieren el ingreso de información en cada pantalla del software.	1.53 11.18 min	€458.00	0.43 7.10 min	€295.00	1.10	72%	€9,160.00	€109,920.00	€5,900.00	€70,800.00
Se realiza plan Piloto con equipo propuesto, se elimina todo el tiempo y los movimientos que requieren el seteo del equipo para las partes mecánicas.	4.57 29.42 min	€1,208.00	0.08 1.20 min	€50.00	4.49	98%	€24,160.00	€289,920.00	€1,000.00	€12,000.00
Se eliminan todos los movimientos, tiempos y distancia que se requerían al probar una a una las muestras, esto debido al cambio en el método, se coloca directamente la bandeja sobre las prensas.	19.5 1.59 h/min	€3,975.00	8.53 1.28 h/min	€3,200.00	10.97	56%	€79,500.00	€954,000.00	€64,000.00	€768,000.00
Reducción del espacio físico para el uso del equipo, el mismo puede ser ubicado en cualquier superficie que se requiera y se puede colocar sobre una mesa	1,50x80=120m ² €4,978.12	€597,374.40	40cmx40cm=16m ² €4,978.12	€79,649.92	104m ²	87%	€597,374.40	€597,374.40	€79,649.92	€79,649.92
La cantidad de técnicos de calidad, se reduce de 2 a 1, ya que al disminuir el método y el tiempo de la prueba en total, le facilita realizarlo solo. El segundo técnico dura 3,5 horas por 5 lotes.	2 Técnicos	€10,950.00	1 Técnico	€8,775.00	1 técnico	50%	€219,000.00	€2,628,000.00	€175,500.00	€2,106,000.00
		€621,865.40		€95,219.92			€1,087,194.40	€6,475,214.40	€391,049.92	€3,816,449.92

Apéndice F Tabla de tiempo total de recorrido para recoger muestras, operación

#1

Proceso:	Recoger Pruebas, Operación #1
Inicia y termina:	Cuarto Limpio
Analista:	Yarline Picón

Distancia en metros	Tiempo en minutos	Detalles
15.43	00:01:06	Cuarto Limpio, punto de pruebas
8.29	00:00:28	Vestíbulo de vestimenta para gabachas
47.75	00:02:57	Corredor hasta el cuarto del transferencia de materiales para ingresar
6.5	00:00:09	Ventana de Transferencia, recoger muestras y DHR
6.5	00:00:09	Salir del Cuarto de transferencia
15.4	00:01:03	Desplazarse hasta el área de Incoming para realizar las pruebas
15.4	00:01:03	Salir del área de incoming, hasta el cuarto de transferencia
6.5	00:00:09	Entrar al cuarto de transferencia hasta la ventana y dejar el DHR
6.5	00:00:09	Salir del Cuarto de transferencia
47.5	00:02:57	Pasillo hasta el área del vestíbulo
8.29	00:00:28	Vestíbulo de vestimenta para gabachas
15.43	00:01:06	Cuarto Limpio, punto de pruebas
184.06	00:11:44	
Tiempo Total:	01:10:24	

Apéndice G Tabla de datos para cálculo del ROI, método propuesto

Flujo de Fondos en base en la Propuesta (en dólares americanos)							
Años	0	Base 2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión Inicial	-\$12,783.00						
INGRESOS							
Unidades vendidas		\$5,642,000.00	\$5,929,000.00	\$6,230,000.00	\$6,552,000.00	\$6,888,000.00	\$7,238,000.00
Total Ingreso p/Ventas		\$5,642,000.00	\$5,929,000.00	\$6,230,000.00	\$6,552,000.00	\$6,888,000.00	\$7,238,000.00
Costos operativo							
32 muestras x lote= 20 unid x 5 lotes x US\$182 c/ unid		\$2,933,840.00	\$3,083,080.00	\$3,239,600.00	\$3,407,040.00	\$3,581,760.00	\$3,763,760.00
Mano de obra directa (Horas Hombre)		\$3,744.00	\$3,931.20	\$4,334.15	\$4,550.86	\$4,778.40	\$5,017.32
Horas extra		\$1,564.05	\$2,346.08	\$2,346.08	\$2,346.08	\$2,346.08	\$2,346.08
Capacitación		\$500.00	\$500.00				
Total Gastos		\$2,939,648.05	\$3,089,857.28	\$3,246,280.22	\$3,413,936.93	\$3,588,884.47	\$3,771,123.39
Beneficio		\$2,702,351.95	\$2,839,142.73	\$2,983,719.78	\$3,138,063.07	\$3,299,115.53	\$3,466,876.61
Flujo Neto de Efectivo			\$1,880,226.97	\$1,308,591.63	\$911,697.58	\$634,591.74	\$441,629.08
VAN(51%)	\$5,152,515.00						
Período de Recuperación :	10 días						
Tasa Interna de retorno	212%						
Tasa de Rentabilidad	-213%						

Glosario

Seteo: Ajuste

Peel: Pelar

Incoming: Área de recibo

Instron: Equipo para prueba de tensión

Rutina: Parámetros guardados en un archivo

Fixture: Un herramienta diseñada para mejorar la seguridad, calidad y producción de una línea.

Outsourcing: Término del inglés que podemos traducir al español como 'subcontratación', 'externalización' o 'tercerización'.

Anexo I, Cotización Equipo de tensión Empresa QC internacional



A **QSC INC. Company**

BICSA Financial Center
Balboa Avenue and Aquilino de la Guardia St.
44th Floor, Suite 4405
Panama City, Republic of Panama

Elaborado por:

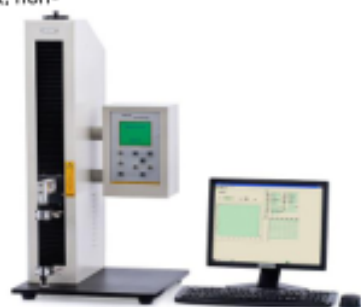
Alberto Alfaro - OFICINAS EL SALVADOR
aalfaro@qcinter.com
Oficina(503)2305-6928-Móvil(503)7806-4888

COTIZACIÓN NO.: SV6800
FECHA: 26-Jun-2018
VÁLIDA HASTA: 27-Jul-2018
EMPRESA: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CONTACTO: Yarine Picon
INCOTERMS: CIF SJO COSTA RICA
FORMA DE PAGO: 100% anticipado
TIEMPO DE ENTREGA: 4-6 Semanas

RESUMEN DE COTIZACIÓN

SUB-TOTAL	
EQUIPOS / CONSUMIBLES / ACCESORIOS:	\$6,500.00
SUB-TOTAL GASTOS:	\$990.00
TOTAL COTIZACIÓN:	\$7,490.00

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNI.	SUB-TOTAL
1	<p>XLW Auto Tensile Tester</p> <p>Meets Standards: ISO 37, ASTM E4, ASTM D882, ASTM D1938, ASTM D3330, ASTM F88, ASTM F904, JIS P8113, QB/T 2358, QB/T 1130, GB 8808, GB/T1040.1-2006, GB/T1040.2-2006, GB/T 1040.3-2006, GB/T 1040.4-2006, GB/T 1040.5-2008, GB/T 4850-2002, GB/T12914-2008, GB/T 17200, GB/T 16578.1-2008, GB/T 7122, GB/T 2790, GB/T 2791, GB/T 2792, GB/T 17590</p> <p>Applicable to the determination of physical mechanical properties of plastic films, laminated materials, flexible packaging materials, plastic flexible tube, adhesives, adhesive tapes, pressure sensitive tapes, adhesive bandage (plaster), release paper, protective films, flip off cap, foil, diaphragm, back sheet, non-woven, rubber, and paper fiber, etc.</p> <p>Specifications:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Load Cell: 500 N - Accuracy: 1% FS - Test Speed: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 500 mm/min - Specimen Width: 30 mm (Standard Grip), 50 mm (Optional Grip) - Clamping Way: Manual Specimen Clamp - Stroke: 500 mm - Power Supply: 220VAC 50Hz / 120VAC 60Hz - Net Weight: 65 kg <p>Standard Configurations: Instrument, Universal Grips, Professional Software and Communication Cable</p> <p>Optionals:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Load Cell 100N, or 200N US\$300.00 * Customized Jigs ASK * Test Plate (40*180mm) US\$30.00 * Standard Pressure Roller US\$250.00 * Sample Cutter (Choose 10, 15, 20, 25, or 25.4 mm) US\$100.00 	\$6,500.00	\$6,500.00



COTIZACIÓN NO.: **SV6800**

Anexo II, Cotización Equipo de tensión Empresa ATRYA PLAST S.A



ATRYA PLAST S.A DE C.V
www.atrya.com.mx

COTIZACION 17143

28/06/2018

CLIENTE: AGM CONSULTORES	ATENCIÓN: YARLINE PICON
DIRECCIÓN: No :	ypicon18@yahoo.es
COLONIA:	Tels : (506) 8415-9766
PAIS:	VENTAS: EDGAR MIGUEL LIZARRAGA DIAZ
DELEGIMPO: BARRIAL	
C.P.:	

CTD	UNIDAD	MARCA	NO DE PARTE	DESCRIPCIÓN	MONEDA	P.UNITARIO	IMPORTE
1	PIEZA	CHATIL LON	CS2-225-115V	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS CHATILLÓN MAQUINA DE ENSAYOS PARA PRUEBAS DE COMPRESION Y TENSION CS2-225 cumple con normas Internacionales ISO y ASTM en pruebas de Ensayos de Tracción, compresión, ruptura, flexión, desgaste, Etc. ideal para aplicaciones en plásticos, dispositivos médicos, electrónicos, empaques, metales y más. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Capacidad de fuerza: 225 lbf /1000 N Recorrido máximo: 19.7 in/500 mm La profundidad del área de prueba: 7.1 in/180 mm Velocidad de prueba: 0.001 a 50 in/min - 0.01 a 1270 mm/min Velocidad máx. de retorno: 40 in/min /1016 mm/min Precisión de velocidad: ± 1% Precisión de recorrido: ± 0.25% de la lectura Humedad relativa: 20 a 85% Temperatura de Operación: 5 a 35° C / 41 a 95° F Voltaje de suministro (± 10%): 115 VAC/230 VAC, 50 to 60 Hz Peso : 115 lb/52 kg	USD	\$10,899.00	\$10,899.00
1	PIEZA	CHATIL LON	CLC-0002	CÉLDA DE CARGA CLC-0002 CÉLDA DE CARGA CON CAPACIDAD DE 2 LBF/10N PARA EQUIPO CS-225 O CS-1100	USD	\$1,160.00	\$1,160.00
1	PIEZA	LLOYD	01/4744	MESA DE PELADO DE 90° Se desliza durante la prueba para alinear la muestra , se suministra con barra de fijación de la cruzeta y guía alambre, adecuado para la norma ASTM B751 y ASTM D2861	USD	\$3,973.00	\$3,973.00
1	PIEZA	LLOYD	01/4221	MORDAZA MECÁNICA TIPO VICE GRIP 100N Par de Mordazas de 100N, tipo Vice Gríp APERTURA: 0mm - 8mm sin caras	USD	\$574.00	\$574.00
1	PIEZA	LLOYD	01/4228	CARAS DE GOMA 10mm x 50mm CARAS DE GOMA 10mm x 50mm para mordaza 01/4221 ó 01/4222. Set con 4 piezas	USD	\$518.00	\$518.00

NOTA:
ENTREGA: DE 4 A 6 SEMANAS. COTIZACION EXWORKS EN LARGO FLORIDA.
ENVIO A CUENTA DEL COMPRADOR.
PAGO : 50% DE ANTICIPO
50% AVISO DE ENTREGA

AL VERNOS FAVORECIDOS CON SU PEDIDO, AGRADECEMOS ENVIARLO A:
ATRYA PLAST S.A DE C.V
AV. RÍO CONSULADO No. 2614
COL. SAN JUAN DE ARAGÓN
México, D.F. 07920

Anexo III, Cotización Equipo de tensión Empresa SMC



SCM Metrología y Laboratorios S.A.

Cédula jurídica: 3-101-271623
 Certificado de Acreditación N° LC-020-R01 del Este Costarricense de Acreditación
 conforme a la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005

Cotización
SO21038

Fecha: 18-Jul-2018

Cliente: AGM Consultores S.A., Randall Solano
Email: agm.consultores@ice.co.cr
Teléfono:
Dirección: AGM Consultores S.A. HE
Facturación: AGM Consultores S.A. HE

Oferta válida hasta: 17/08/2018

Incoterms: Entregado con derechos pagados

Método de pago: Efectivo, transferencia bancaria o tarjeta de crédito/débito (sólo en tienda SCM)

Tiempo de entrega: 4 Semana(s)

Plazo de pago: 100 % Adelanto

Cant.	Servicio / Producto	Precio unitario	Precio venta
1	[805-102] MultiTest 2.5-4 Test System -(includes software, USB converter & cabling) - Standard model with 500mm travel, 1 - 1000mm/min speed & max load 2500N MultiTest 2.5-4 Test System (incluye software, convertidor USB y cableado) Modelo estándar con recorrido de 500 mm, velocidad de 1 - 1000 mm / min y carga máxima 2500 N Marca: Mecmesin Modelo: 805-102 INCLUYE:	\$ 13 700,00	\$ 13 700,00
1	[879-001] Imperial loadcell ILC 10N Celda de Carga ILC 10 Marca: Mecmesin Modelo: 879-001	\$ 0,00	\$ 0,00
1	[MEC227] Lightweight Double-action Vice Grip MEC227 (without jaws) - (10/32UNF thread) -100N Ligero de doble acción Vice Grip MEC227 (sin mandíbulas) - (10 / 32UNF hilo) -100N Ligero de doble acción Vice Grip MEC227 (sin mandíbulas) - (10 / 32UNF hilo) -100N Marca: Mecmesin Modelo: MEC227	\$ 0,00	\$ 0,00
1	[MEC227-BG25] Rubber jaws for MEC227 (25mm wide) Mordazas de goma para MEC227 (25 mm de ancho) Marca: Mecmesin Modelo: MEC227-BG25	\$ 0,00	\$ 0,00



BAC San José - Colónes: 90841384 BAC San José - Dólares: 90841387
 BNCR - Colónes: 100-01-854-006291-0 BNCR - Dólares: 100-82-854-006818-1
 División Colónes: 91422102881 División Dólares: 91422102879
 Del cruce del Aeropuerto Juan Santamaría, 2ava Etapa, 20189 Río Segundo de Alajuela, Costa Rica
 Central Telefónica: (506) 2431-5252 / Fax: (506) 2432-4188
www.scmmetrologia.com / info@scmmetrologia.com

Anexo IV, Correo de empresa Calibraciones SMC

Redactar

Band. entra... 999-
No leídos
Destacado
Borradores 67
Enviados
Archivo
Spam
Papeleras
Menos

Vistas Ocultar
Fotos
Documentos

Carpetas Ocultar
+ Carpeta nueva
mascarillas 11

Yarline Picon Rios <ypicon19@yahoo.es>
Para: Randall Solano O.

----- Mensaje reenviado -----
De: Ricardo Sequeira <ricardo.sequeira@scmmetrologia.com>
Para: "ypicon19@yahoo.es" <ypicon19@yahoo.es>
Enviado: lunes, 9 de julio de 2018 17:11:26 GMT-6
Asunto: Equipo utiliza para pruebas piloto, Chatillon, CS22-25 (peel testing)

Buenas tardes Yarline

De acuerdo a lo a lo que usted me solicito, basado en los resultados de la pruebas que realizamos con el chatillon, le adjunto los detalles técnicos del equipo recomendado para los ensayos de resistencia de sellado (ASTM F88).

Este tensile Streght cumple la norma ASTM F-88, además, el mínimo requerimiento de es 1lbf, casi igual a 4.4N.

1-La norma dice que la precisión del equipo debe de ser 2% y la velocidad debe ser ajustable dentro 200-300mm/min, este equipo cumple.

6. Apparatus

Buenas tardes yarline

De acuerdo a lo a lo que usted me solicito, basado en los resultados de la pruebas que realizamos con el chatillon, le adjunto los detalles técnicos del equipo recomendado para los ensayos de resistencia de sellado (ASTM F88).

Este tensile Streght cumple la norma ASTM F-88, además, el mínimo requerimiento de es 1lbf, casi igual a 4.4N.

1-La norma dice que la precisión del equipo debe de ser 2% y la velocidad debe ser ajustable dentro 200-300mm/min, este equipo cumple.

6. Apparatus

6.1 Tensile Testing Machine—A testing machine of the constant rate-of-jaw-separation type. The machine shall be equipped with a weighing system that moves a maximum distance of 2 % of the specimen extension within the range being measured. The machine shall be equipped with a device for recording the tensile load and the amount of separation of the grips; both of these measuring systems shall be accurate to $\pm 2\%$. The rate of separation of the jaws, shall be uniform and capable of adjustment from approximately 200 to 300 mm [8 to 12 in.]/min. The gripping system shall be capable of minimizing specimen slippage and applying an even stress distribution to the specimen.

2-La norma tiene requisito para el ancho de la muestra el tamaño de prensa que se utilizaron, cumple con este tamaño.

6.2 Specimen Cutter, conforming to the requirements of 5.4 of Test Methods D 882, sized to cut specimens to a width of 25 mm (0.984 in.), 15 mm (0.591 in.), or 25.4 mm (1.00 in.). Tolerance shall be $\pm 0.5\%$.

3-Se puede utilizar con los 3 métodos de prueba citados en la norma.

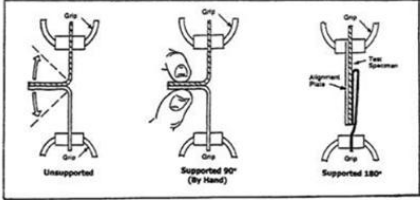


FIG. 1 Tail Holding Methods

Saludos cordiales.

ING. Ricardo Sequeira Vargas
Supervisor
Cel: (506) 62804629

Anexo VI, Cotización fixture de corte, empresa Sertex



Factura Proforma

Fecha:

Forma de Pago

O.S#0006061-1

20/07/2018

30 DIAS

Corporación SASEVI CSA, S.A

Cédula Jurídica 3-101-338 110
 Dirección: Parque Industrial Bes, Croyol Alajuela, Costa Rica Teléfono:
 2438-9968 Fax: 2438-4145

CLIENTE:

AGM Consultores

Atención: Srta. YARLINE PICON

Dirección: BARREAL DE HEREDIA

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Monto
1	CUTTER FIXTURE – BASE AGUERO Y TAPA CON AGUGERO ACERO INOXIDABLE	\$ 1,522.49	\$ 1,522.49
NOTA: SI HAY CAMBIOS INICIALES DEL DIBUJO ORIGINAL, HAY QUE RECOTIZAR TIEMPO DE ENTREGA: 4-5 SEMANAS DESPUES DE RECIBIDA LA ORDEN DE COMPRA			
Subtotal			\$ 1,522.49
Impuesto de Venta			\$ -
Flete			\$ -
Total			\$ 1,522.49



esencial
**COSTA
 RICA**

