



Trabajo Final de Ingeniería

PyMEs Eficientes: Análisis técnico-económico para la automatización de procesos de empaquetado

Tutor:

- Fernando Marquina

Alumnos:

- Botta, Juan Martín 15-132328-1
- Genlot, Federico 15-132044-2
- Rodríguez Masip, María Mercedes 15-142084-5

Fecha de entrega: Mayo 2020

INDICE

I. Introducción	3
Necesidades	3
Oportunidades	3
Objetivos	4
Alcance	4
II. Marco de estudio	6
a. Análisis de entorno.....	6
Empresarial.....	6
Social, Político y Económico	9
b. Problemáticas a desarrollar	12
Ineficiencias Observadas en el Proceso de Embolsado.....	12
Falta de métodos de medición y estándares.....	15
III. Definiciones Preliminares	18
Takt Time y Tiempo Estándar	18
KPI (Key Performance Indicator).....	18
Línea de Producción, capacidad instalada, eficacia y eficiencia	21
Cuello de botella	22
Eficiencia y eficacia.....	22
Manufactura Lean y filosofía Just In Time (JIT).....	23
Tipos de medición según la OIT	24
Muestreo del trabajo.....	26
Estimación estructurada.....	26
Estudio de tiempos	26
IV. Desarrollo del caso	28
a. Datos Iniciales.....	28
Características de las líneas de empaquetado actuales.....	28
Relevamiento línea de producción actual de caso modelo a estudiar	32
Costos Asociados	36
b. Estudio de Tiempos.....	39

Como realizar un estudio de tiempos	39
c. Establecimiento de objetivos	82
Objetivos de mejora de eficiencia	82
Objetivos de mejora económica.....	82
d. Análisis de alternativas de mejora	83
Alternativa de Mejora 1: Renovación de toda la maquinaria actual	83
Alternativa de Mejora 2: Renovación parcial de la maquinaria actual	87
Alternativa de Mejora 3: Mejora de procesos y sostenimiento.....	90
e. Estudio Económico y Financiero del Proyecto	94
V. Conclusión.....	101
Bibliografía	102

I. Introducción

Necesidades

Es de nuestro interés, a través del desarrollo de este trabajo, lograr demostrar la correcta comprensión y aplicación de los diversos conceptos y herramientas brindadas a lo largo de la carrera de ingeniería industrial.

Para ello, la intención de este trabajo será germinar y evolucionar una propuesta de negocio apuntada hacia pequeñas y medianas empresas (PyMEs), ubicadas a lo largo y ancho del país.

Oportunidades

Como es de saber, en Argentina las PyMEs representan una gran parte de la actividad económica, formando hacia 2017 aproximadamente el 44% del PBI del país, y componiendo nada menos que el 98% del total de las empresas en todo el territorio.⁽¹⁾

A pesar de jugar un rol clave para la economía del país, una pyme que, paga todos sus impuestos en tiempo y forma, no logra ser rentable debido a que se les impone una presión fiscal muy grande. Este tema será abordado y profundizado más adelante, para lograr comprender mejor el entorno en el cual estas empresas deben instalarse y desarrollarse.⁽²⁾

De esta forma, los dueños, empresarios y emprendedores de diferentes pequeñas y medianas empresas deben enfocar sus esfuerzos en optimizar la eficiencia de producción para lograr subsistir y, quizás con suerte, apuntar a ser más competitivas y obtener mayores beneficios.

La propuesta de negocio a desarrollar a lo largo de este trabajo está relacionada, justamente, con este último punto mencionado. La intención de los autores será ofrecer diferentes soluciones con el objetivo de mejorar el proceso productivo de las empresas fabricantes/distribuidoras de productos sólidos en polvo, granulares o similares, evitando pérdidas y optimizando costos.

Dentro de las diferentes economías regionales, los potenciales interesados en la solución a brindar son:

- Empresas que fabriquen productos de segundas marcas (por ejemplo, jabones en polvo, dado que las primeras marcas tienen un precio elevado).
- Empresas que fabriquen las “Marcas Blancas” de supermercados, que recientemente tuvieron un auge debido a los altos precios de primeras marcas. Estos productos abarcan galletitas, panificados, snacks, puré instantáneo, harina, azúcar, café, entre otros.

- PyMEs que se encuentren en la etapa de crecimiento, que se ven enfrentadas a ser cada vez más competitivas para sostener su negocio y necesiten optimizar al máximo los costos de planta (por ejemplo, “Rapanui” tiene una línea de negocios que se ocupa de vender helado en polvo)
- Empresas que se dediquen solemnemente al fraccionamiento de materias primas para su distribución a fábricas

Objetivos

Se considerará este trabajo como satisfactorio si:

- Se estudia correctamente el entorno económico, político y social en el cual se desenvuelven las PyMEs ubicadas en la República Argentina.
- Se logran identificar problemáticas comunes dentro de las empresas fabricantes o distribuidoras de productos sólidos (granulares, polvos o similares) que generen extra-costos o pérdidas dentro del proceso de embolsado del producto.
- Se logran fabricar al menos dos propuestas de negocio que resulten ser atractivas a las PyMEs y que reemplacen eficientemente el proceso de empaquetado con el que las mismas cuentan hoy en día.
- Que dichas alternativas sean viables y rentables para las PyMEs que deseen implementarlas, logrando de esta forma una optimización en los costos, así como también una mejor distribución de recursos en la línea productiva.

Alcance

Para abordar el estudio de casos:

- Se considerarán características aproximadas de una PyME localizada en Argentina, las cuales serán determinadas en el próximo capítulo.
- Se considerarán generalidades en cuanto a las características del contexto en el cual se encuentra dicha empresa (a desarrollar en el próximo capítulo), utilizando informaciones más específicas sólo cuando ayudasen al estudio de caso, o si fueran necesarias para el planteo de problemáticas.

- Las soluciones o alternativas a mejoras por introducirse deberán ser viables y coherentes al contexto de las PyMEs.
- Se buscará demostrar los resultados de la aplicación de dichas soluciones y mejoras, denotando los beneficios que estas brinden. Estas mejoras serán válidas si logran solucionar la problemática planteada inicialmente, incurriendo en inversiones que puedan tener un beneficio económico en el mediano plazo.

II. Marco de estudio

a. Análisis de entorno

Empresarial

Es indispensable, en primer lugar, conocer a las potenciales PyMEs que puedan interesarse en la propuesta a desarrollar, por lo cual debemos dirigirnos hacia las estadísticas compartidas por el Ministerio de Producción, para entender su composición.

Durante el primer trimestre del 2020, el 50% del total de PyMEs de Argentina se encuentran registradas por rubro, como se observa en la figura 1.

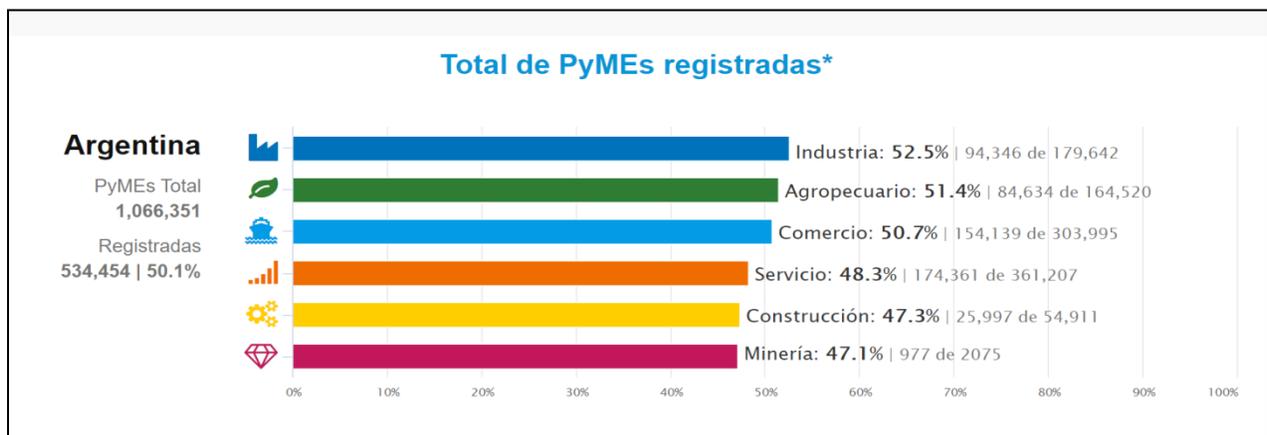


Figura 1: Gráfico informativo del total de PyMEs registradas en la Argentina. ⁽³⁾

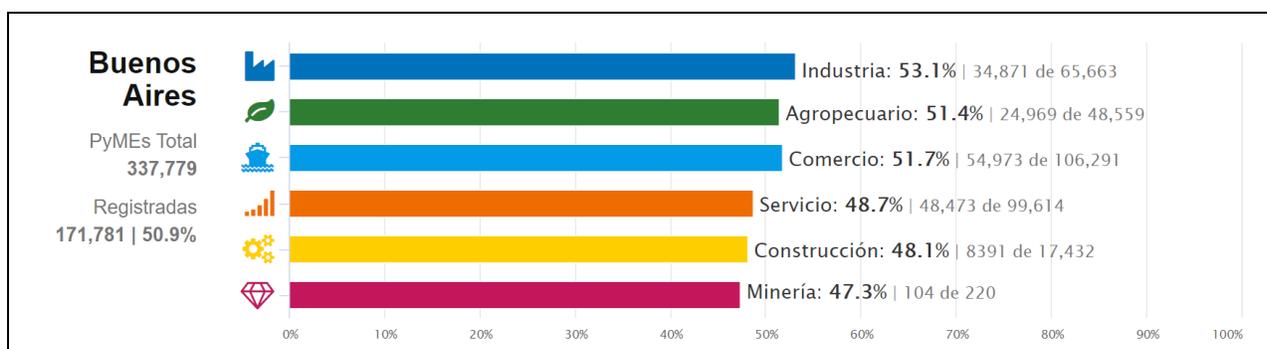


Figura 2: Gráfico informativo del total de PyMEs registradas en Buenos Aires. ⁽³⁾

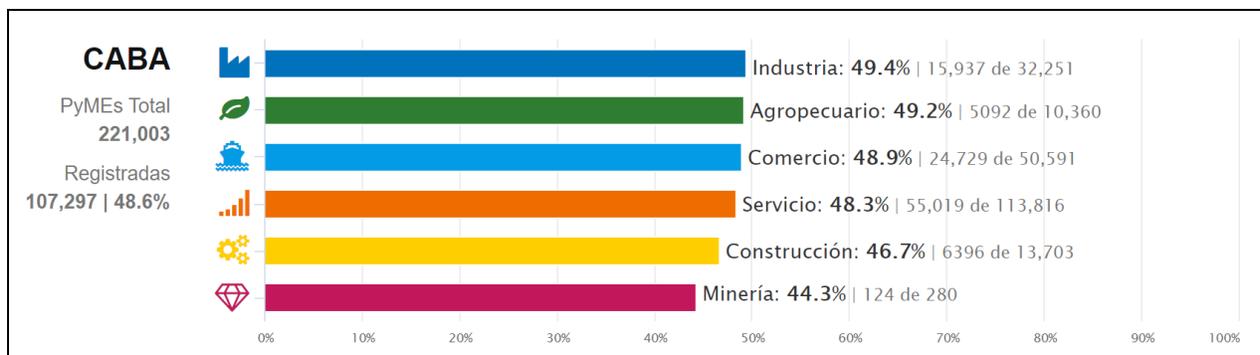


Figura 3: Gráfico informativo del total de PyMEs registradas en CABA. ⁽³⁾

Gracias a esta información, es claro que habría potencialmente, un total de 534.454 PyMEs registradas en el país que podrían estar interesadas en mejorar sus procesos de embolsado. Del total de PyMEs:

- 94.346 corresponden al rubro industrial
- 84.634 corresponden al rubro agropecuario
- 977 corresponden al rubro minero

Un sondeo realizado por la consultora PwC en 2018⁽⁴⁾ permite conocer un poco más de cerca las características individuales de dichas PyMEs, logrando obtener un estimado sobre cantidad de empleados que poseen dichas empresas, y su facturación anual, entre otras cuestiones. Los resultados obtenidos se pueden observar a continuación en las figuras 4, 5 y 6.



Figura 4: Porcentaje de PyMEs según su cantidad de empleados



Figura 5: Porcentaje de PyMEs según su facturación anual

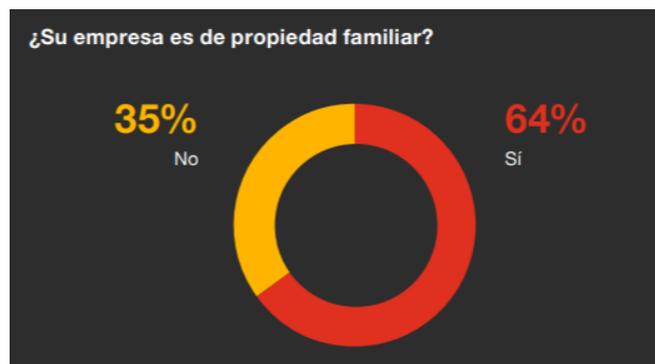


Figura 6: Porcentaje de PyMEs cuya propiedad es familiar

El financiamiento de estas empresas es generalmente débil, y por ese motivo suele observarse que los procesos de embolsado y embalaje en planta son, en su mayoría, realizados manualmente. No obstante, las empresas suelen contar con maquinaria (no moderna) para complementar dichos trabajos y facilitar a los trabajadores la tarea.

La inversión en equipos nuevos, si bien es posible en algunos casos, implica un financiamiento en dólares que, si no se maneja bien, puede derivar en pérdidas considerables e incluso la bancarrota de la empresa.

Hacia mediados de 2018, la Fundación Observatorio Pyme (FOP) también estimaba que la mitad de las pymes de la industria manufacturera, las decisiones son tomadas por presidentes o socios gerentes principales con más de 60 años (el 40% tienen 65 años o más), y sólo el 6% de los directivos son menores a 41 años ⁽⁵⁾.

En gran cantidad de casos, estos dirigentes poseen un amplio conocimiento técnico del producto que elaboran, pero sus conocimientos administrativos empresariales son escasos.

En general, desconocen herramientas o prácticas comunes como 5s, Lean Six-Sigma, Poka-Yoke o Agile Manufacturing.

Lo puede observarse de los Empresarios, con respecto a sus conocimientos contables y financieros de la empresa, es que suelen manejar bien los conceptos básicos, pero desconocen el potencial beneficio de ciertas prácticas financieras (como por ejemplo el apalancamiento financiero). Es por todo esto que para este tipo de empresas es fundamental el rol de un Ingeniero Industrial, quien deberá brindar asesoramiento constante en diversas áreas ⁽⁶⁾.

Social, Político y Económico

El entorno macroeconómico de la Argentina impacta negativamente en los empresarios desde ya hace años, y estos deben sortear complicaciones internas y externas con tal de poder subsistir o competir.

Algunas de estas complicaciones pueden resumirse a continuación, y permiten entender cómo los ámbitos social-político y económico afectan negativamente hoy en día:

1) Carga impositiva: en algunos productos la incidencia de aranceles sobre el precio final supera el 50%. De cada 100 pesos que un empresario pyme cobra en su cuenta, más de 30 se le descuentan a cuenta de futuros impuestos. Los impuestos extraordinarios vinculados a productos o servicios importados repercuten en la aparición de un dólar paralelo, muy desfasado con el dólar real. De esa forma, los ingresos por exportar productos serán tomados a un tipo de cambio (dólar) mucho menor que el tipo de cambio correspondiente a importar materiales. Esta gran variación cambiaria hace que los costos en dólares, transformados en

pesos, se vuelven mucho más elevados que los ingresos en dólares pesificados.

Citando algunos estudios, puede decirse que “El 78% de las PyMEs se encuentran preocupadas por la inflación y 80% por la presión tributaria” y que bajo el contexto actual, “solamente 45% de las PyMEs cree que sus resultados serán crecientes a lo largo del tiempo”⁽⁷⁾. En la figura 7 se observa uno de los resultados obtenidos en los estudios realizados por la consultora PWC.

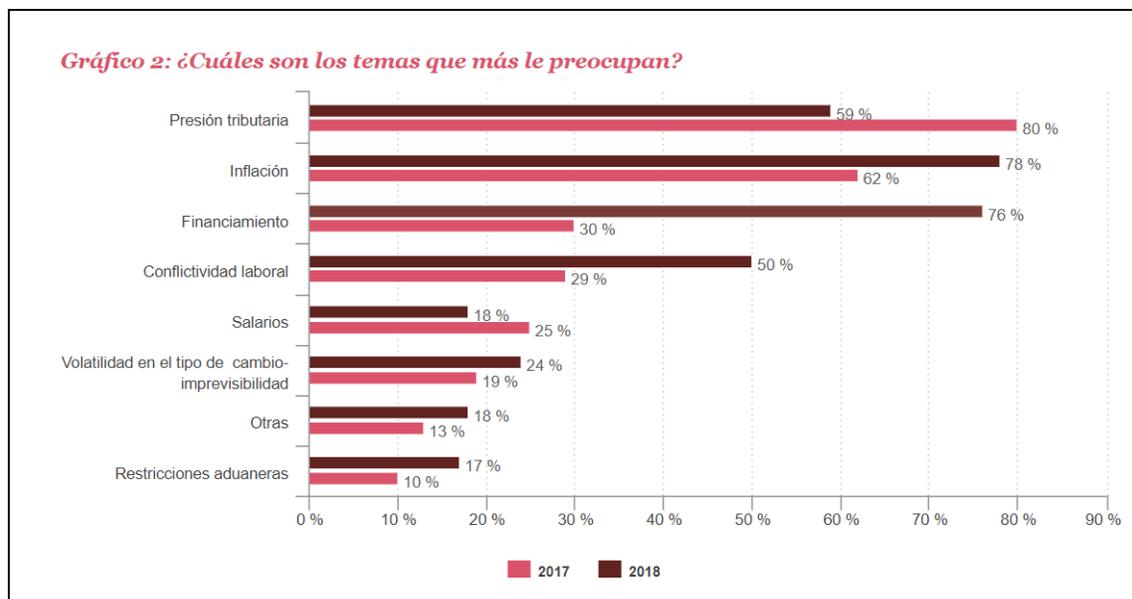


Figura 7: Gráfico informativo sobre los temas más preocupantes para las PyMES.

2) Costo laboral: Argentina tiene la carga fiscal más alta de toda Latinoamérica: 34,6%. Según la OCDE, el promedio para América Latina y el Caribe es de 21,7%. En Argentina, por cada 100 pesos que recibe un empleado como salario, su empleador paga 150 pesos destinados a cargas sociales.

3) Reglas de juego poco claras e inestabilidad política: todo mercado que quiera ser sustentable para las empresas privadas debe dotarse de reglas claras y previsibles. Lamentablemente, la Argentina no posee este tipo de estructura y las políticas van cambiando de extremo a extremo según el gobierno de turno, por lo tanto se vuelve muy difícil poder tener un horizonte de visión largo y proyectar a largo plazo.

4) Falta de visión estratégica: un país que no puede definir el lugar que quiere ocupar en el mundo, sobre qué fortalezas va a apoyar su crecimiento, es un país que estará a la deriva⁽⁸⁾.

Debido a dichas inestabilidades, y las barreras que las mismas suponen para nuevos emprendedores, también se observa que la creación de PyMEs es significativamente menor al

ritmo de cierre de estas, alcanzando para fines de 2019 (en algunos sectores) un estimado de 100 empresas cerradas por día ⁽⁹⁾.

Además de todas estas problemáticas, debemos tener en cuenta la erosión económica que sufre la Argentina históricamente, y que ha acentuado sus problemas drásticamente en los últimos años.

Durante el año 2019 la Argentina sufrió una inflación del 53,8%, la más alta en 28 años. Este valor no resulta atípico considerando que la inflación promedio de los últimos 10 años fue de un 32,8%, un número que refleja la inestabilidad y la incertidumbre con la que deben convivir los empresarios día a día.

Junto con el contexto inflacionario convive la devaluación de la moneda nacional. Durante el año 2019 el país sufrió una fuerte devaluación del 63%, un valor muy importante. Si se miran los últimos 9 años, el país sufrió una devaluación del 1.470,32%, donde el dólar pasó de \$4,01 en diciembre 2010 a \$62,97 en diciembre 2019.

Esta noticia no es alentadora para la industria nacional, sobre todo en un país con industrias cuyas materias primas y maquinarias de trabajo suelen ser importadas, representando así un costo en dólares.

Pese a todas las dificultades mencionadas, desde los distintos gobiernos que ha habido en el país entienden la importancia de las PYMES en la Argentina. Es por eso por lo que en el año 2016 se decretó de forma nacional la Ley PYME (Ley 27.264). La misma provee beneficios a las empresas para poder sobrellevar el contexto económico actual en el que se ven sumergidas. Algunos de los principales beneficios son el diferido del pago del IVA a 90 días, la compensación del impuesto al cheque como pago a cuenta de ganancias, lanzamiento de créditos a tasas de interés bajas (en relación a la inflación y tasas de interés de los bancos privados), mejoras para la exportación y devolución del IVA, entre otros ⁽¹⁰⁾.

En cuanto al contexto social nacional, durante los últimos años el país incorporó un nuevo factor para beneficio de las PYMES: una nueva ola de inmigrantes.

Entre el año 2014 y 2019, Argentina recibió a 165.688 inmigrantes venezolanos, con un alto porcentaje de personas con títulos universitarios y posgrados. El 55% trabaja en relación de dependencia, convirtiéndose en mano de obra calificada con sueldos que los benefician tanto a ellos como a las empresas ⁽¹¹⁾.

b. Problemáticas a desarrollar

Ineficiencias Observadas en el Proceso de Embolsado

En reglas generales, el proceso de embolsado no es ni más ni menos que el proceso de fraccionamiento de la materia que se comercializa. Según el criterio escogido por el fabricante en base a su conveniencia, el fraccionamiento puede ser dado por peso o por la línea de producto.

En la gran mayoría de los casos, el proceso de embolsado dentro de una línea de producción no genera un valor agregado al producto.

Dicho esto, se observa con frecuencia que (en el caso de las PyMEs) esta etapa en cualquier línea de producción de sólidos no suele recibir importancia, y por ende se desprenden diversas consecuencias que impactan en los resultados de una empresa.

Este proceso suele ser el último dentro de cualquier línea productiva, y es el que debe estar más conectado y coordinado con la logística del producto, los almacenes, y la posterior distribución hacia los clientes.

No es necesario dirigirse exclusivamente hacia PyMEs para observar que el proceso de embolsado es frecuentemente apartado de las prioridades de línea. Tomemos por ejemplo (en la Argentina) al centro de distribución de una marca reconocida.

La empresa cuenta con alrededor de 20 operarios, los cuales los cuales elaboran un producto sólido granular para abastecer los mercados de Argentina, Uruguay y Paraguay. Sin embargo, a pesar de manejar volúmenes grandes y ser una marca reconocida, la línea no se encuentra optimizada para su mejor rendimiento. El proceso de embolsado es uno de los procesos afectados por esta falta de optimización, y por ende se puede observar que:

- La mayoría de los pasos y tareas que componen o se relacionan con este proceso son manuales y requieren de más de un operador para ser completadas.
- Hay desperdicios de producto por mermas, o fallas en el empaquetado de productos sólidos que no se recuperan posteriormente.
- No se logra saber con exactitud el ritmo al que este proceso puede trabajar, dado que no hay registros ni medición de tiempos para saber qué expectativa se tiene a la salida de la línea.
- La falta de tiempos estándar conlleva a la inexactitud de la capacidad de producción de la planta, lo que termina en producción a último momento y malestar con otras áreas dado que muchas órdenes terminan siendo urgentes.

En las siguientes imágenes se muestra un ejemplo de planta de proceso de embolsado.



Figura 8: Imagen de planta de proceso de embolsado de sólidos (I)



Figura 9: Imagen de planta de proceso de embolsado de sólidos (II)



Figura 10: Imagen de planta de proceso de embolsado de sólidos (III)

De esta manera, se enfatiza nuevamente el hecho de que la ineficiencia de este proceso impide a las mismas empresas enfocarse en otras áreas de sus líneas de producción que efectivamente agregan valor.

En cuanto a la mano de obra implementada: se observa que, a falta de inversión en la etapa de empaquetado, todavía se utilizan maquinarias viejas (u obsoletas dependiendo el caso) que a su vez requieren de uno o varios trabajadores para operar. De esta manera, se emplean horas hombre y recursos demás, que a su vez podrían estar usándose para otras operaciones (por ejemplo, comenzar el Setup de las demás máquinas o implementación de 5s).

En cuanto a la falta de automatización, se observa que se deben disponer de varias máquinas de empaquetado para poder cubrir la producción de las líneas, y que, además, por la antigüedad de estas máquinas, se deben sufrir tiempos muertos o paradas de línea debido a puestas a punto (tiempos de Setup largos, configuración manual de las máquinas) o fallas mecánicas (estancamiento de bolsas, rotura de pieza mecánica por fatiga).

Esta falta de automatización también impacta negativamente en la producción de la línea ya que se producen fallas y desperfectos con mayor frecuencia (ya que actualmente se pone en juego al error humano como un factor fuerte), generando de esta forma merma y partidas falladas que no se pueden recuperar o reprocesar.

En cuanto a los costos: se observa que los costos de reproceso, fallas, y mermas son fugas que, si bien no se pueden evitar, si se pueden minimizar drásticamente.

El gasto de horas hombre empleadas en mano de obra en este proceso se considera excesiva, sobre todo para una tarea que no se ocupa de agregar valor al producto que estamos fabricando.

Falta de métodos de medición y estándares

(12)

Costeo

Sin mediciones estándares, ninguna planta logra obtener una operación eficiente, y se dificulta drásticamente el cálculo de costos tipo (costos por hora hombre, por unidad de producción etc).

De aquí deriva el “costeo estándar”, ampliamente utilizado por diversas empresas de manufactura. Este tipo de costeo se basa en niveles de eficiencia normal, y dado que varias PyMEs no cuentan con documentación o control sobre eficiencias o tiempos, se ven constantemente enfrentando pérdidas de dinero sin ser conscientes de ello.

Determinación de capacidad de planta

A través de estos estándares de tiempo, una PyME puede obtener información crítica e indispensable, ya que permiten a los analistas determinar:

- Capacidad de máquinas
- Capacidad de departamentos
- Capacidad de planta

Sin estas mediciones y estándares, le es desconocido al analista cuántas instalaciones son necesaria y de qué tipo para poder lograr el volumen de producción requerido.

Esto también impacta en la competitividad de la empresa, ya que le es imposible a la PyME realizar ajustes o estudios para poder competir en su entorno.

Determinación de fuerza de trabajo necesaria vs trabajo disponible

Con una meta de volumen de producción, pero sin tiempos estándares, los analistas no serán capaces de saber con certeza qué fuerza de trabajo es necesaria en la línea de producción, lo cual puede llevar a que la empresa contrate gente de forma desproporcionada, generando de esta manera costos que podrían evitarse.

Las empresas (y sobre todo PyMEs) necesitan determinar el número y tipo de personal y personal extra, para poder reclutarlo anticipadamente para poder cubrir los pedidos de los clientes sin inconvenientes. Con esta información, también son capaces de proyectar presupuestos, planes de acción y costos, por los cuales el negocio depende intrínsecamente.

Falta de Control de la Programación de Producción

Sin el uso de estándares, una empresa no puede implementar la fase de control eficientemente en la línea de producción. Esto quiere decir que no es capaz de realizar óptimamente la determinación de rutas, aceleración y seguimiento de órdenes de producción, perdiendo la oportunidad de economizar y satisfacer los pedidos de clientes potenciales (o incluso de sus propios clientes actuales).

En otras palabras, la empresa no es capaz de ver en dónde y cuándo se trabaja.

Sin el uso de estándares, los analistas tampoco son capaces de manejar el control de la producción, el cuál dependiendo del refinamiento:

- Programación a largo plazo (programa maestro)
- Programación de órdenes recibidas
- Programación de la operación detallada (o carga de máquinas)

De esta forma, y al no haber un plan de producción, no existe una coherencia o coordinación entre la producción y la demanda de productos. Esto podría llevar a pérdidas de todo tipo considerables, sobre todo si se tiene en cuenta el entorno de inestabilidad en cual se desarrollan.

Este uso de estándares es especialmente importante en un mercado que se contrae (donde el volumen de producción se encuentra en disminución, como es el caso de la Argentina actualmente). Sin la capacidad de determinar el número real de personas necesarias para realizar la producción necesaria, la fuerza de trabajo debe aminorar los tiempos para poder cumplir con la carga. Los costos unitarios en estos casos incrementarán, impactando negativamente en el costo unitario del producto.

En un mercado en expansión, la importancia de poder presupuestar mano de obra es igual de importante, ya que necesitaremos tenerla en cuenta de antemano para poder satisfacer las demandas de nuestros clientes y estar sincronizados con ellos.

Pérdida de Calidad de Trabajo

Sin estándares de tiempo, la línea es incapaz de mantener requisitos de calidad debido a que los mismos se basan en la cantidad de piezas producidas en una unidad de tiempo y no se reconoce el trabajo defectuoso. Existe sólo un esfuerzo constante por parte de los trabajadores para producir sólo partes buenas, en muchos casos el operario recibirá incentivos por las mismas.

III. Definiciones Preliminares

Takt Time y Tiempo Estándar

(13)

El takt time, o tiempo de ritmo, establece el ritmo de producción en función de la demanda del cliente y regula la cadencia del todo sistema en la manufactura Lean. Relaciona la demanda de los clientes con la disponibilidad del tiempo productivo. Este se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción por la demanda del cliente, en un período dado. El takt time es un número de referencia que indica a qué ritmo hay que producir para que el tiempo de producción se encuentre vinculado y sincronizado con la demanda del cliente.

Conociendo el takt time es posible ajustar la capacidad de producción a la demanda y tener controlado en cuáles puestos de trabajo es necesario aumentar la capacidad y en cuáles reducirla para que no haya un exceso de material intermedio.

El tiempo estándar es el tiempo que se tarda en producir una unidad de un producto. Este es un parámetro que se define para cada proceso, y de él dependerán diferentes aspectos relacionados con la productividad y la gestión de la producción. Se calcula dividiendo el tiempo disponible sobre las unidades producidas. El tiempo estándar sirve de referencia para establecer objetivos de productividad, control de la productividad, adecuada gestión de stocks, tiempos de parada, capacidad de máquina y equilibrio de la producción.

El tiempo estándar y el takt time son conceptos que se encuentran ligados en la manufactura Lean. El tiempo estándar es el que hace falta para producir una pieza, mientras que el takt time es el ritmo al que el mercado demanda las piezas. Si se quiere producir exactamente al ritmo del mercado, el takt time debe ser igual al tiempo de estándar.

En el siguiente trabajo las distintas metodologías y herramientas de análisis que se utilizarán serán teniendo en cuenta el Tiempo estándar, ya que en el caso presentado se cuenta con mayor información sobre producción que demanda.

KPI (Key Performance Indicator)

Los indicadores de productividad (Key Performance Indicators) son usados para medir el desempeño, disponibilidad, rendimiento y calidad de un proceso productivo. Los KPIs son la base para poder controlar y mejorar los procesos de fabricación. Estos se utilizan para monitorear resultados, con el fin de poder cumplir objetivos propuestos y tomar decisiones más efectivas.

Uno de los KPIs más utilizados en la industria, y que se hará hincapié a lo largo de este trabajo son es el OEE. El OEE (Overall Equipment Effectiveness) es un indicador que refleja el rendimiento global del equipo mientras está siendo operado, incluyendo ajustes y preparación.

El OEE se calcula de la siguiente manera:

OEE = Disponibilidad x Eficiencia x Calidad

Donde,

$$\text{Disponibilidad (D)} = \frac{\text{TPO} - \text{Paradas no programadas}}{\text{TPO}}$$

Tiempo planificado de operación (TPO)= Duración del turno – tiempos de descansos

Tiempo de operación disponible = TPO – paradas no programadas (fallas, puesta a punto del equipo, falta de material)

$$\text{Rendimiento (R)} = \frac{\frac{\text{Total de piezas producidas}}{\text{Tiempo de operación}}}{\text{Capacidad ideal}}$$

$$\text{Calidad (Q)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ partes producidas} - \text{N}^\circ \text{ partes rechazadas}}{\text{N}^\circ \text{Partes producidas}}$$

La eficiencia operacional considera 6 grandes pérdidas; Paradas y averías, configuración y ajustes, pequeñas paradas, reducción de velocidad, rechazos por puesta en marcha, rechazos de producción.

Las dos primeras, Paradas/Averías y Ajustes, afectan a la Disponibilidad. Las dos siguientes Pequeñas Paradas y Reducción de velocidad, afectan al Rendimiento y las dos últimas Rechazos por puesta en marcha y Rechazos de producción afectan a la Calidad.

Las ventajas de medir el OEE Incluyen el retorno de la inversión (ROI), competitividad, máximo rendimiento de máquina, se incrementa la calidad de los procesos, capacidad de medir y decidir, facilitar trabajo de personas involucradas en el proceso de fabricación, reducir costos de reparación de maquinaria y por último, es escalable. A continuación se detallan las ventajas mencionadas:

- Retorno de inversión (ROI)

Las empresas realizan grandes inversiones en maquinaria y necesitan obtener el máximo retorno de su inversión en el menor tiempo posible. El objetivo del OEE precisamente es obtener la máxima productividad posible de estos procesos, y el retorno de inversión desde su implantación es elevado. Además el periodo medio de maduración (payback) es muy rápido.

- Competitividad

Es fundamental disminuir las pérdidas productivas y conseguir una mayor competitividad. Por ejemplo, si una línea productiva es capaz de realizar 100 piezas a la hora, pero únicamente está produciendo 60, el OEE indica el por qué está fallando ese proceso, ayudando a aumentar la competitividad de la empresa.

- Saca el máximo rendimiento a la maquinaria

Uno de los mayores beneficios de utilizar un Sistema OEE, es que el rendimiento de las máquinas aumenta rápidamente desde su despliegue. Su aplicación se adapta perfectamente tanto para exprimir nueva maquinaria desplegada en una línea de producción, como para implementarlo en otras máquinas con las que ya se esté trabajando.

- Incrementa la calidad de los procesos

Los costes asociados a producto defectuoso suponen en empresas de todo el mundo, una de las causas que generan mayor pérdida económica. Uniendo OEE y tecnología se consiguen sistemas de trazabilidad más eficaces, que permiten hallar el origen de los descensos de calidad. Conseguir minimizar reprocesos y productos defectuosos es clave y genera un enorme ahorro de costes.

- Capacidad de medir y decidir

Sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Es muy importante conocer si un proceso productivo es eficiente o ineficiente, y cómo lo podemos optimizar. El OEE permite cuantificar la eficiencia y conocer el funcionamiento real de los procesos productivos. Esta información es determinante, ya que gracias a ella se pueden tomar las decisiones adecuadas para conseguir mejorar. A su vez, el OEE es una herramienta de medición estándar que se utiliza en todo el mundo y cuyo crecimiento en la actualidad es exponencial.

- Facilita el trabajo a todas las personas que participen en el proceso de fabricación

Utilizar información fiable en tiempo real repercute en que el personal de una planta pueda saber realmente cómo están trabajando, lo que posibilita activar acciones de mejora inmediata a todos los niveles. El OEE proporciona el detalle del origen de las pérdidas productivas, siendo éste el punto de partida de la mejora de productividad de la planta.

- Reducción de costos de reparación de maquinaria

Conocer el rendimiento real de la maquinaria es sinónimo de saber si está funcionando correctamente o si por el contrario, existen causas que puedan desembocar en una reparación. El disponer de un sistema OEE capaz de anticipar estos hechos (analizando paradas inesperadas, velocidades reducidas, etc.) supone un gran ahorro tanto en mantenimiento preventivo de maquinaria, cómo en los altos costes asociados al propio fallo de la máquina.

- Escalabilidad

Se puede comenzar utilizando un Sistema OEE, en una única máquina o proceso, e ir ampliando su implementación hasta llegar a utilizarlo en múltiples plantas productivas. Esta escalabilidad hace que se convierta en un sistema muy versátil y se pueda adaptar a cualquier tipo de empresa, independientemente de su tamaño.

Otro indicador frecuentemente utilizado, y que se tendrá en cuenta al momento de desarrollar este trabajo hace referencia a los reprocesos. La norma ISO 9000:2005 define a un reproceso como una acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos. Cabe destacar que un reproceso no es igual a una reparación. Una reparación es una acción tomada sobre un producto no conforme para convertirlo en aceptable para su utilización prevista. La reparación incluye las acciones reparadoras adoptadas sobre un producto previamente conforme para devolverle su aptitud al uso, por ejemplo: como parte del mantenimiento. Al contrario que el reproceso, la reparación puede afectar o cambiar partes de un producto no conforme.

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales. Es por esto que se utilizan indicadores para medir los reprocesos.

Línea de Producción, capacidad instalada, eficacia y eficiencia

La línea de producción es un conjunto de operaciones secuenciales en una fábrica de materiales que se ponen a través de un proceso para producir un producto final que es adecuado para su posterior consumo. Estas están conformadas por la recepción de materias primas, intervención de mano de obra requerida, transformación de la materia prima, inspección y pruebas y almacenamiento.

La capacidad de línea instalada es el rendimiento máximo que se puede producir con los recursos que tiene la organización en un período determinado. Esta se puede calcular en base a

un solo tipo de producto o una mezcla de productos y se mide en unidades de producción por período. La capacidad se puede ajustar acorde a las necesidades de la empresa y del mercado. Esta se puede aumentar para satisfacer un aumento inmediato o para anticipar un aumento futuro en la demanda del cliente. Hay distintas formas para poder aumentar la capacidad, ya sea utilizando el equipo con el que la empresa ya cuenta o utilizando la maquinaria de otra empresa. Cuando se precisa un aumento de capacidad de forma inmediata se puede usar el equipo ya existente de la empresa por más tiempo, ya sea agregando horas extra o turnos, o usar el equipo de otra empresa (outsourcing). Cuando se quiere anticipar un aumento futuro, se puede usar el equipo que ya existe de una manera más efectiva, es decir, mejorando los procesos actuales de producción o con la compra de nuevos equipos, implicando un gasto de herramental.

Cuello de botella

El cuello de botella es la actividad o fase del proceso de producción que toma más tiempo en completarse, o es la más costosa en realizarse y por lo tanto genera más paradas y retrasos en la línea de producción. Esto puede generar que en otras fases de la producción se trabaje por debajo de la capacidad, lo que provoca una ineficiencia de la cadena productiva. Luego, el tiempo que toma la operación definida como cuello de botella será el tiempo que tarda en hacerse todo el ciclo productivo. Esto se debe a que ninguna de las operaciones siguientes a este punto puede iniciar hasta que este haya terminado, así como las operaciones previas al cuello de botella no pueden seguir produciendo hasta que no se haya liberado el mismo.

Eficiencia y eficacia

La norma ISO 9000:2005 define la eficacia como la “extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados”.

La norma ISO 9000:2005 define la eficiencia como la “relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados”.

Estos dos conceptos se encuentran constantemente vinculados, existiendo un principio de reciprocidad entre ellos. Este consiste en lograr un balance adecuado entre eficacia y eficiencia, es decir, “hacerlo bien y a la primera vez”. Esto se logra con un equilibrio tendiente a la optimización, pero con límites que impidan que no se satisfaga a los implicados en el proceso. Para ello, se deben lograr los objetivos establecidos sin incurrir en sobrecargas, retrabajos, pérdidas de tiempo, y a un costo razonable con el mercado. Hoy en día, con el aumento de competitividad y exigencia en el mercado, es necesario obtener resultados satisfactorios, de la mejor manera posible, con los menores costos, los mínimos recursos utilizados, y en el menor tiempo posible. Para poder lograrlo, debe haber un equilibrio y mutuo beneficio para todas las

partes implicadas. Es fundamental poder conjugar las influencias externas e internas que faciliten la mejora desde el cumplimiento de los objetivos (eficacia), hacia un logro que conlleve la satisfacción del cliente interno en el trabajo (eficiencia). Para lograr la mejora continua y la eficiencia, se debe recurrir a un modelo con un alto nivel de autonomía, que promueva y favorezca el intercambio de información y la mejora de la comunicación hacia un esfuerzo que supondrá un resultante mayor que la suma de las partes individuales, y por ende, poner énfasis tanto en el resultado como en los procesos.

Manufactura Lean y filosofía Just In Time (JIT)

La manufactura Lean, también conocida como producción ajustada', 'manufactura esbelta', 'producción limpia' o 'producción sin desperdicios', se basa en una serie de principios y técnicas para facilitar el diseño de un sistema para producir y suministrar en función de la demanda, con el mínimo costo, una calidad competitiva y alta flexibilidad. La manufactura lean permite que la organización minimice sus inventarios, sus retrasos, su espacio de trabajo, sus costos totales, su consumo energético, y mejore su calidad. En términos generales, contribuye a que la organización sea más competitiva. Aplicar la filosofía de manufactura lean implica eliminar todo lo que no agregue valor, trabajando solo en lo que tenga valor agregado y que sea necesario en ese momento. Para esto, es necesario poner énfasis en el sistema completo, teniendo la perspectiva del todo para comprender el sistema y poder optimizarlo.

La manufactura Lean se centra en "hacer más con menos" y para ello se basa en un enfoque just in time y en la eliminación de desperdicios. Lean resultará especialmente útil en entornos de demanda predecible, baja variabilidad, y volumen alto. La filosofía Just in Time (justo a tiempo) consiste en producir solo lo que sea necesario, en la cantidad que sea necesaria y en el momento que sea necesario. En la producción consiste en convertir el flujo de producción de un flujo empujado a un flujo tirado, que en esencia radica en no empezar a producir hasta que el pedido no se haya solicitado. Para poder aplicar JIT, se debe tener la información de tiempos de producción, y para eso se realiza un estudio de tiempos.

Tipos de medición según la OIT

(14)

La medición del trabajo es el medio por el cual se puede saber el tiempo que se tarda en ejecutar una operación o una serie de operaciones, discriminando el tiempo improductivo del productivo. Utilizando la medición del trabajo, se puede apreciar la naturaleza y relevancia de los tiempos improductivos, que antes se encontraban ocultos en el tiempo total. Conociendo el tiempo improductivo, se pueden tomar medidas para reducirlo. La medición del trabajo deja en evidencia las fallas de los trabajadores y la dirección de la empresa. Si bien conocer la existencia, y las causas, del tiempo improductivo es importante, la medición del trabajo a largo plazo se utiliza para fijar los tiempos tipos productivos. Una vez fijados, los tiempos tipo se pueden usar para obtener información n que basar el programa de producción, presupuestos de ofertas, precios de venta o fijar normas sobre uso de maquinarias.

Las etapas fundamentales de la medición del trabajo son:

- 1) Seleccionar el objeto de estudio.
- 2) Registrar todos los datos relativos a las circunstancias en que se realiza el trabajo.
- 3) Examinar los datos registrados y el detalle de los elementos para verificar si se usaron los movimientos más eficaces.
- 4) Medir la cantidad de trabajo de cada elemento, expresándola en tiempo.
- 5) Compilar el tiempo tipo de la operación, previendo suplementos por descansos, necesidades personales, etc.
- 6) Definir precisamente la serie de actividades y el método de operación a los que corresponden los tiempos computados.

Estos pasos se ven reflejados en una imagen del libro de la OIT que se muestra a continuación (Figura 11)

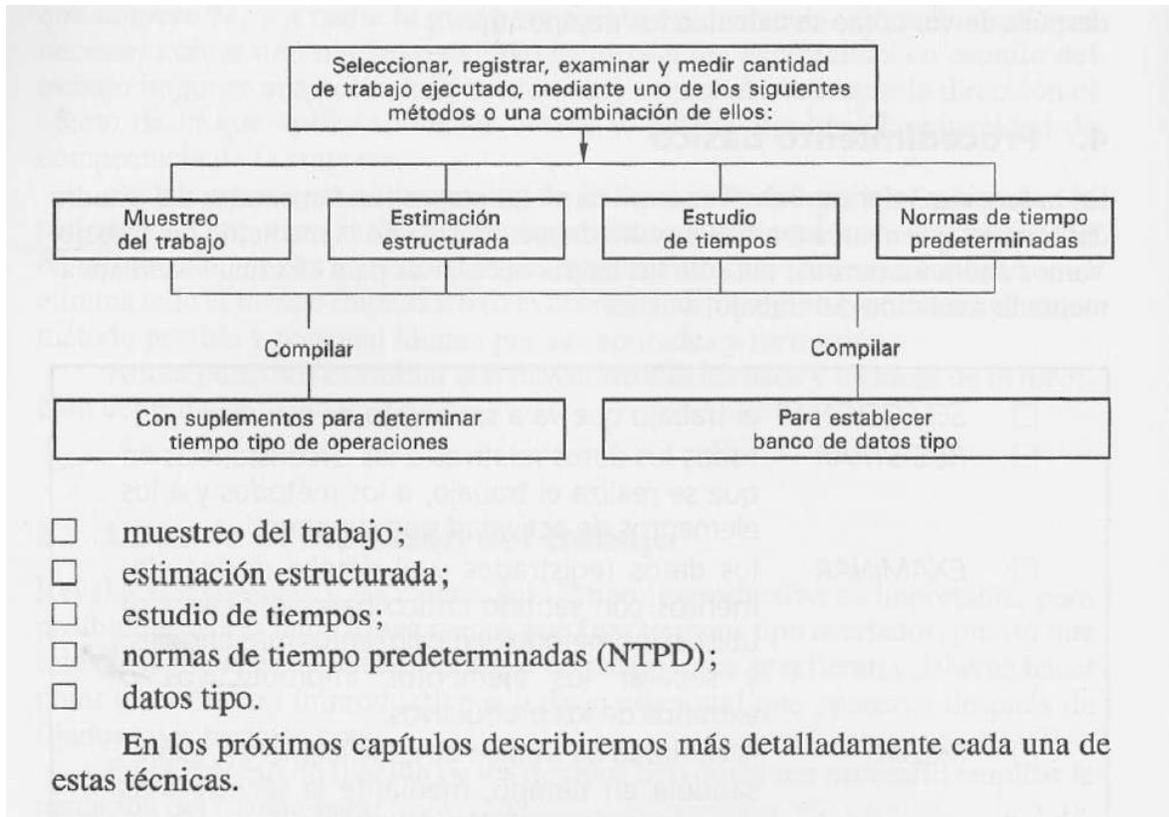


Figura 11: Diagrama de etapas fundamentales de la medición del trabajo.

Muestreo del trabajo

“El muestreo de trabajo es una técnica para determinar, mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de aparición de determinada actividad”. Es necesario usar este método para tener una visión completa y exacta del tiempo productivo y el inactivo de todas las máquinas en una zona de producción.

Esta técnica se puede aplicar haciendo una serie de recorridos del taller a intervalos aleatorios observando las máquinas que funcionan, las que se encuentran paradas y por qué se encuentran paradas. Tomando una muestra lo suficientemente grande y haciendo las observaciones al azar es como estas observaciones van a reflejar la realidad, considerando un error.

Estimación estructurada

Es la técnica de medición más antigua de las mencionadas. Con estas técnicas se intenta tener en cuenta la experiencia de la persona que hace la estimación, e imponer una estructura y una disciplina sobre el proceso de estimación con el fin de que los resultados obtenidos puedan tratarse con confianza. Esta técnica es barata, por lo tanto es adecuada para usar en trabajos que no se realizan en serie.

Estudio de tiempos

“El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según la norma de ejecución preestablecida.”

Los materiales fundamentales a utilizar son: cronometro, tablero de observaciones y formularios de estudios de tiempos, o sus equivalentes electrónicos. El especialista que lleva a cabo el estudio debe llevar estos elementos en todo momento y puede llegar a necesitar en ocasiones otros elementos adicionales. El tablero para formularios de estudios de tiempos es un tablero liso, donde se fijan los formularios para anotar las observaciones. Debe ser rígido y de un tamaño mayor al más grande de los formularios que se usen.

Como el estudio de tiempos exige el registro de numerosos datos, los formularios para el estudio de tiempo son muy útiles al momento del registro. Estos son formularios impresos, todos del mismo formato.

Para poder hacer el estudio de tiempos, lo primero que se debe hacer es seleccionar el trabajo que se va a estudiar. Esto se hace por un motivo preciso, ya sea porque la tarea es nueva, hay un cambio de material o método, quejas de los trabajadores o sus representantes sobre el tiempo tipo de una operación, demoras causadas por una operación lenta, fijación de tiempos tipo antes de implantar un sistema, bajo rendimiento o costos excesivos.

El estudio de tiempos lo hace un especialista y se hace sobre un trabajador calificado, siendo este quien tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el

trabajo en curso según normativas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad. Esto se debe a que cuando se quiere fijar un tiempo tipo, uno debe asegurarse que este se va a calcular sobre niveles alcanzables, sin excesiva fatiga. Una vez que se selecciona al trabajador calificado, el especialista debe comunicarse con el para explicarle el objetivo del estudio, y qué es lo que hay que hacer. El trabajador debe trabajar a un ritmo habitual, haciendo las pausas que esté acostumbrado, y exponiendo las dificultades que se le presenten. Si se va a hacer el estudio sobre un método recientemente implantado, es necesario darle un tiempo al trabajador para que se habitúe al trabajo nuevo antes de cronometrarlo. El especialista debe situarse de modo que pueda ver todo lo que hace el operario, sin entorpecerle el trabajo. “De ningún modo se debe cronometrar al operario desde una posición oculta, sin su conocimiento o llevando el cronómetro en el bolsillo”.

Las etapas del estudio de tiempos son las siguientes:

- 1) Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en el trabajo
- 2) Registrar una descripción completa del método descomponiéndolo en “elementos”. Un elemento es la parte delimitada de una tarea definida que se selecciona para facilitar la observación. Estos pueden ser casuales, repetitivos, constantes, variables, manuales, mecánicos, dominantes, etc.
- 3) Examinar el desglose para verificar si se están usando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.
- 4) Medir con un instrumento apropiado.
- 5) Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo
- 6) Convertir los tiempos observados en “tiempos básicos”
- 7) Determinar suplementos que se suman al tiempo básico
- 8) Determinar “tiempo tipo” de la operación.

El cronometraje de cada elemento puede ser acumulativo o con vuelta a cero. Con el cronometraje acumulativo se prende el mismo al inicio del estudio y se frena al final, apuntando al final de cada elemento la hora que marca el cronometro y luego haciendo las restas respectivas para obtener el tiempo de cada elemento. Es preferible usar este tipo de cronometraje para asegurarse el registro de todo el tiempo en que el trabajo está siendo sometido a observación. Con el cronometraje de vuelta a cero los tiempos se toman directamente, reiniciando el cronometro cuando termina cada elemento, lo que hace que se incremente el error humano por frenar y arrancar constantemente el cronometro. Una vez finalizado el estudio, se obtienen los distintos tiempos sobre un elemento:

IV. Desarrollo del caso

a. Datos Iniciales

Características de las líneas de empaquetado actuales

Los procesos de empaquetado de productos sólidos, principalmente de granulados o polvos, en general pueden realizarse de dos formas distintas. Por un lado, se puede hacer una operación automática, donde se utiliza una máquina automática que hace prácticamente todo lo necesario para envasar los productos y tiene menor dependencia humana. Por otro lado, existen los procesos Semi automáticos, donde hay un proceso mecánico automatizado pero que posee una mayor intervención humana. También existen los procesos que son prácticamente totalmente manuales, pero no serán considerados dentro del objeto de estudio en este trabajo, ya que son los menos utilizados en la industria actualmente.

Máquinas Automáticas

Los procesos más automatizados cuentan con máquinas Automáticas, donde la misma máquina hace la bolsa, la llena y luego la sella. Estas máquinas cuentan con una tolva en la parte superior, donde se carga manualmente el material a empaquetar. Luego, con un rollo de stretch film la misma arma la bolsa. El stretch film es un material plástico con una elevada elasticidad que se utiliza para envolver distintos materiales, apto para almacenar productos alimenticios. Una vez armada la bolsa con el film, la máquina procede a llenarla con el material que se cargó en la tolva. Al inicio de todo el proceso, la máquina debe ser calibrada para que llene las bolsas con una determinada cantidad de producto. Al llegar a la cantidad de material preestablecida, la misma máquina procede al sellado de la bolsa y la suelta, quedando depositado el producto envasado en la línea de producción. En la figura 12 debajo se puede observar un modelo de máquina automática y stretch film.

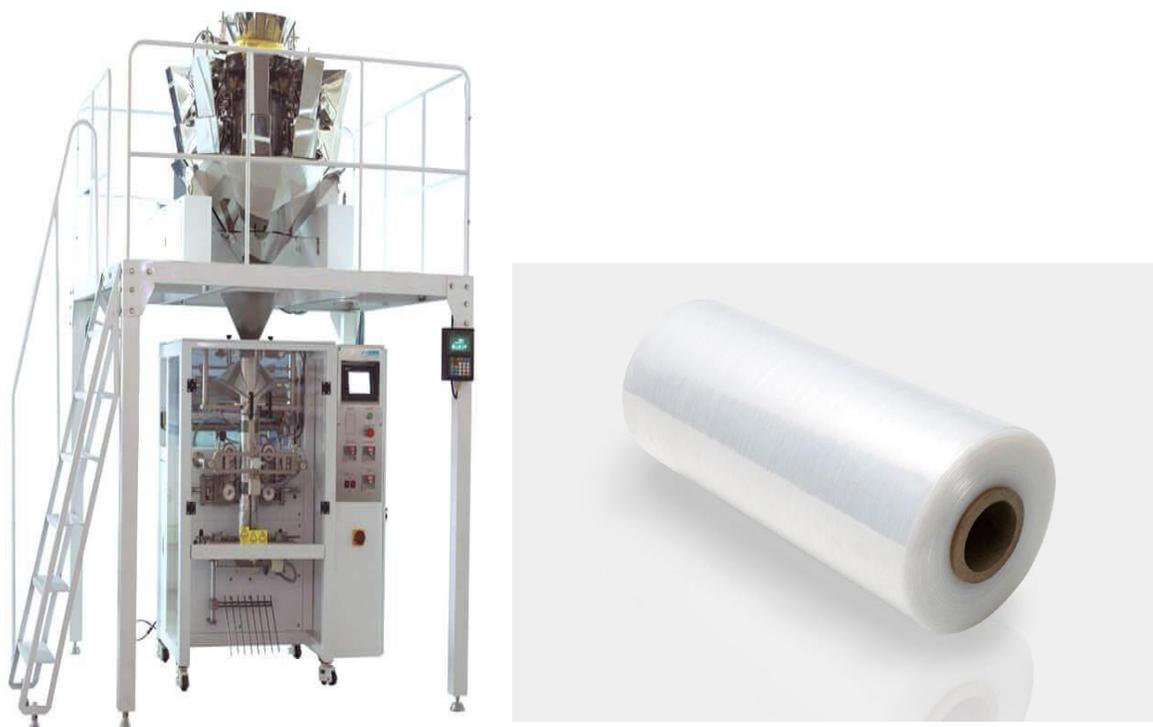


Figura 12: (de izq a der) Imagen de máquina automática y rollo stretch film.

Máquinas Semi Automáticas

Las operaciones Semi Automáticas se pueden hacer con dos tipos de máquinas, que a continuación se clasificaran en Máquinas Semi Automáticas tipo 1 y tipo 2.

I. Semi Automática tipo 1: Carga y llenado manual: En la parte superior se encuentra la tolva, donde se carga manualmente el material a embolsar. A diferencia de la máquina completamente automática, esta no arma las bolsas in situ. El operador debe tomar una bolsa pre armada de polietileno, abrirla y posicionarla en la boca de salida de la tolva. Luego, el operario presiona un pedal para descargar el producto en la bolsa. Una vez que se llenan, el operador coloca manualmente la bolsa en la línea de sellado.

II. Semi Automática tipo 2: Carga manual y llenado automático: El proceso es similar al de la máquina tipo 1, con la particularidad que la máquina coloca automáticamente la bolsa pre armada en la boca de descarga de la tolva. Una vez llenada la cantidad preestablecida, el operador debe manualmente tomar la bolsa y colocarla en la línea de sellado.

En la figura 13 se puede observar un modelo de máquina semiautomática.



Figura 13: Imagen de modelo de máquina Semi Automática

A continuación se detallarán las consideraciones y similitudes en ambos procesos y tipos de máquinas a estudiar:

- La materia prima se cargará manualmente en la tolva.
- La materia prima se recibe en bolsones de distintos pesos (20kg a 500kg). El peso suele variar según el tipo de materia prima.
- En todos los procesos, independientemente si son con maquinarias Automáticas o Semi Automáticas, se pesan las bolsas luego del llenado. La balanza electrónica suele estar incorporada en la maquinaria. Esto se utiliza para medir que la cantidad de producto que se empaqueta es la correcta. Esto se considera como el primer punto de control de peso.
- En todos los casos se hará un doble control del peso de las bolsas. El segundo punto de control se ubicará a la salida de la línea de sellado.
- Las tolvas de ambos tipos de maquinaria se encuentran en la parte superior de las mismas. Sin embargo, para evitar movimientos en altura, todas las maquinas poseen una tolva secundaria ubicada a la altura del suelo. Dicha tolva secundaria se carga manualmente con materia por el operario. Luego esta tolva utiliza un tornillo sin fin embebido en un cilindro para elevar la materia prima desde la tolva inferior a la

superior. En la imagen debajo se muestra un ejemplo de este tipo de dispositivo. Debajo en la figura 14 se puede observar una imagen de la tolva primaria y secundaria.



Figura 14: Imagen de modelo de tolva primaria y secundaria, junto al tornillo sin fin (cilindro central)

Como se explicó previamente, Argentina es un país cuya economía tiene alta dependencia de las PYMES, sin embargo, estas suelen estar atrasadas en lo que a desarrollo tecnológico se refiere. Es por esto, que para hacer el análisis de un caso modelo, se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los materiales a empaquetar serán sólidos, tales como Polvo (ej: Harina), Semillas (ej: Girasol), Granos (ej: Café) u Hojas (ej: Té).
- El caso modelo a estudiar tendrá inicialmente un proceso Semi automático tipo 1.

Relevamiento línea de producción actual de caso modelo a estudiar

La siguiente imagen es un esquema orientativo de cómo está compuesta la línea de producción de la PYME modelo que se va a estudiar:

Referencias:

OP: Operario

T: Tolva y máquina
de empaquetado

B: Balanza

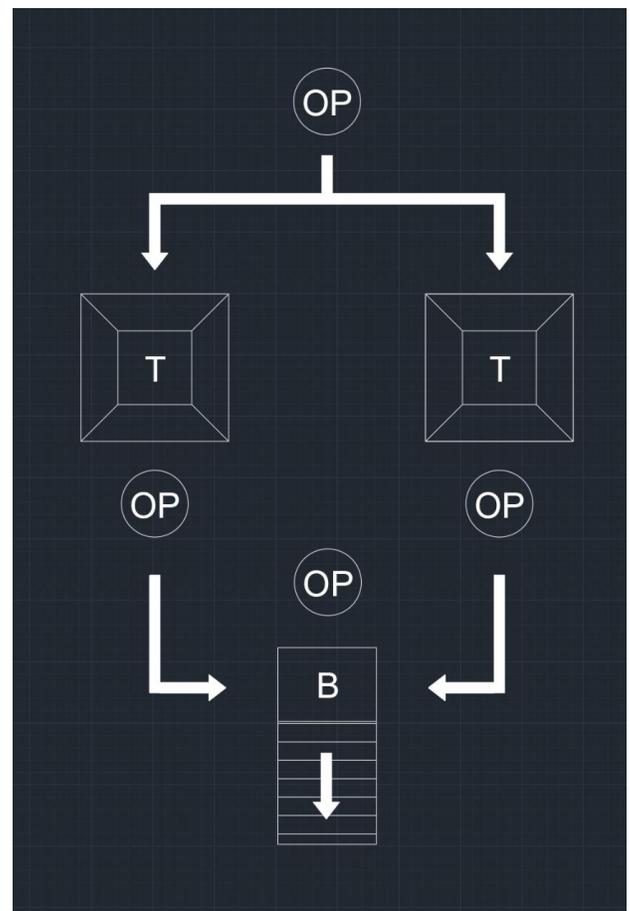


Figura 14: Esquema línea producción

Línea de producción

Actualmente la línea modelo cuenta con 2 máquinas semi automáticas de tipo 1, una cinta transportadora, una selladora manual donde se hace el cierre de las bolsas, y una balanza para control de pesaje.

Los operarios cargan la tolva, hacen el llenado de las bolsas y luego las depositan en la cinta transportadora que las lleva a la selladora y balanza, donde se hace el control de pesaje.

Maquinaria

Las máquinas que se usan para la producción son las siguientes:

- 2 máquinas Dosificadoras semiautomáticas de sistema mecánico con cabezal dosificador volumétrico (Ver figura 15)



Marca: King Kong SA-VOL
Velocidad promedio: 4 a 10
dosificaciones por minuto.

Figura 15: Imagen dosificadora semiautomática.

- 1 Selladora vertical de bolsas de pie con pedal. (Ver figura 16)



Tipo: Impulso de pedal
Marca: Lipari
Largo de sellado: 60cm
Ancho de sellado 3cm
Velocidad de sellado: 7m/min

Figura 16: Imagen de selladora manual

- 1 Cinta transportadora (salida de máquina). Cinta para transportar las bolsas sin cerrar hasta la selladora y balanza. (Ver figura 17)



Figura 17: Imagen de cinta transportadora.

- 1 Balanza digital. (Ver figura 18)

Marca: Kretz

Máximo peso soportado: 250kg



Figura 18: Imagen de balanza digital.

Mano de Obra

Inicialmente se cuenta con 4 operarios, como muestra el esquema inicial de la línea de producción.

Op1: Carga de tolva

Op2 y Op3: Disposición de bolsa en la boca de máquina, llenado de bolsas, deposición de bolsas en cinta transportadora.

Op4: Control de peso y sellado de bolsas. En caso que una bolsa esté defectuosa, el operario encargado de este paso debe retirar la bolsa de la línea y ponerla a disposición del primer operario para que pueda reutilizar el producto que se encuentra adentro de la bolsa. Se considera defectuosa la bolsa que no cumple el pesaje necesario, o presenta defectos al momento del sellado.

Los operarios deben ser trabajadores calificados. Siguiendo los lineamientos de la Organización Internacional del Trabajo, se entiende que un trabajador calificado es quien tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normativas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad ⁽¹⁵⁾.

Costos Asociados

Al momento de analizar la conveniencia de una maquina o un proceso de producción, hay que hacer especial hincapié en los costos asociados que conllevan. En esta sección no se va a ahondar en el ROI de la inversión u otros indicadores financieros, sino que se van a explicar cuáles son costos típicos asociados al envasado de materiales/productos sólidos. Para eso se tendrá en consideración la distinción de maquinaria Automática y Semi-Automática (previamente explicado).

Para este estudio se analizarán solamente los costos que sean diferenciales entre un método y otro.

Es importante destacar que la reducción de costos juega un papel fundamental al momento de mantener un margen de utilidad frente a un contexto de demanda decreciente.

- Costo de Materiales: Como se explicó anteriormente, las maquinarias Automáticas y Semi no utilizan la misma forma de empaquetado, y por ende los materiales que utilizan para embolsar diferentes, lo que deriva en costos diferentes. En la siguiente tabla (figura 18) se puede observar un detalle de los costos de materiales.

Rollo Stretch Film Ancho: 1m Largo: 2.000m	Precio de rollo: \$9.000 Costo por metro: 3
Bolsas polietileno Ancho: 0,50m Largo: 0,8m Bolsas por paquete: 1.000	Precio por paquete: \$8.000 Costo por bolsa: \$8/bolsa
Máquina Semi Automática (Valor actual usado)	\$200.000
Máquina Automática	\$2.200.000

Figura 19: Tabla con costos de materiales.

- **Costo de Mano de Obra:** El sueldo promedio operario de línea de producción es de \$45.000. Con el proceso Semi Automático se necesitan 4 operarios. En cambio si el proceso fuera automático, se necesitaría únicamente 1 operario para poder cumplir con las tareas. Si se reemplazara una operación semiautomática por una automática, pese a que la cantidad de personal no se reduce en la totalidad de la empresa, lo que si cambia es la cantidad de personas dependientes de fabricar 1 unidad de producto. En casos extremos podría plantearse la reducción de personal (MOD), pero lo recomendable es que el personal reducido de la línea de producción sea utilizado para otras actividades.

- **Costo por mermas:** Los procesos productivos con más trabajo manual presentan mayores costos debido a mermas. Las mermas son las pérdidas de materia prima o producto que se dan en el stock y provoca una fluctuación entre el contenido inventariado y la cantidad real del producto que se utiliza o produce. Es decir, la diferencia entre lo que realmente se usa de una materia prima, como este caso una bolsa de granos, y lo que indica que contiene la bolsa de materia prima. En el caso de esta línea de producción, las mermas suceden debido a la manipulación de la bolsa sin sellar desde que sale de la máquina envasadora hasta que llega a la selladora, donde se pueden producir caídas y derrames del producto. También, al volcar el producto en una tolva, pueden quedar porciones del mismo pegados en las paredes de las máquinas o simplemente hay una diferencia mínima de peso entre lo que indica la bolsa de materia prima y lo que realmente contiene. Se estima que el porcentaje de mermas de la producción es del 1,5% sobre el total de la producción.

- **Costo por consumo eléctrico:** Se toman en cuenta las diferencias de consumo entre un tipo de proceso y otro al momento de calcular los costos de electricidad. Por ejemplo, el consumo de las luminarias en la zona productiva es indistinto del proceso a realizar. En la figura 20 se muestra un detalle de los costos de electricidad.

Consumos proceso con máquina Semiautomática	Consumos proceso con máquina Automática
Máquina: 2kwh (1)	Máquina: 3kwh (1)
Selladora: 0,6kwh	
Total consumo por hr: 2,6kw	Total consumo por hr: 3kw

Figura 20: Tabla con costos de consumo eléctrico por kw.

Según cuadro tarifario del mes de Marzo 2020, como se observa en la imagen 21, considerando un usuario de media demanda ($10 < KW < 50$), el costo por kw es el siguiente ⁽¹⁶⁾:

Tarifa 2		EDENOR	EDESUR
Cargo Fijo	\$/mes	1.069,63	1.126,03
Cargo por Potencia Contratada	\$/kW-mes	497,15	405,87
Cargo por Potencia Adquirida	\$/kW-mes	65,20	56,34
Cargo Variable	\$/kW	2,403	2,388

Figura 21: Cuadro tarifario de ENRE (Ente Nacional Regulador de Electricidad).

- Costo de Mantenimiento:

Para analizar los costos de mantenimiento se tendrán en cuenta los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como costos de mano de obra, de materiales y de repuestos como también los costos por pérdidas de producción a causa de las fallas de los equipos, por disminución de tasa de producción y pérdidas por fallas en la calidad del producto debido al mal funcionamiento del equipo. El mantenimiento puede contribuir a una reducción de costo del producto, alargando la vida útil de los equipos, minimizando las fallas y así reduciendo los tiempos de reparación, aumentando la seguridad y la operación de los equipos.

Si una planta industrial cuenta con máquinas más antiguas, que requieren mayor mantenimiento tendrán un costo más elevado de este.

Para el caso modelo planteado, el costo de mantenimiento se compone de costos variables y fijos. Los costos variables son los costos de hora hombre (hh) dedicados al mantenimiento de rutina, dado por potenciales averías conocidas de las máquinas y para contabilizar los costos fijos se realiza un promedio de los repuestos o insumos para realizarlo. (Ver figura 22)

Costo de mantenimiento actual
\$30.000 por año (sin contar extraordinarios)

Figura 22: Tabla con costos de mantenimiento.

b. Estudio de Tiempos

Como realizar un estudio de tiempos

El estudio de tiempos es un procedimiento con amplio estudio y desarrollo en varias bibliografías. Los métodos y procesos son variables, y por dicho motivo en este caso se tomarán de modelo las consideraciones demarcadas en los libros “Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo” (B.W. Niebel), “Introducción al estudio de trabajo” (OIT) y “Manual del Ingeniero Industrial” (Maynard).

Pese a que hoy en día muchas industrias cuentan con sistemas automatizados de toma de tiempos, donde todos los tiempos de parada, setup, inicio-fin, quedan registrados, este estudio se enfocará en aquellas industrias PYMES que no posean ese nivel tecnológico, sino que cuenten con maquinarias tecnológicamente atrasadas o que no estén vinculadas a algún sistema de medición automático.

En este proyecto se busca modelar un estudio de tiempos a fin de establecer Tiempos Estándar para cualquier industria que no los posea (o que los posea mal establecidos). Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible incrementar la eficiencia del equipo y el personal operativo, mientras que los estándares mal establecidos (o peor, la carencia de estándares) conducen a costos altos, inconformidades del personal y posiblemente fallas de toda la empresa. Esto puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un negocio, y es lo que toda empresa PYME debe saber.

La persona quien tome los tiempos, **el analista**, debe conocer en profundidad el método a evaluar y debe estar seguro de que se usa el método correcto. Además, debe registrar con precisión los tiempos tomados, calificando con honestidad el desempeño del operario y abstenerse de hacer alguna crítica. El trabajo del analista debe ser completamente confiable y exacto. Las imprecisiones y malos juicios no sólo afectan al operario y a las finanzas de la compañía, sino que también pueden dar como resultado la pérdida de confianza del operario y el sindicato (que suelen tener gran peso en la Argentina). El analista del estudio de tiempos siempre debe ser honesto, tener tacto y buenas intenciones, ser paciente y entusiasta, y siempre debe usar un buen juicio.

Los **elementos** para la correcta toma de estudios son: un cronómetro (preferentemente digital, ya que minimiza el error), una hoja/forma de estudio de tiempos, un tablero (a fin de apoyar la hoja y que el analista trabaje con comodidad) y lapicera.

El cronómetro puede utilizarse para medir de 2 métodos distintos: Método Continuo y Método de Regresión a Cero. El método de regresos a cero reinicia el cronómetro en cada nueva medición, lo que tiene como ventaja que no se registran los retrasos, sin embargo, en algunos casos omitir factores como los retrasos, los elementos extraños y los elementos transpuestos, podrían permitir valores erróneos en las lecturas aceptadas. Otro detalle negativo de este método es que al calcular el tiempo total de una operación (que conlleva varios ciclos) se debe sumar el tiempo individual de cada ciclo, lo que conlleva a la sumatoria de errores arrastrados.

Por otro lado, el método continuo da como resultado el registro completo de todo el periodo de observación. Esta técnica tiene dentro de cada medición los retrasos ocurridos, con lo cual puede que se “contamine” con datos erróneos los valores reales. Asimismo, cabe recalcar que esta técnica es más eficiente que el método de Regresión a Cero para el caso de procesos cortos ($t < 4$). En este método puede suceder que el analista pierda algún valor. En dicho caso no se detendrá el cronómetro, sino que se descartará esa medición.

La opción de método continuo también permite utilizar la opción “vuelta” que poseen los cronómetros digitales. La misma permite registrar y guardar en la memoria del dispositivo un ciclo segmento del tiempo sin necesidad de frenar el tiempo continuo. Esta opción mezcla las mejores características del método continuo y del método de puesta a cero, y por dicho motivo será el método que recomendamos utilizar.

Durante el estudio de tiempos el operario puede encontrar retrasos inevitables, como una interrupción de otro empleado o el supervisor o la descompostura de una herramienta. También es posible que intencionalmente cause un cambio en el orden de trabajo al ir a beber agua o al detenerse para descansar. Estas interrupciones se conocen como **elementos extraños**. Los elementos extraños pueden ocurrir ya sea en el punto de quiebre o durante el curso de un elemento. La mayoría de los elementos extraños, en particular los controlados por el operario, ocurren al terminar un elemento. Si un elemento extraño ocurre, se debe marcar en el espacio designado en la forma de estudio de tiempos. Tan pronto se designa apropiadamente el elemento extraño, el analista debe dar una breve descripción y anotar el tiempo de inicio y tiempo de finalización. El tiempo de duración del elemento extraño se deberá restar del Tiempo Observado. En ocasiones, un elemento extraño tiene una duración tan corta que es imposible registrarlo de la manera descrita ($t < 1$). En este caso, el elemento se sumará a la medición, pero el analista hará un comentario al respecto en la hoja de estudio de tiempos.

La hoja de estudio de tiempos es el documento donde se anotarán todas las mediciones del estudio de tiempos. La misma tendrá un formato estandarizado y llevará los datos relevantes de la medición: Fecha de la medición, Número de estudio, Peso del empaque, Analista, Operario y Máquina, Tiempos Observados y Calificación. Además, la hoja consta de información relevante al cálculo del Tiempo Estándar, como es el porcentaje de holgura a añadir en la medición, y un control de datos para verificar que el estudio fue realizado correctamente. (Ver figura 23)

Fecha:		Operario:			
Estudio N°:		Analista:			
Obs. N°	Ingrediente:	Máquina:			
	Peso:	Elemento Extraño			
	T Observado	T Inicio	T Fin	Descripción	Comentarios
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
T.O. Total		Control de datos		Holgura	
Calificación		Hr Inicio		Peso Kg	Holgura %
T.N. Total		Hr Fin		2,3	0
N° Obs		T Transcurrido		4,5	0,01
T.N. Prom		T.O. Total		6,8	0,02
1+ Holgura %		Diferencia		9,1	0,03
T. Estándar		Error %		11,3	0,04
				13,6	0,05
				Holgura Nec. Personales: 0,05	
				Holgura Total %:	

Figura 23: Modelo de hoja de estudio de tiempos

La imagen anterior es un modelo de hoja de estudio de tiempos. En la parte superior, el analista deberá completar los datos relevantes para el estudio. Dichos datos se completarán previamente al inicio del mismo. Las mediciones se tomarán utilizando la función “vuelta” de los cronómetros. El analista iniciará el cronómetro una vez que el operario inicie el proceso productivo. Cada tiempo observado se registrará en la columna Tiempo Observado. En caso de haber un elemento extraño en la medición, el analista colocará su tiempo de inicio y fin en las columnas correspondientes, anotando una breve descripción del mismo. Cualquier comentario relevante al tiempo medido (p.ej.: un elemento extraño con $t < 1$) se anotará en la columna Comentarios.

Una vez finalizadas todas las mediciones, se procede a calcular el **Tiempo Estándar**. Para ello, el analista deberá sumar todos los tiempos observados y colocarlos en la sección T.O. Total. Dicho tiempo se multiplicará por la **calificación** que el analista le otorgará al desempeño del operario. Dicha calificación no tiene fines de juzgar el desempeño, sino de balancear la medición para volverla más real. Por ejemplo, si el analista considera que el operario trabajó a un ritmo mayor al que suele trabajar el operario promedio, la calificación será mayor a 100%. De esta forma, al multiplicar el Tiempo Observado por un valor mayor a 100% dará un Tiempo Normal más elevado. Por el contrario, si el analista considera que el operario trabajó más lento de lo que suele trabajar un operario promedio, la calificación será menor a 100%. De esta forma, el Tiempo Normal será menor que el Tiempo Observado.

Para calificar el desempeño del operario, se suelen utilizar puntuaciones ya estandarizadas, aunque cada empresa puede adoptar la suya. A continuación se muestran las calificaciones recomendadas por la OIT (Figura 24)

0	Actividad nula
50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan
100	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado
125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio
150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de «virtuoso», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes

Figura 24: Imagen con puntajes para calificaciones de desempeño.

Una vez que el Tiempo Observado Total (T.O. Total) se multiplica por la calificación, el valor resultante de dicho producto da el Tiempo Normal Total (T.N. Total). Dicho tiempo, dividido por la cantidad de observaciones registradas, dará como resultado el Tiempo Normal Promedio. El siguiente paso es calcular la **Holgura** de la operación. La holgura es un tiempo extra contemplado en el tiempo standard, y corresponde a descansos que el operario puede (y debe)

realizar por necesidades físicas humanas. En el caso de operaciones de empaquetado, donde el trabajo del operario es fuerza física para mover peso por un corto período de tiempo, la holgura será en función de dicho peso. A esta holgura se le sumará un porcentual de 5% para necesidades personales. La holgura por peso es posible calcularla, sin embargo, para facilitar cálculos se utilizará la tabla elaborada por *International Labour Office* de Estados Unidos que se muestra en la figura 25.

Holgura			
Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %
2,3	0	15,9	0,07
4,5	0,01	18,1	0,09
6,8	0,02	20,4	0,11
9,1	0,03	22,7	0,13
11,3	0,04	27,2	0,17
13,6	0,05	30	0,2

Figura 25: Tabla de cálculo de holgura según el peso – International Labour Office (EEUU)

El valor final de la holgura se colocará en el espacio “1+Holgura %”. El valor “1+” viene dado ya que la holgura es un valor que aumentará el tiempo normal, por lo tanto al porcentaje se le sumará el 1 para luego multiplicarlo por el Tiempo Normal promedio y que de esa forma dé un valor mayor.

Finalmente, el producto entre el Tiempo Normal Promedio y “1+Holgura%” es el Tiempo Estándar del proceso.

$$TE = TN + TN \times \text{holgura} = TN \times (1 + \text{holgura})$$

Para corroborar los valores de la medición la hoja posee una sección denominada **control de datos**. En dicha hoja se colocará la hora de inicio de la medición y la hora de finalización. La diferencia entre estas horas corresponde al Tiempo Transcurrido. El tiempo transcurrido se comparará con el Tiempo Observado Total haciendo la Diferencia entre ambos. Luego, se calculará el Error % haciendo la división entre la Diferencia recién calculada y el Tiempo Transcurrido. Si dicho valor es menor al 10%, puede decirse que la medición fue correcta. Caso contrario, habrá que repetir la medición.

Una vez que ya se tenga definido quien será el analista que ejecutará la medición, el trabajador calificado que hará la operación, las hojas de estudio de tiempo armadas y los elementos de medición calibrados, solamente faltará definir **el tamaño de la muestra a medir**.

Es posible establecer un número casi exacto de mediciones mediante el uso de métodos estadísticos. Como el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, se puede suponer que las observaciones se distribuyen respecto a una media poblacional desconocida con una

$$\bar{x} \pm \frac{zs}{\sqrt{n}}$$

varianza desconocida.

Función estadística Normal

Dado que el tamaño de la muestra no va a ser grande en relación a la población, puede suponerse que la función distribución será en realidad una T de Student (función que busca estimar una media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de una

$$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

muestra es chico y se desconoce la desviación).

Función T de Student

Utilizando el método estadístico, lo primero que se debe hacer es tomar mediciones

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n'}$$

preliminares en una cantidad $n' < 30$. Con dichos valores se hallará la media \bar{x} de la forma:

Por otra parte, el desvío estándar muestral S se calcula utilizando los valores medidos y la media \bar{x} :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Para simplificar cuentas, el término \pm de la función T de Student puede considerarse un término de error expresado como una fracción de \bar{x} :

$$k\bar{x} = ts/\sqrt{n}$$

Siendo K el error máximo aceptable de \bar{x} , generalmente 5%.

Para hallar el valor t se utiliza la Tabla T de Student (Ver figura 26).

Tabla A3.3 Puntos porcentuales de la distribución t

n	Probabilidad P												
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.158	0.325	0.510	0.727	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.142	0.289	0.445	0.617	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.137	0.277	0.424	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	0.134	0.271	0.414	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.132	0.267	0.408	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	0.131	0.265	0.404	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.130	0.263	0.402	0.549	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	0.130	0.262	0.399	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.129	0.261	0.398	0.543	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.129	0.260	0.397	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.129	0.260	0.396	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.128	0.259	0.395	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.128	0.259	0.394	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.128	0.258	0.393	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.128	0.258	0.393	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.128	0.258	0.392	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.128	0.257	0.392	0.534	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.127	0.257	0.392	0.534	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.127	0.257	0.391	0.533	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.127	0.257	0.391	0.533	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.127	0.257	0.391	0.532	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.127	0.256	0.390	0.532	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.127	0.256	0.390	0.532	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.127	0.256	0.390	0.531	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.127	0.256	0.389	0.531	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.126	0.255	0.388	0.529	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.126	0.254	0.387	0.527	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.126	0.254	0.386	0.526	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	0.126	0.253	0.385	0.524	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Figura 26: Tabla T Student

Entrando a la tabla con el valor “n’-1” y utilizando un nivel de significancia (alfa) de 5%, se busca el valor t en la tabla.

Finalmente, se despeja n de la ecuación y de esa manera se calcula el número de muestras a tomar:

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

Dado que este trabajo puede resultar tedioso y requiere cierto nivel matemático, existe una forma más sencilla de estimar el tamaño de la muestra. Muchas empresas utilizan una tabla realizada por General Electric Company como guía aproximada para el cálculo de número de ciclos para estudios de tiempos. La tabla no mantiene la precisión de los cálculos matemáticos, sin embargo, sus resultados se muestran válidos.

Tabla 10.2 Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: Información tomada de *Time Study Manual* de los Erie Works de General Electric Company, desarrollados bajo la guía de Albert E. Shaw, gerente de administración del salario.

Figura 27: Tabla de números recomendados de ciclos de observación.

Otra tabla disponible es la realizada por Westinghouse, la figura 28 que se muestra a continuación, que vincula tanto el tiempo de ciclo como la producción anual de piezas.

Cuando el tiempo por pieza o ciclo es:	Número mínimo de ciclos a estudiar		
	Actividad más de 10 000 por año	1 000 a 10 000	Menos de 1 000
1.000 horas	5	3	2
0.800 horas	6	3	2
0.500 horas	8	4	3
0.300 horas	10	5	4
0.200 horas	12	6	5
0.120 horas	15	8	6
0.080 horas	20	10	8
0.050 horas	25	12	10
0.035 horas	30	15	12
0.020 horas	40	20	15
0.012 horas	50	25	20
0.008 horas	60	30	25
0.005 horas	80	40	30
0.003 horas	100	50	40
0.002 horas	120	60	50
Menos de 0.002 horas	140	80	60

Figura 28: Tabla Westinghouse para recomendación de ciclos de observación.

Al momento de realizar el estudio puede suceder que estemos percibiendo una elaboración productiva donde un suceso anómalo esté pasando (la máquina este andando más lenta de lo normal porque aún no se recalibró, el operario modelo esta algo distraído, etc.) y el analista no sea consciente de eso. Por este motivo, es fundamental realizar observaciones en momentos al azar. Para eso, se utilizará una tabla de **números aleatorios**.

El primer paso consiste en segmentar el día laboral en la cantidad de períodos que se desee. Por ejemplo, si la jornada laboral productiva es de 07hs a 15hs (8hs en total), el tiempo de

trabajo sería de 480 minutos. Si se dividen en segmentos de, por ejemplo, 10 minutos, quedarían 48 segmentos.

segmento 1	07:00
segmento 2	07:10
segmento 3	07:20
segmento 4	07:30
segmento 5	07:40
segmento 6	07:50
segmento 7	08:00
segmento 8	08:10
segmento 9	08:20
segmento 10	08:30
...	...
segmento 45	14:30
segmento 46	14:40
segmento 47	14:50
segmento 48	15:00

El siguiente paso es elegir un número al azar de la tabla de números aleatorios (Figura 29), y un elegir patrón a seguir. Por ejemplo, tomar los números que estén en la misma fila que dicho valor. La cantidad de valores a tomar va a depender del gusto de cada uno. Por ejemplo, si el número de ciclos recomendados es 40 podrían hacerse 2 mediciones en 20 tandas, por lo tanto, la cantidad de valores a seleccionar de la tabla serían 20 ya que representarían los horarios en los cuales se deben realizar esas mediciones. Otro ejemplo, si el número de ciclos recomendados fuera de 3 se tomaría 1 medición por tanda, eligiendo de esta forma 3 valores de la tabla, en otras palabras, 3 horarios distintos para realizar las mediciones. En caso de elegir un número que no esté dentro del rango del segmento, se descartará y se elegirá otro en reemplazo.

Una vez que se eligen los números aleatorios, se colocan ordenadamente de menor a mayor. Se descarta todo número que no tenga sentido (en el ejemplo, cualquier número aleatorio obtenido que sea mayor a 48 se descarta, ya que no existen más de 48 segmentos).

El último paso es vincular el número aleatorio con el segmento para ver en que horario tomar la medición.

Por ejemplo, si el número de ciclos a medir fuera 3, y los números aleatorios obtenidos fueran

11, 47 y 24, lo primero que habría que hacer sería ordenar dichos números y luego vincularlos con el segmento para obtener el horario para comenzar la medición:

Segmento	Horario
segmento 11	08:40
segmento 24	11:00
segmento 47	14:50

Tabla 1: Números aleatorios

10	09	73	25	33	76	52	01	35	86	34	67	35	48	76	80	95	90	91	17	39	29	27	49	45
37	54	20	48	05	64	89	47	42	96	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02	00	82	29	16	65
08	42	26	89	53	19	64	50	93	03	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64	35	08	03	36	06
99	01	90	25	29	09	37	67	07	15	38	31	13	11	65	88	67	67	43	97	04	43	62	76	59
12	80	79	99	70	80	15	73	61	47	64	03	23	66	53	98	95	11	68	77	12	17	17	63	33
66	06	57	47	17	34	07	27	68	50	36	69	73	61	70	65	81	33	98	85	11	19	92	91	70
31	06	01	08	05	45	57	18	24	06	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39	23	40	30	97	32
85	26	97	76	02	02	05	16	56	92	68	66	57	48	18	73	05	38	52	47	18	62	38	85	79
63	57	33	21	35	05	32	54	70	48	90	55	35	75	48	28	46	82	87	09	83	49	12	56	24
73	79	64	57	53	03	52	96	47	78	35	80	83	42	82	60	93	52	03	44	35	27	38	84	35
98	52	01	77	67	14	90	56	86	07	22	10	94	05	58	60	97	09	34	33	50	50	07	39	98
11	80	50	54	31	39	80	82	77	32	50	72	56	82	48	29	40	52	42	01	52	77	56	78	51
83	45	29	96	34	06	28	89	80	83	13	74	67	00	78	18	47	54	06	10	68	71	17	78	17
88	68	54	02	00	86	50	75	84	01	36	76	66	79	51	90	36	47	64	93	29	60	91	10	62
99	59	46	73	48	87	51	76	49	69	91	82	60	89	28	93	78	56	13	68	23	47	83	41	13
65	48	11	76	74	17	46	85	09	50	58	04	77	69	74	73	03	95	71	86	40	21	81	65	44
80	12	43	56	35	17	72	70	80	15	45	31	82	23	74	21	11	57	82	53	14	38	55	37	63
74	35	09	98	17	77	40	27	72	14	43	23	60	02	10	45	52	16	42	37	96	28	60	26	55
69	91	62	68	03	66	25	22	91	48	36	93	68	72	03	76	62	11	39	90	94	40	05	64	18
09	89	32	05	05	14	22	56	85	14	46	42	75	67	88	96	29	77	88	22	54	38	21	45	98
21	49	91	45	23	68	47	92	76	86	46	16	28	35	54	94	75	08	99	23	37	08	92	00	48
80	33	69	45	98	26	94	03	68	58	70	29	73	41	35	53	14	03	33	40	42	05	08	25	41
44	10	48	19	49	85	15	74	79	54	32	97	92	65	75	57	60	04	08	81	22	22	20	64	13
12	55	07	37	42	11	10	00	20	40	12	86	07	46	97	96	64	48	94	39	28	70	72	58	15
63	60	64	93	29	16	50	53	44	84	40	21	95	25	63	43	65	17	70	82	07	20	73	17	90
61	19	69	04	46	26	45	74	77	74	51	92	43	37	29	65	39	45	95	93	42	58	26	05	27
15	47	44	52	66	95	27	07	99	53	59	36	78	38	48	82	39	61	01	18	33	21	15	94	66
54	55	72	85	73	67	89	75	43	87	54	62	24	44	31	91	19	04	25	92	92	92	74	59	73
42	48	11	62	13	97	34	40	87	21	16	86	84	87	67	03	07	11	20	59	25	70	14	66	70
23	52	37	83	17	73	20	88	98	37	68	93	59	14	16	26	25	22	96	63	05	52	28	25	62
04	49	35	24	94	75	24	63	38	24	45	86	25	10	25	61	96	27	93	35	65	33	71	24	72
00	54	99	76	54	64	05	18	81	59	96	11	96	38	96	54	69	28	23	91	23	28	72	95	29
35	96	31	53	07	26	89	80	93	54	33	35	13	54	62	77	97	45	00	24	90	10	33	93	33
59	80	80	83	91	45	42	72	68	42	83	60	94	97	00	13	02	12	48	92	78	56	52	01	06
46	05	88	52	36	01	39	09	22	86	77	28	14	40	77	93	91	08	36	47	70	61	74	29	41
32	17	90	05	97	87	37	92	52	41	05	56	70	70	07	86	74	31	71	57	85	39	41	15	38
69	23	46	14	06	20	11	74	52	04	15	95	66	00	00	18	74	39	24	23	97	11	89	63	38
19	56	54	14	30	01	75	87	53	79	40	41	92	15	85	68	67	43	68	06	84	96	28	52	07
45	15	51	49	38	19	47	60	72	46	43	66	79	45	43	59	04	79	00	33	20	82	66	95	41
74	86	43	19	94	36	16	81	08	51	34	88	88	15	53	01	54	03	54	56	05	01	45	11	76
98	08	62	48	26	45	24	02	84	04	44	99	90	88	96	39	09	47	34	07	35	44	13	18	80
23	18	51	62	32	41	94	15	09	49	89	43	54	85	81	88	69	54	19	94	37	54	87	30	43
80	95	10	04	06	96	38	27	07	74	20	15	12	33	87	25	01	62	52	98	94	62	46	11	71
79	75	24	91	40	71	96	12	82	96	69	86	10	25	91	74	85	22	05	39	00	38	75	95	79
18	63	33	25	37	98	14	50	65	71	31	01	02	46	74	05	45	56	14	27	77	93	89	19	36
74	02	94	39	02	77	55	73	22	70	97	79	01	71	19	52	52	75	80	21	80	81	45	17	48
54	17	84	56	11	80	99	33	71	43	05	33	51	29	69	56	12	71	92	55	36	04	06	03	24
11	66	44	98	83	52	07	98	48	27	59	38	17	15	39	09	97	33	34	40	88	46	12	33	56
48	32	47	79	28	31	24	96	47	10	02	29	53	68	70	32	30	75	75	46	15	02	00	99	94
69	07	49	41	38	87	63	79	19	76	35	58	40	44	01	10	51	82	16	15	01	84	87	69	38

Tomada de las tablas de la RAND Corporation. Se reimprimen de la obra de Wilfred J. Dixon y Frank Massey, Jr., *Introduction to Statistical Analysis*, 3ª ed., McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1969, pág. 446.

Figura 29_ Tabla de números aleatorios.

Haciendo este proceso correctamente se asegura que las mediciones serán realmente al azar y los resultados serán un fiel reflejo de la realidad.

Cabe recalcar, como detalle final, que todas las medidas e hipótesis tomadas para utilizar el método del azar son relativas, y cada empresa o analista puede tomar su propio criterio.

En conclusión, aplicadas estas herramientas será posible estimar el Tiempo Estándar de un proceso productivo de empaquetado con un respaldo técnico-estadístico que avale las conclusiones a las que se lleguen.

Existe otro tiempo a tener en cuenta al momento de analizar la producción, el cuál es un tiempo improductivo que bloquea la maquinaria en cuestión y atarea a los operarios: el **Tiempo de Setup**.

El Tiempo de Setup (Tiempo de Preparación o Puesta a punto, en castellano), es el tiempo que demora una secuencia de tareas para la preparación de la maquinaria o el inicio de la producción. Este tiempo es un tiempo improductivo que no agrega valor al producto final, y por dicho motivo es fundamental reducirlo al mínimo.

El Setup no es difícil de medir, y existen varios métodos para disminuirlo, como por ejemplo el SMED (Single-Minute Exchange of Dies). Sin embargo, durante este trabajo no se desarrollará un modelo SMED para disminuir el tiempo de Setup de un proceso actual, sino que la finalidad será comparar dos tiempos de Setup diferentes correspondientes dos máquinas distintas, una tecnológicamente avanzadas y otra maquinaria más antigua.

Para medir el tiempo de Setup, lo primero que debe hacerse es desglosar todo el proceso en pequeñas operaciones. Una vez que se tengan todas las operaciones básicas necesarias, se procederá a tomar el tiempo de cada una, así como también la hora de inicio y de fin.

Es importante recalcar que muchas de estas operaciones pueden ocurrir en simultáneo. Citando un ejemplo sencillo, si se quisiera medir el tiempo de Setup para cambiar las ruedas de un auto de Fórmula 1 en una parada en boxes, se debería medir el tiempo que tarda en cambiarse cada rueda, así como también el tiempo donde se comienza y el tiempo donde se termina. De esta forma, el tiempo de Setup para cada rueda es el tiempo total que tardó dicha rueda en ser reemplazada. Sin embargo, el tiempo de Setup del proceso “cambio de las 4 ruedas” es el tiempo total que se demora desde que se empieza a cambiar la primera rueda hasta que se termina con la última.

Segundos	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
Rueda 1																						
Rueda 2																						
Rueda 3																						
Rueda 4																						

Tiempo Rueda 1	1,6
Tiempo Rueda 2	1,6
Tiempo Rueda 3	1,5
Tiempo Rueda 4	1,5
Inicio mín	0,0
Finalización máx	1,8
Tiempo Setup	1,8

Para la medición de los tiempos se continuará con la lógica antes utilizada para calcular el Tiempo Estándar. Se utilizará *la Tabla de General Electrics* para estimar la **cantidad de mediciones** a realizar a fin de obtener un valor de tiempo de Setup real y estadísticamente válido. De ser posible, se utilizará la tabla de números aleatorios y se hará el mismo procedimiento mencionado en la parte de Tiempo Estándar, a fin de conseguir mediciones en momentos azarosos para asegurar la normalidad de los datos. Sin embargo, en la realidad el Setup se da en momentos del día muy puntuales, e incluso (dependiendo la industria) no se da más que 1 o 2 veces al día. Por lo tanto, no sería lógico utilizar una tabla de número aleatorios. Lo que debería hacerse en ese caso sería elegir aleatoriamente los días de la semana en los que se tomarán las mediciones. Para ello se puede utilizar simplemente un dado. Llamando “1” al Lunes, “2” al Martes, etc., se podrá tirar un dado las n veces que sea necesario y así elegir los n días para tomar mediciones. Dado que el Domingo suele ser no laboral, tiene sentido que no posea un número en el dado (sería el número 7, que no existe en un dado regular).

La **hoja de estudio de tiempos para tiempos de setup** debe contar con la información básica que poseía la Hoja de estudio de tiempos estándar (fecha, analista, máquina, etc), con la diferencia que debe indicar también la hora de inicio y fin de cada actividad. Además, cualquier elemento extraño que aparezca también deberá ser anotado, sin embargo, dado que el tiempo de setup generalmente es grande ($t > 40\text{min}$), los elementos extraños contabilizados y cuyo tiempo será restado al tiempo medido, serán todos los que posean tiempos mayores a 5min ($t > 5\text{min}$).

Dado que los procesos son largos, se desestimará la calificación del operario al momento de realizar los cálculos. Esto se debe a que, en general, el rendimiento físico de una persona en función del tiempo (para un tiempo grande y varios procesos), es variable. Usualmente, se comienza con una curva de pendiente creciente y se finaliza con una curva de pendiente decreciente. El promedio de ambas da como resultado una recta. Esto significa que, en un tiempo largo, un operario puede comenzar a trabajar con un calificación de 115 y finalizar con una de 85, dando como resultado promedio de todo su trabajo 100.

Respecto de los procesos en cuestión, a modo de simplificar, se considerarán solamente las siguientes operaciones en el tiempo de setup:

1. Picking de materiales
2. Conteo de bolsas
3. Rotulado manual
4. Calibración de la selladora
5. Calibración de la tolva
6. Descarga de ingrediente en tolva

Fecha y Hora:		Operarios:						
Estudio N°:		Analista:						
Ingrediente:		Peso:			Máquina:			
Tiempos		Operación						
Picking de materiales		Conteo de bolsas		Rotulado manual		Calibración de selladora	Calibración de tolva	Descarga de ingrediente
Hr Inicio								
Hr Fin								
Duración total								
Elemento extraño								
Hr Inicio								
Hr Fin								
Duración total								
Comentarios:		Calculos						
		Menor hora de inicio						
		Mayor hora de finalización						
		Duración de elementos extraños						
		Tiempo de Setup						

Una vez obtenidos los datos, se procede a calcular el Tiempo de Setup restando la hora de inicio del primer proceso y la hora de finalización del último, así como también la duración de los elementos extraños.

Tiempos Medidos

a. Tiempo Estándar

A modo de aplicar todo lo elaborado en el inciso Como realizar un estudio de tiempos, se procederá con un ejemplo práctico de un caso real de la PYME mencionada en los incisos anteriores. En dicha empresa se utilizaron las herramientas, aquí explicadas, para calcular el tiempo estándar del proceso de empaquetado de 15kg de producto sólido granular, utilizando una empaquetadora semi-automática y una línea de sellado de dicho paquete, tal como se explica en el inciso 4-a. Cabe mencionar que a simple vista se visualiza que el tiempo del sellado es bastante menor al tiempo de empaquetado, por lo tanto, se realizará la medición de éste último dado que es el cuello de botella.

En su proceso productivo, el analista fue un ingeniero industrial con conocimiento de la producción y su maquinaria, así como también de los operarios que la manejaban. Se eligió a un operario modelo, con basto conocimiento en la tarea y gran predisposición para ayudar al estudio. Para tomar los tiempos se utilizó un cronómetro digital utilizando el método continuo con la opción vuelta para distinguir cada ciclo sin parar el tiempo.

La muestra a medir es el empaquetado de una bolsa de 15kg de producto, cuyo tiempo base para el llenado de la misma es (a simple vista) 17 segundos (0,28min). Utilizando la tabla de General Electric se observa que la cantidad de mediciones a tomar es de 100, mientras que con la Tabla Westinghouse el valor disminuye a 80 en el caso más drástico. A modo de ejemplo, se calcularán la cantidad de mediciones a tomar utilizando el método estadístico para comparar ambos valores:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

El primer paso es tomar algunas mediciones para poder estimar la media de la forma:

Se tomaron mediciones 8 mediciones dando los siguientes resultados:

Segundos	Medición N°
17,55	1
16,98	2
17,76	3
18,98	4
16,34	5
16,37	6
18,65	7
18,80	8

La media de estos valores es $\bar{x}=17,67$ segundos.

Se procede ahora a calcular el desvío estándar S utilizando la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Segundos	Minutos	Medición N°	Medición - \bar{x}	(Medición - \bar{x}) ²
18,96	0,3160	1	0,030	0,001
16,90	0,2817	2	-0,005	0,000
15,02	0,2503	3	-0,036	0,001
18,34	0,3057	4	0,019	0,000
18,43	0,3072	5	0,021	0,000
15,04	0,2507	6	-0,036	0,001
19,00	0,3167	7	0,030	0,001
15,71	0,2619	8	-0,024	0,001
	0,29	\bar{x}	\sum (Medición - \bar{x}) ²	0,006
	S = 0,029		$(\sum$ (Medición - \bar{x}) ²)/(n-1)	0,001
			$\sqrt{\{(\sum$ (Medición - \bar{x}) ²)/(n-1)}	0,029

De esta forma, se obtiene el desvío S=0,029

Luego se calcula la T de student utilizando la tabla con un alfa=0,05 para una cantidad de mediciones n-1= 8-1= 7.

Tabla A3.3 Puntos porcentuales de la distribución *t*

<i>n</i>	Probabilidad <i>P</i>												
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.158	0.325	0.510	0.727	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.142	0.289	0.445	0.617	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.137	0.277	0.424	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	0.134	0.271	0.414	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.132	0.267	0.408	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	0.131	0.265	0.404	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.130	0.263	0.402	0.549	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	0.130	0.262	0.399	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.129	0.261	0.398	0.543	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.129	0.260	0.397	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.129	0.260	0.396	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.128	0.259	0.395	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.128	0.259	0.394	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.128	0.258	0.393	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.128	0.258	0.393	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.128	0.258	0.392	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.128	0.257	0.392	0.534	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.127	0.257	0.392	0.534	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.127	0.257	0.391	0.533	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.127	0.257	0.391	0.533	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.127	0.257	0.391	0.532	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.127	0.256	0.390	0.532	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.127	0.256	0.390	0.532	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.127	0.256	0.390	0.531	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.127	0.256	0.389	0.531	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.126	0.255	0.388	0.529	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.126	0.254	0.387	0.527	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.126	0.254	0.386	0.526	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	0.126	0.253	0.385	0.524	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Figura 30: Tabla *t* student

El valor obtenido para la *T* de student es **T= 2,365**.

Finalmente, se calcula la cantidad de muestras a tomar utilizando la fórmula con un valor $K=0,05$.

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

T	S	\bar{x}	K
2,365	0,029	0,29	0,05
T*S		K* \bar{x}	
0,068062554		0,014313671	
T*S/K* \bar{x}			
4,76			
$n = (T*S/K*\bar{x})^2$			
n= 23			

Cabe mencionar que el valor N obtenido (N=23) es sumamente menor a lo que recomienda la tabla de General Electric (N=100) y la de Westinghouse (N=80). Esto sucede porque el desvío standard (s) que se obtuvo matemáticamente es chico en comparación al que toman General Electric y Westinghouse como valor estandarizado ($s \approx 0,05$). Se concluye en este caso que la maquinaria utilizada es muy precisa ya que posee un desvío standard bajo.

Para continuar, pese a que con 23 mediciones sería suficiente, se procederá a tomar las 100 mediciones que indica la Tabla de General Electrics, a fin de tener más mediciones en el ejemplo.

El siguiente paso es segmentar el tiempo de estudio para hacer el análisis en momentos azarosos. Como en este caso, se observa a simple vista que en 1 minuto (60 segundos) pueden tomarse 3 mediciones de 17 segundos cada una (51 segundos en total). Se elegirá segmentar el horario laboral en partes de 5 minutos, dando un total de 15 mediciones por segmento (3 mediciones por minuto, 15 mediciones en 5 minutos). El horario laboral es de 07:00hs a 15:00hs, y aunque hay un descanso por almuerzo, los operarios se turnan de forma tal que la línea no pare. Segmentando las 8 horas (480min) en períodos de 5 minutos, se obtienen 96 segmentos. En conclusión, si se desean realizar 100 mediciones, tomando 15 mediciones en cada segmento, harían falta estudiar un total de 7 segmentos.

Para definir qué segmentos serán los que se estudien, se utilizará la tabla de números aleatorios. Como paso previo, se armará la tabla de los segmentos y horarios como se muestra en la figura 31.

Segmento n°	Hora										
segmento 1	07:00	segmento 17	08:20	segmento 33	09:40	segmento 49	11:00	segmento 65	12:20	segmento 81	13:40
segmento 2	07:05	segmento 18	08:25	segmento 34	09:45	segmento 50	11:05	segmento 66	12:25	segmento 82	13:45
segmento 3	07:10	segmento 19	08:30	segmento 35	09:50	segmento 51	11:10	segmento 67	12:30	segmento 83	13:50
segmento 4	07:15	segmento 20	08:35	segmento 36	09:55	segmento 52	11:15	segmento 68	12:35	segmento 84	13:55
segmento 5	07:20	segmento 21	08:40	segmento 37	10:00	segmento 53	11:20	segmento 69	12:40	segmento 85	14:00
segmento 6	07:25	segmento 22	08:45	segmento 38	10:05	segmento 54	11:25	segmento 70	12:45	segmento 86	14:05
segmento 7	07:30	segmento 23	08:50	segmento 39	10:10	segmento 55	11:30	segmento 71	12:50	segmento 87	14:10
segmento 8	07:35	segmento 24	08:55	segmento 40	10:15	segmento 56	11:35	segmento 72	12:55	segmento 88	14:15
segmento 9	07:40	segmento 25	09:00	segmento 41	10:20	segmento 57	11:40	segmento 73	13:00	segmento 89	14:20
segmento 10	07:45	segmento 26	09:05	segmento 42	10:25	segmento 58	11:45	segmento 74	13:05	segmento 90	14:25
segmento 11	07:50	segmento 27	09:10	segmento 43	10:30	segmento 59	11:50	segmento 75	13:10	segmento 91	14:30
segmento 12	07:55	segmento 28	09:15	segmento 44	10:35	segmento 60	11:55	segmento 76	13:15	segmento 92	14:35
segmento 13	08:00	segmento 29	09:20	segmento 45	10:40	segmento 61	12:00	segmento 77	13:20	segmento 93	14:40
segmento 14	08:05	segmento 30	09:25	segmento 46	10:45	segmento 62	12:05	segmento 78	13:25	segmento 94	14:45
segmento 15	08:10	segmento 31	09:30	segmento 47	10:50	segmento 63	12:10	segmento 79	13:30	segmento 95	14:50
segmento 16	08:15	segmento 32	09:35	segmento 48	10:55	segmento 64	12:15	segmento 80	13:35	segmento 96	14:55

Figura 31: Tabla de segmentos y horarios

Una vez armada la tabla de los horarios, se elegirá 1 número al azar de la Tabla de números aleatorios y se establecerá un criterio para seleccionar los otros 6 números faltantes. El criterio será elegir 6 números ubicados en la misma posición de los grupos superiores de la tabla. En caso de no haberlo, se elegirán los inferiores.

Para seleccionar el primer número aleatorio se dejará caer un alfiler sobre la tabla y se observará el número que señala. En este caso el número señalado es el 14:

Tabla 1: Números aleatorios

10	09	73	25	33	76	52	01	35	86	34	67	35	48	76	80	95	90	91	17	39	29	27	49	45
37	54	20	48	05	64	89	47	42	96	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02	00	82	29	16	65
08	42	26	89	53	19	64	50	93	03	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64	35	08	03	36	06
99	01	90	25	29	09	37	67	07	15	38	31	13	11	65	88	67	67	43	97	04	43	62	76	59
12	80	79	99	70	80	15	73	61	47	64	03	23	66	53	98	95	11	68	77	12	17	17	63	33
66	06	57	47	17	34	07	27	68	50	36	69	73	61	70	65	81	33	98	85	11	19	92	91	70
31	06	01	08	05	45	57	18	24	06	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39	23	40	30	97	32
85	26	97	76	02	02	05	16	56	92	68	66	57	48	18	73	05	38	52	47	18	62	38	85	79
63	57	33	21	35	05	32	54	70	48	90	55	35	75	48	28	46	82	87	09	83	49	12	56	24
73	79	64	57	53	03	52	96	47	78	35	80	83	42	82	60	93	52	03	44	35	27	38	84	35
98	52	01	77	67	14	90	56	86	07	22	10	94	05	58	60	97	09	34	33	50	50	07	39	98
11	80	50	54	31	39	80	82	77	32	50	72	56	82	48	29	40	52	42	01	52	77	56	78	51
87	45	29	96	34	06	28	89	80	83	13	74	67	00	78	18	47	54	06	10	68	71	17	78	17
88	88	54	02	00	86	50	75	84	01	36	76	66	79	51	90	36	47	64	93	29	60	91	10	62
99	59	46	73	48	87	51	76	49	69	91	82	60	89	28	93	78	56	13	68	23	47	83	41	13
65	48	11	76	74	17	46	85	09	50	58	04	77	69	74	73	03	95	71	86	40	21	81	65	44
80	12	43	56	35	17	72	70	80	15	45	31	82	23	74	21	11	57	82	53	14	38	55	37	63
74	35	09	98	17	77	40	27	72	14	43	23	60	02	10	45	52	16	42	37	96	28	60	26	55
69	91	62	68	03	66	25	22	91	48	36	93	68	72	03	76	62	11	39	90	94	40	05	64	18
09	88	32	05	05	14	22	56	85	14	46	42	75	67	88	96	29	77	88	22	54	38	21	45	98
21	49	91	45	23	68	47	92	76	86	46	16	28	35	54	94	75	08	99	23	37	08	92	00	48
80	33	69	45	98	26	94	03	68	58	70	29	73	41	35	53	14	03	33	40	42	05	08	25	41
44	10	48	19	49	85	15	74	79	54	32	97	92	65	75	57	60	04	08	81	22	22	20	64	13
12	55	07	37	42	11	10	00	20	40	12	86	07	46	97	96	64	48	94	39	28	70	72	58	15
63	60	64	93	29	16	50	53	44	84	40	21	95	25	63	43	65	17	70	82	07	20	73	17	90
61	19	69	04	46	26	45	74	77	74	51	92	43	37	29	65	39	45	95	93	42	58	26	05	27
15	47	44	52	66	95	27	07	99	53	59	36	78	38	48	82	39	61	01	18	33	21	15	94	66
64	55	72	85	73	67	89	75	43	87	54	62	24	44	31	91	19	04	25	92	92	92	74	59	73
42	48	11	62	13	97	34	40	87	21	16	86	84	87	67	03	07	11	20	59	25	70	14	66	70
23	52	37	83	17	73	20	88	98	37	68	93	59	14	16	26	25	22	96	63	05	52	28	25	62
04	49	35	24	94	75	24	63	38	24	45	86	25	10	25	61	96	27	93	35	65	33	71	24	72
00	54	99	76	54	64	05	18	81	59	96	11	96	38	96	54	69	28	23	91	23	28	72	95	29
35	96	31	53	07	26	89	80	93	54	33	35	13	54	62	77	97	45	00	24	90	10	33	93	33
59	80	80	83	91	45	42	72	68	42	83	60	94	97	00	13	02	12	48	92	78	56	52	01	06
46	05	88	52	36	01	39	09	22	86	77	28	14	40	77	93	91	08	36	47	70	61	74	29	41
32	17	90	05	97	87	37	92	52	41	05	56	70	70	07	86	74	31	71	57	85	39	41	16	38
69	23	46	14	06	20	11	74	52	04	15	95	66	00	00	18	74	39	24	23	97	11	89	63	38
19	56	54	14	30	01	75	87	53	79	40	41	92	15	85	66	67	43	68	06	84	96	28	52	07
45	15	51	49	38	19	47	60	72	46	43	66	79	45	43	59	04	79	00	33	20	82	66	95	41
74	86	43	19	94	36	16	81	08	51	34	88	88	15	53	01	54	03	54	56	05	01	45	11	76
98	08	62	48	26	45	24	02	84	04	44	99	90	88	96	39	09	47	34	07	35	44	13	18	80
33	18	51	62	32	41	94	15	09	49	89	43	54	85	81	88	69	54	19	94	37	54	87	30	43
80	95	10	04	06	96	38	27	07	74	20	15	12	33	87	25	01	62	52	98	94	62	46	11	71
79	75	24	91	40	71	96	12	82	96	69	86	10	25	91	74	85	22	05	39	00	38	75	95	79
18	63	33	25	37	98	14	50	65	71	31	01	02	46	74	05	45	56	14	27	77	93	89	19	36
74	02	94	39	02	77	55	73	22	70	97	79	01	71	19	52	52	75	80	21	80	81	45	17	48
54	17	84	56	11	80	99	33	71	43	05	33	51	29	69	56	12	71	92	55	36	04	06	03	24
11	66	44	98	83	52	07	98	48	27	59	38	17	15	39	09	97	33	34	40	88	46	12	33	56
48	32	47	79	28	31	24	96	47	10	02	29	53	68	70	32	30	75	75	46	15	02	00	99	94
69	07	49	41	38	87	63	79	19	76	35	58	40	44	01	10	51	82	16	15	01	84	87	69	38

Tomada de las tablas de la RAND Corporation. Se reimprimen de la obra de Wilfred J. Dixon y Frank Massey, Jr., *Introduction to Statistical Analysis*, 3ª ed., McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1969, pág. 446.

Una vez identificado el número, se elegirán los otros 6 valores según el criterio establecido:

Tabla 1: Números aleatorios

10	09	73	25	33	76	52	01	35	86	34	67	35	48	76	80	85	90	91	17	39	29	27	49	45
37	54	20	48	05	64	89	47	42	96	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02	00	82	29	16	65
08	42	26	89	53	19	64	50	93	03	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64	35	08	03	36	06
99	01	90	25	29	09	37	67	07	15	38	31	13	11	65	88	67	67	43	97	04	43	62	76	59
12	80	79	99	70	80	15	73	61	47	64	03	23	66	53	98	95	11	68	77	12	17	17	63	33
66	06	57	47	17	34	07	27	68	50	36	69	73	61	70	65	81	33	98	85	11	19	92	91	70
31	06	01	08	05	45	57	18	24	06	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39	23	40	30	97	32
85	26	97	76	02	02	05	16	56	92	68	66	57	48	18	73	88	38	52	47	18	62	38	85	79
63	57	33	21	35	05	32	54	70	48	90	55	35	75	48	28	46	82	87	09	83	49	12	56	24
73	79	64	57	53	03	52	96	47	78	35	80	83	42	82	60	93	52	03	44	35	27	38	84	35
98	52	01	77	67	14	90	56	86	07	22	10	94	05	58	60	85	09	34	33	50	50	07	39	98
11	80	50	54	31	39	80	82	77	32	50	72	56	82	48	29	40	52	42	01	52	77	56	78	51
83	45	29	96	34	06	28	89	80	83	13	74	67	00	78	18	47	54	06	10	68	71	17	78	17
88	68	54	02	00	86	50	75	84	01	36	76	66	79	51	90	36	47	64	93	29	60	91	10	62
99	59	46	73	48	87	51	76	49	69	91	82	60	89	28	93	78	56	13	68	23	47	83	41	13
65	48	11	76	74	17	46	85	09	50	58	04	77	69	74	73	88	95	71	86	40	21	81	65	44
80	12	43	56	35	17	72	70	80	15	45	31	82	23	74	21	11	57	82	53	14	38	55	37	63
74	35	09	98	17	77	40	27	72	14	43	23	60	02	10	45	82	16	42	37	96	28	60	26	55
69	91	62	68	03	66	25	22	91	48	36	93	68	72	03	76	62	11	39	90	94	40	05	64	18
09	89	32	05	05	14	22	56	85	14	46	42	75	67	88	96	29	77	88	22	54	38	21	45	98
21	49	91	45	23	68	47	92	76	86	46	16	28	35	54	94	75	08	99	23	37	08	92	00	48
80	33	69	45	98	26	94	03	68	58	70	29	73	41	35	53	14	03	33	40	42	05	08	25	41
44	10	48	19	49	85	15	74	79	54	32	97	92	65	75	57	60	04	08	81	22	22	20	64	13
12	55	07	37	42	11	10	00	20	40	12	86	07	46	97	96	64	48	94	39	28	70	72	58	15
63	60	64	93	29	16	50	53	44	84	40	21	95	25	63	43	85	17	70	82	07	20	73	17	90
61	19	69	04	46	26	45	74	77	74	51	92	43	37	29	65	88	45	95	93	42	58	26	05	27
15	47	44	52	66	95	27	07	99	53	59	36	78	38	48	82	39	61	01	18	33	21	15	94	66
54	55	72	85	73	67	89	75	43	87	54	62	24	44	31	91	19	04	25	92	92	92	74	59	73
42	48	11	62	13	97	34	40	87	21	16	86	84	87	67	03	07	11	20	59	25	70	14	66	70
23	52	37	83	17	73	20	88	98	37	68	93	59	14	16	26	25	22	96	63	05	52	28	25	62
04	49	35	24	94	75	24	63	38	24	45	86	25	10	25	61	88	27	93	35	65	33	71	24	72
00	54	99	76	54	64	05	18	81	59	96	11	96	38	96	54	69	28	23	91	23	28	72	95	29
35	96	31	53	07	26	89	80	93	54	33	35	13	54	62	77	97	45	00	24	90	10	33	93	33
59	80	80	83	91	45	42	72	68	42	83	60	94	97	00	13	02	12	48	92	78	56	52	01	06
46	05	88	52	36	01	39	09	22	86	77	28	14	40	77	93	91	08	36	47	70	61	74	29	41
32	17	90	05	97	87	37	92	52	41	05	56	70	70	07	86	74	31	71	57	85	39	41	15	38
69	23	46	14	06	20	11	74	52	04	15	95	66	00	00	18	74	39	24	23	97	11	29	63	38
19	56	54	14	30	01	75	87	53	79	40	41	92	15	85	68	67	43	68	06	84	96	28	52	07
45	15	51	49	38	19	47	60	72	46	43	66	79	45	43	59	04	79	00	33	20	82	66	95	41
74	86	43	19	94	36	16	81	08	51	34	88	88	15	53	01	54	03	54	56	05	01	45	11	76
98	08	62	48	26	45	24	02	84	04	44	99	90	88	96	39	09	47	34	07	35	44	13	18	80
23	18	51	62	32	41	94	15	09	49	89	43	54	85	81	88	69	54	19	94	37	54	87	30	43
80	95	10	04	06	96	38	27	07	74	20	15	12	33	87	25	01	62	52	98	94	62	46	11	71
79	75	24	91	40	71	96	12	82	96	69	86	10	25	91	74	85	22	05	39	00	38	75	95	79
18	63	33	25	37	98	14	50	65	71	31	01	02	46	74	05	45	56	14	27	77	93	89	19	36
74	02	94	39	02	77	55	73	22	70	97	79	01	71	19	52	52	75	80	21	80	81	45	17	48
54	17	84	56	11	80	99	33	71	43	05	33	51	29	69	56	12	71	92	55	36	04	06	03	24
11	66	44	98	83	52	07	98	48	27	59	38	17	15	39	09	97	33	34	40	88	46	12	33	56
48	32	47	79	28	31	24	96	47	10	02	29	53	68	70	32	30	75	75	46	15	02	00	99	94
69	07	49	41	38	87	63	79	19	76	35	58	40	44	01	10	51	82	16	15	01	84	87	62	38

Tomada de las tablas de la RAND Corporation. Se reimprimen de la obra de Wilfred J. Dixon y Frank Massey, Jr., *Introduction to Statistical Analysis*, 3ª ed., McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1969, pág. 446.

Los números en cuestión son 11, 14, 39, 40, 63, 69, 79, que corresponden a los horarios:

Segmento n°	Hora
segmento 11	07:50
segmento 14	08:05
segmento 39	10:10
segmento 40	10:15
segmento 63	12:10
segmento 69	12:40
segmento 79	13:30

Por lo tanto, las 7 mediciones de 15 observaciones cada una se realizarán en los horarios denotados en la tabla superior. Si por algún motivo en estos horarios la producción estuviera parada, se deberán tomar otros valores al azar siguiendo el procedimiento antes utilizado.

Una vez que ya esté todo preparado, se procede a realizar las mediciones correspondientes:

Fecha:	14/2/2020		Operario:	Alejandro Gonzalez						
Estudio N°:	1		Analista:	Agustin Barreda						
Obs. N°	Ingrediente:	xxx		Máquina:	Tolva 1					
	Peso: 15kg	Elemento Extraño								
	T Observado	T Inicio	T Fin	Diferencia	Comentarios					
1	18,05									
2	18,40									
3	18,06									
4	18,50									
5	15,29									
6	15,28									
7	18,96									
8	15,18									
9	18,26									
10	15,32									
11	15,95									
12	14,67									
13	16,41									
14	14,54									
15	17,65									
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
T.O. Total		Control de datos		Holgura						
Calificación	105	Hr Inicio	07:50:00	Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %			
T.N. Total		Hr Fin	07:54:14	2,3	0	15,9	0,07			
N° Obs		T Transcurrido	00:04:14	4,5	0,01	18,1	0,09			
T.N. Prom		T.O. Total	00:04:10	6,8	0,02	20,4	0,11			
1+ Holgura %		Diferencia	00:00:04	9,1	0,03	22,7	0,13			
T. Estándar		Error %	1,6%	11,3	0,04	27,2	0,17			
Hora: 07:50:00				13,6	0,05	30	0,2			
				Holgura Nec. Personales:					0,05	
				Holgura Total %:						

Fecha:		14/2/2020		Operario:		Alejandro Gonzalez				
Estudio N°:		2		Analista:		Agustin Barreda				
Obs. N°	Ingrediente:		xxx		Máquina:			Tolva 1		
	Peso: 15kg		Elemento Extraño							
	T Observado	T Inicio	T Fin	Diferencia	Comentarios					
1	15,17									
2	18,26									
3	19,46									
4	18,08									
5	18,31									
6	16,77									
7	16,83									
8	16,80									
9	18,62									
10	17,96									
11	17,30									
12	16,68									
13	17,89									
14	19,13									
15	19,01									
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
T.O. Total		Control de datos		Holgura						
Calificación	95	Hr Inicio	08:05:00	Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %			
T.N. Total		Hr Fin	08:09:30	2,3	0	15,9	0,07			
N° Obs		T Transcurrido	00:04:30	4,5	0,01	18,1	0,09			
T.N. Prom		T.O. Total	00:04:26	6,8	0,02	20,4	0,11			
1+ Holgura %		Diferencia	00:00:04	9,1	0,03	22,7	0,13			
T. Estándar		Error %	1,5%	11,3	0,04	27,2	0,17			
Hora: 08:05:00				13,6	0,05	30	0,2			
				Holgura Nec. Personales:					0,05	
				Holgura Total %:						

Fecha: 14/2/2020		Operario: Alejandro Gonzalez					
Estudio N°: 3		Analista: Agustin Barreda					
Obs. N°	Ingrediente: xxx	Máquina: Tolva 1					
	Peso: 15kg	Elemento Extraño					
	T Observado	T Inicio	T Fin	Diferencia	Comentarios		
1	18,72						
2	16,43						
3	18,64						
4	17,17						
5	18,87						
6	18,27						
7	17,20						
8	17,87						
9	17,13						
10	15,73						
11	17,63						
12	15,75						
13	16,97						
14	16,00						
15	16,74						
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
T.O. Total		Control de datos		Holgura			
Calificación	100	Hr Inicio	10:10:00	Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %
T.N. Total		Hr Fin	10:14:25	2,3	0	15,9	0,07
N° Obs		T Transcurrido	00:04:25	4,5	0,01	18,1	0,09
T.N. Prom		T.O. Total	00:04:19	6,8	0,02	20,4	0,11
1+ Holgura %		Diferencia	00:00:06	9,1	0,03	22,7	0,13
T. Estándar		Error %	2,3%	11,3	0,04	27,2	0,17
Hora: 10:10:00				13,6	0,05	30	0,2
				Holgura Nec. Personales:		0,05	
				Holgura Total %:			

Fecha:		14/2/2020		Operario:		Alejandro Gonzalez				
Estudio N°:		4		Analista:		Agustin Barreda				
Obs. N°	Ingrediente:		xxx		Máquina:			Tolva 1		
	Peso: 15kg		Elemento Extraño							
	T Observado	T Inicio	T Fin	Diferencia	Comentarios					
1	15,19									
2	15,88									
3	18,24									
4	14,93									
5	14,66									
6	18,16									
7	15,94									
8	15,67									
9	14,60									
10	21,12	14,45	17,8	3,35	Bolsa se cae al piso					
11	17,81									
12	15,31									
13	18,21									
14	18,04									
15	19,61									
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
T.O. Total		Control de datos		Holgura						
Calificación	105	Hr Inicio	10:15:00	Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %			
T.N. Total		Hr Fin	10:19:19	2,3	0	15,9	0,07			
N° Obs		T Transcurrido	00:04:19	4,5	0,01	18,1	0,09			
T.N. Prom		T.O. Total	00:04:13	6,8	0,02	20,4	0,11			
1+ Holgura %		Diferencia	00:00:06	9,1	0,03	22,7	0,13			
T. Estándar		Error %	2,4%	11,3	0,04	27,2	0,17			
Hora: 10:15:00				13,6	0,05	30	0,2			
				Holgura Nec. Personales:					0,05	
				Holgura Total %:						

Fecha: 14/2/2020		Operario: Alejandro Gonzalez								
Estudio N°: 5		Analista: Agustin Barreda								
Obs. N°	Ingrediente: xxx	Máquina: Tolva 1								
	Peso: 15kg	Elemento Extraño								
	T Observado	T Inicio	T Fin	Diferencia	Comentarios					
1	15,92									
2	18,93									
3	18,52									
4	15,66									
5	18,42									
6	16,08									
7	17,74									
8	17,37									
9	17,54									
10	17,61									
11	15,97									
12	16,30									
13	17,11									
14	15,28									
15	18,84									
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
T.O. Total		Control de datos		Holgura						
Calificación	95	Hr Inicio	12:10:00	Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %			
T.N. Total		Hr Fin	12:14:20	2,3	0	15,9	0,07			
N° Obs		T Transcurrido	00:04:20	4,5	0,01	18,1	0,09			
T.N. Prom		T.O. Total	00:04:17	6,8	0,02	20,4	0,11			
1+ Holgura %		Diferencia	00:00:03	9,1	0,03	22,7	0,13			
T. Estándar		Error %	1,2%	11,3	0,04	27,2	0,17			
Hora: 12:10:00				13,6	0,05	30	0,2			
				Holgura Nec. Personales:					0,05	
				Holgura Total %:						

Fecha: 14/2/2020		Operario: Alejandro Gonzalez					
Estudio N°: 6		Analista: Agustin Barreda					
Obs. N°	Ingrediente: xxx	Máquina: Tolva 1					
	Peso: 15kg	Elemento Extraño					
	T Observado	T Inicio	T Fin	Diferencia	Comentarios		
1	17,69						
2	17,35						
3	19,42						
4	17,84						
5	18,09						
6	16,07						
7	18,61						
8	18,62						
9	18,14						
10	17,49						
11	15,55						
12	19,41						
13	17,57						
14	15,42						
15	15,10						
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
T.O. Total		Control de datos		Holgura			
Calificación	100	Hr Inicio	12:40:00	Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %
T.N. Total		Hr Fin	12:44:25	2,3	0	15,9	0,07
N° Obs		T Transcurrido	00:04:25	4,5	0,01	18,1	0,09
T.N. Prom		T.O. Total	00:04:22	6,8	0,02	20,4	0,11
1+ Holgura %		Diferencia	00:00:03	9,1	0,03	22,7	0,13
T. Estándar		Error %	1,1%	11,3	0,04	27,2	0,17
Hora: 12:40:00				13,6	0,05	30	0,2
				Holgura Nec. Personales:		0,05	
				Holgura Total %:			

Fecha:	14/2/2020	Operario:	Alejandro Gonzalez							
Estudio N°:	7	Analista:	Agustin Barreda							
Obs. N°	Ingrediente:	xxx	Máquina: Tolva 1							
	Peso: 15kg	Elemento Extraño								
	T Observado	T Inicio	T Fin	Diferencia	Comentarios					
1	17,27									
2	18,70									
3	18,44									
4	18,55									
5	16,84									
6	17,71									
7	17,59									
8	16,51									
9	19,02									
10	18,67									
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
T.O. Total		Control de datos		Holgura						
Calificación	90	Hr Inicio	13:30:00	Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %			
T.N. Total		Hr Fin	13:33:01	2,3	0	15,9	0,07			
N° Obs		T Transcurrido	00:03:01	4,5	0,01	18,1	0,09			
T.N. Prom		T.O. Total	00:02:59	6,8	0,02	20,4	0,11			
1+ Holgura %		Diferencia	00:00:02	9,1	0,03	22,7	0,13			
T. Estándar		Error %	1,1%	11,3	0,04	27,2	0,17			
Hora: 13:30:00				13,6	0,05	30	0,2			
				Holgura Nec. Personales:					0,05	
				Holgura Total %:					0,07	

Una vez realizadas las 100 mediciones, se procede al cálculo del Tiempo Estándar utilizando las fórmulas antes mencionadas.

La holgura será de un 7% correspondiente a los 15kg que pesa la bolsa que el operario deberá manipular.

La holgura por necesidades personales será de un 5%.

Medición N°															Ajuste por Elemento Extraño	T.O. Total	Calificación	T.N. Total
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
18,05	18,40	18,06	18,50	15,29	15,28	18,96	15,18	18,26	15,32	15,95	14,67	16,41	14,54	17,65	0,00	250,54	1,05	263,07
15,17	18,26	19,46	18,08	18,31	16,77	16,83	16,80	18,62	17,96	17,30	16,68	17,89	19,13	19,01	0,00	266,28	0,95	252,96
18,72	16,43	18,64	17,17	18,87	18,27	17,20	17,87	17,13	15,73	17,63	15,75	16,97	16,00	16,74	0,00	259,11	1,00	259,11
15,19	15,88	18,24	14,93	14,66	18,16	15,94	15,67	14,60	21,12	17,81	15,31	18,21	18,04	19,61	-3,30	250,09	1,00	250,09
15,92	18,93	18,52	15,66	18,42	16,08	17,74	17,37	17,54	17,61	15,97	16,30	17,11	15,28	18,84	0,00	250,54	0,95	238,01
17,69	17,35	19,42	17,84	18,09	16,07	18,61	18,62	18,14	17,49	15,55	19,41	17,57	15,42	15,10	0,00	262,37	1,00	262,37
17,27	18,70	18,44	18,55	16,84	17,71	17,59	16,51	19,02	18,67						0,00	179,31	0,9	161,38

Σ T.N. Total	1686,99
N° Obs	100
T.N. Prom	16,87
Holgura Peso	0,07
Holgura Nec Pers	0,05
Tiempo Estándar	18,89 seg

De esta forma se concluye que el Tiempo Estándar del proceso es 18,89 segundos.

A modo comparativo, se realizará nuevamente el cálculo del Tiempo Estándar, realizando las 23 mediciones que indicaba el método estadístico:

Fecha:		17/2/2020		Operario:		Alejandro Gonzalez				
Estudio N°:		8		Analista:		Agustin Barreda				
Obs. N°	Ingrediente:		xxx		Máquina:			Tolva 1		
	Peso: 15kg		Elemento Extraño							
	T Observado	T Inicio	T Fin	Diferencia	Comentarios					
1	17,59									
2	16,30									
3	15,31									
4	18,40									
5	15,10									
6	17,20									
7	17,54									
8	14,60									
9	15,88									
10	16,84									
11	16,80									
12	14,54									
13	14,67									
14	15,73									
15	17,17									
16	23,10	13,14	16,16	3,02	Bolsa cae al piso					
17	15,67									
18	18,16									
19	18,21									
20	17,27									
21	18,26									
22	18,24									
23	15,97									
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
T.O. Total	385,55	Control de datos		Holgura						
Calificación	100	Hr Inicio	11:00:00	Peso Kg	Holgura %	Peso Kg	Holgura %			
T.N. Total	385,55	Hr Fin	11:06:30	2,3	0	15,9	0,07			
N° Obs	23	T Transcurrido	00:06:30	4,5	0,01	18,1	0,09			
T.N. Prom	16,76	T.O. Total	00:06:28	6,8	0,02	20,4	0,11			
1+ Holgura %	1,12	Diferencia	00:00:02	9,1	0,03	22,7	0,13			
T. Estándar	18,77	Error %	0,5%	11,3	0,04	27,2	0,17			
Hora: 11:00:00				13,6	0,05	30	0,2			
				Holgura Nec. Personales:					0,05	
				Holgura Total %:					0,07	

Medición n°	valor
1	17,59
2	16,30
3	15,31
4	18,40
5	15,10
6	17,20
7	17,54
8	14,60
9	15,88
10	16,84
11	16,80
12	14,54
13	14,67
14	15,73
15	17,17
16	23,10
17	15,67
18	18,16
19	18,21
20	17,27
21	18,26
22	18,24
23	15,97
Ajuste por elemento	-3,00
Calificación	100

Σ T.N. Total	385,57
N° Obs	23
T.N. Prom	16,76
Holgura Peso	0,07
Holgura Nec Pers	0,05
Tiempo Estándar	18,78 seg

Como se observa, utilizando el método estadístico se llega a un valor de Tiempo Estándar de 18,78segundos.

La diferencia de Tiempo Estándar, utilizando el método estadístico y las tablas, es solamente 0,6%. Con esto se concluye que ambos métodos dan resultados similares, y que en este caso puntual el analista hubiera ahorrado tiempo si utilizaba el método estadístico (aunque eso hubiera implicado un poco más de complejidad analítica para efectuar cálculos estadísticos).

b. Tiempo de Setup

Para calcular el tiempo de Setup se tendrán en cuenta ciertas consideraciones previas:

- La máquina en cuestión es un modelo semi-automático tipo 1 con bolsas de polietileno
- El conteo de bolsas y etiquetado es manual
- A simple vista el tiempo de setup es 50min
- 2 operarios trabajan en simultáneo para realizar el Setup

Primero se deberá estimar la cantidad de mediciones a realizar. Como se dijo, el tiempo de duración del setup a simple vista es 50min. Siguiendo las indicaciones de la Tabla de General Electrics, se concluye que es necesario tomar 3 mediciones.

Elegir los horarios de forma aleatoria no será tarea fácil ya que la hora de inicio de una elaboración es variable en cada día, por lo tanto el horario para comenzar a medir el tiempo de Setup es variable. Por ello, se utilizará el procedimiento del dado antes mencionado, y se elegirán los 3 días para tomar 1 medición al día. Las mediciones se harán a lo largo de una misma semana. Si en dicho día no hubiera necesidad de hacer un cambio de matriz o ingrediente, y en consecuencia, no existiera tiempo de Setup, la medición se correría a la semana siguiente.

# 1	Lunes
# 2	Martes
# 3	Miércoles
# 4	Jueves
# 5	Viernes
# 6	Sábado

Tirando un dado 3 veces, se obtienen los siguientes valores: 3, 2, 5, lo que implica que las mediciones se tomarán los días Martes, Miércoles y Viernes

Fecha y Hora:		Martes 18/02.11:30		Operarios:		Alejandro Gonzales		Christian Morales	
Estudio N°:		1		Analista:		Agustín Bairrada			
Ingrediente:		xxx		Peso:		15kg		Máquina: Tolva 1	
Tiempos		Comteo de bolsas		Rotulado manual		Calibración de selladora		Calibración de tolva	
Hr Inicio		11:41:15		11:53:52		11:30:00		11:36:31	
Hr Fin		11:52:25		12:19:04		11:35:12		11:46:07	
Duración total		00:11:10		00:25:12		00:05:12		00:09:36	
Elemento extraño									
Hr Inicio									
Hr Fin									
Duración total									
Comentarios:									
		Menor hora de inicio						11:30:00	
		Mayor hora de finalización						12:30:44	
		Duración de elementos extraños						0	
		Tiempo de Setup						01:00:44	

Fecha y Hora:	Miércoles 19/02 9:10	Operarios:	Alejandro Gonzales	Christian Morales
Estudio N°:	2	Analista:	Agustín Barreda	
	xxx	Peso:	15kg	Máquina: Tolva 1
		Ingrediente:	Operación	
		Picking de materiales	Conteo de bolsas	Rotulado manual
Hr Inicio	09:10:00		09:21:15	09:34:50
Hr Fin	09:19:19		09:33:30	09:56:22
Duración total	00:09:19		00:12:15	00:21:32
Elemento extraño				
Hr Inicio				
Hr Fin				
Duración total				
Comentarios:				
				Calculos
		Menor hora de inicio		09:10:00
		Mayor hora de finalización		10:07:49
		Duración de elementos extraños		0
		Tiempo de Setup		00:57:49

Fecha y Hora:	Viernes 21/02 9:15		Operarios:	Alejandro Gonzales		Christian Morales	
Estudio N°:	3		Analista:	Agustín Barreda			
Tiempo	Ingrediente:	xxx	Peso:	15kg	Máquina:	Tolva 1	
	Operación						
	Picking de materiales	Conteo de bolsas	Rotulado manual	Calibración de selladora	Calibración de tolva	Descarga de ingrediente	
Hr Inicio	09:15:00	09:27:11	09:42:02	09:15:00	09:20:21	10:08:38	
Hr Fin	09:25:28	09:39:45	10:07:56	09:19:50	09:27:48	10:17:58	
Duración total	00:10:28	00:12:34	00:25:54	00:04:50	00:07:27	00:09:20	
Elemento extraño							
Hr Inicio							
Hr Fin							
Duración total							
Comentarios:	Calculos						
	Menor hora de inicio				09:15:00		
	Mayor hora de finalización				10:17:58		
	Duración de elementos extraños				0		
	Tiempo de Setup				01:02:58		

Finalmente, los valores que se obtienen son:

01:00:44	Estudio 1
00:57:49	Estudio 2
01:02:58	Estudio 3
01:00:30	Promedio
01:00:30	Tiempo de Setup

De esta forma, se visualiza que el tiempo de Setup es un poco mayor a lo que se ve a simple vista.

c. KPIs e indicadores

Tal como se explicó previamente, los KPIs son indicadores que cuantifican datos de producción a fin de poder medir como se trabaja. En esta oportunidad, se trabajarán 3 KPIs: Reprocesos, Mermas y OEE.

- Reprocesos

Los reprocesos corresponden a producciones defectuosas. Para hallar este valor porcentual, simplemente deben contabilizarse cuántas bolsas defectuosas se sacan sobre un total de 100 bolsas. En el proceso actual este valor varía mes a mes, pero se estima un promedio de **1,5%**.

- Mermas

Las mermas corresponden a la cantidad de producto que se pierde en el proceso de elaboración. Un proceso manual es más propenso a accidentes y por ende a pérdida de producto. El proceso actual lleva 2 manipulaciones manuales (llenado y sellado). La forma de calcular el porcentaje de mermas es simplemente dividir la cantidad de Kg de materia prima que se utiliza, y la cantidad de Kg de producto que se obtiene. La diferencia de estos valores corresponde a las mermas obtenidas. Se estima que, con el proceso actual, las mermas están cerca del 1,2%.

- OEE

El OEE es un indicador clave para demostrar que tan bien se trabaja. Un mayor valor del OEE implica una utilización eficiente de la maquinaria disponible, mientras que un valor bajo implica que la máquina se utiliza poco o se pierde mucho tiempo en procesos

innecesarios. El OEE varía en cada producción, por ende, el OEE puede ser distinto cada día, semana, mes, año.

Para este caso, se calculará el OEE en un día tomado al azar.

Como se explicó en el capítulo anterior, el OEE posee 3 variables: Performance, Quality y Availability.

La **Performance** es la relación entre un tiempo de producción real y uno estándar (Tiempo standard / Tiempo Real) ó (Bolsas por min Real/Bolsas por min STD). Para este caso puntual, se testeó una elaboración de un empaquetado de producto de 15kg. Se tomó el horario de inicio y fin de una producción, restándole el tiempo de setup standard y paradas programadas. Ese valor se dividió por la cantidad de bolsas elaboradas, dando un valor promedio de 21,4 segundos por bolsa. De esta forma, la performance es:

$$\text{- Performance} = \text{Tiempo Standard} / \text{Tiempo real} = 18,89 \text{ seg} / 21,4 \text{ seg}$$

$$\text{Performance} = \mathbf{88,3\%}$$

Quality, corresponde a la cantidad de productos buenos sobre el total de elaborados. En este caso, se alinea con el valor de reprocesos:

$$\text{- Reprocesos (Productos Defectuosos): } 1,5\%$$

$$\text{- Quality (Productos Buenos) = } \mathbf{98,5\%}$$

Availability corresponde al tiempo total de uso productivo de la máquina dividido el tiempo total de uso de la misma. En otras palabras, para este caso puede decirse que:

$$\text{- Tiempo Real} \times \text{Cantidad de bolsas} = \text{Tiempo de uso productivo}$$

- Hr fin de elaboración – Hr inicio de elaboración + Tiempo de Setup = Tiempo de uso total

$$\text{- Tiempo de uso Productivo} / \text{Tiempo de uso total} = \text{Availability}$$

Tomando de datos la elaboración antes realizadas:

Tiempo STD (seg)	19		
Tiempo Real (seg)	21		
Setup STD (Hr)	1		
Bolsas	500		
Seg std trabajados	9.445		
Seg real trabajado	10.700	Hr reales trabajadas	2,97
Hr Inicio	10		
Hr fin	13		
Delta T	3		
T total trabajado	4		

Quality	98,50%
Performance	88,27%
Availability	74,31%
OEE	64,61%

Finalmente, se obtiene un valor de OEE para la producción en cuestión de 64,61%.

c. Establecimiento de objetivos

Objetivos de mejora de eficiencia

El estudio realizado en el inciso anterior tiene por objetivo tener datos certeros del proceso productivo actual, a fin de entender cuáles son los puntos débiles que pueden ser mejorados. Las mejoras posibles pueden abarcar 2 categorías: mejoras de eficiencia y mejora económica.

La mejora de eficiencia hace referencia a la cantidad de materia prima, insumos, mano de obra, tiempo y movimientos que demanda el proceso productivo, y como dichos valores pueden reducirse para obtener el mismo producto terminado utilizando menores cantidades de estos recursos.

Para este análisis, se va a analizar una mejora de eficiencia reduciendo el tiempo que demora el proceso de empaquetado de 1 bolsa. El estudio realizado arrojó un Tiempo Standard de 18,89 segundos para el proceso de empaquetado de una bolsa de 15kg de material. También se calculó el Tiempo de Setup, el cual resultó ser de 1 hora 0 min 30 segundos.

Dada esta información real, se establece que el objetivo de mejora de eficiencia es será reducir el Tiempo standard en un valor menor a 18,89 segundos por bolsa como así también mantener o reducir el Tiempo de Setup actual.

Objetivos de mejora económica

Así como la Mejora de Eficiencia refiere a la cantidad que se utiliza de cierto recurso, la mejora económica es aquella reducción en los costos que una mejora puede acarrear. La mejora económica y la mejora de eficiencia pueden ser vinculadas o no.

Por ejemplo, si el proceso productivo actual utiliza una bolsa con un costo X, y se propone cambiar dicha bolsa por otra de un material diferente que agilice el proceso pero de un costo mayor, se estaría obteniendo una mejora de eficiencia pero no una mejora económica asociada, ya que los costos asociados estarían aumentando. *(comentario: aunque el costo aumente, podría darse el caso que la mejora igual sea conveniente ya que al reducir los tiempos por bolsa podrían venderse más unidades compensando así el aumento de costos con un aumento de ingresos).*

En este caso se buscarán mejoras mínimas y mejoras ideales. Como mejora mínima, se tomará en consideración aquel cambio que mantenga la eficiencia productiva actual, pero que reduzca los costos de fabricación, o al contrario, que mejore la eficiencia productiva manteniendo los costos de fabricación actuales. Como mejora ideal se considerarán todos los cambios que

mejoren la eficiencia productiva actual (reduzcan los tiempos de producción) y también reduzcan los costos de producción. Idealmente, se busca conseguir que la reducción de Tiempo Standard y costos sea significativa, por lo cual se pondrá un objetivo de mejora ideal de duplicar la cantidad de bolsas por minuto y reducir en al menos 30% los costos de producción.

Una vez establecidos los objetivos de mejora y realizadas las diferentes propuestas para llegar a esa mejora, se estudiarán los flujos de fondo de las inversiones para analizar si dicha inversión es conveniente o no.

d. Análisis de alternativas de mejora

A fin de llegar a los objetivos de mejora propuestos en el inciso anterior, se propondrán 3 opciones de cambios a realizar en el proceso productivo. Cada una de estas opciones buscarán llegar a la mejora ideal o, al menos, a la mejora mínima previamente establecidas. Cada alternativa propuesta tendrá un costo distinto asociado. Las diversas opciones apuntan a resolver los problemas de las PYMES, teniendo en consideración que existen empresas con distintas capacidades financieras, por lo cual quizás una opción sea conveniente desde el punto de vista de una eficiencia productiva, sin embargo, los costos de adquisición de dicha solución podrían ser superiores a la capacidad de financiación que las empresas poseen. Es por eso que, ante esta situación, se buscarán también alternativas que conlleven un menor desembolso de dinero y que acarreen consigo mejoras en la parte productiva.

Alternativa de Mejora 1: Renovación de toda la maquinaria actual

El caso planteado y analizado hasta el momento corresponde a empresas PYMES con un modelo productivo de empaquetado de elementos donde se utilizan maquinarias semi automáticas para el empaquetado, y una línea distinta de pesado y sellado manual. En total, se utilizan 3 operarios (si se posee solo 1 máquina) o 4 operarios si se poseen 2. Vale recalcar que en un caso con 2 máquinas se puede ver que con solo 1 persona más se duplica la producción de bolsas por minuto (siempre y cuando la línea de pesado no se convierta en el cuello de botella).

La primera mejora que se propone es una renovación completa de la maquinaria actual. Reemplazar la tolva de llenado semi automática y la línea de sellado y pesado manual, por una máquina automática que llene, selle y pese el producto, sin necesidad de la asistencia de operarios.

La máquina propuesta como mejora en este caso es una Envasadora Automática Carlini de 2 Balanzas, que se muestra en las figuras 32.a y 32.b



Figura 32.a: Imagen de la maquina "All-in-one".

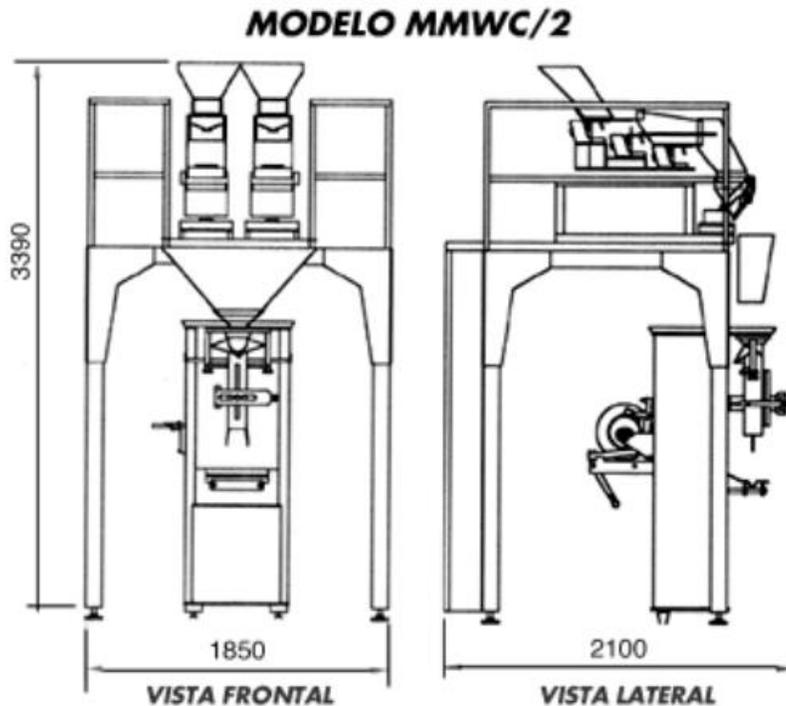


Figura 32.b: Plano de la maquina "All-in-one".

Características técnicas:

- Velocidad de formación 12 a 16 unidades por minuto
- 2 balanzas tipo L lineal
- 2 cortes programables por teclado
- Sincronismo por PLC, con acceso informático por pantalla.,
- Film: Polipropileno (OPP+OPP) y/o laminados diversos desde 30 micrones hasta 100 micrones de espesor
- Motor: 1 Hp - trifásico - 1500rpm - Blindado 100 %
- Operador: 1 (una) persona.
- Ancho envase: Máximo 380 mm - mínimo 30 mm.
- Largo envase: Máximo 1000 mm - mínimo 0.
- Cambio bobina de envase: Máximo 5 minutos.
- Tensión alimentación: 3 x 380 VCA + neutro 50 Hz- a pedido otras tensiones y frecuencias
- Peso neto: 1200 Kg aproximadamente.

La maquinaria envasadora Carlini elegida para este caso es una envasadora para productos no homogéneos. Vale recalcar que hay una gran variedad de envasadoras pensada para distintos productos. En este caso se eligió una envasadora adaptable a cualquier ingrediente (granulares, homogéneos y no homogéneos), sin embargo puede elegirse una envasadora que se adapte aún mejor al producto en cuestión.

La envasadora es un modelo automático all-in-one, ya que confecciona la bolsa, la carga con el ingrediente correspondiente, la sella y la pesa. En este caso posee 2 balanzas para chequeo del peso final.

Esta maquinaria no utiliza bolsas de Polietileno, como en el caso de la máquina semi-automática, sino que se utilizan rollos de Stretch Film. Como bien se mencionó en el inciso 4.a.iii, un paquete 1.000 bolsas de 0,5m x 0,8m de Polietileno cuesta aproximadamente \$8.000 (8\$/bolsa), mientras que un rollo de 2.000m de Stretch Film cuesta \$9.000 (5,62\$/bolsa). Es evidente ante este cambio se logra una reducción del costo por bolsa.

Actualmente se utilizan 3 operarios para una sola tolva: un operario que carga la tolva, otro que carga las bolsas y otro que pesa y sella. Si se modificara la máquina semi-automática por la máquina acá propuesta, se necesitaría solamente 1 operario, reduciendo así un 67% la mano de obra. Cabe aclarar que, pese a ser una maquinaria automática, es necesario del trabajo de 1 operario para configurar la misma y corroborar su funcionamiento. Por ejemplo, si por algún motivo la máquina se llegara a detener (por ejemplo, el rollo de Stretch Film es defectuoso y las bolsas no se arman bien), el operario debe estar atento a dicha detención para solucionar el problema lo antes posible (en el ejemplo dado, la solución sería reemplazar el rollo de film por uno nuevo).

Actualmente, y dado el estudio de tiempos realizado, se obtuvo el dato que el proceso productivo actual tiene un Tiempo Estándar de 18,89segundos por bolsa, lo que equivale a decir que se obtienen 3 bolsas por minuto (31 bolsas en 10minuto). Dado que la maquinaria automática no depende del operario, ya que la función del mismo es solamente controlar el correcto funcionamiento de la herramienta, al momento de calcular el Tiempo Standard no se deben tener en consideración variables como la holgura por necesidades personales, la holgura por trabajo con materiales pesados ni la calificación al operario al momento de tomar la medición. Además, los tiempos de parada por elementos extraños, que generalmente ocurren por temas humanos, se reducen drásticamente. De esta forma, no es equivocado decir que el Tiempo Standard del proceso automatizado será similar a la cantidad de bolsas por minuto que el fabricante de la máquina da como información en la hoja de características técnicas de la misma. Así, para este caso puntual, se ve como en el método actual semi-automático se consiguen 3 bolsas por minuto, mientras que, tomando el valor más pesimista de los datos del fabricante, se consigue un Tiempo Standard de 12 bolsas por minuto. Esto significa aumentar la productividad un 300%.

Como punto negativo vale decir que no conocemos el Tiempo de Setup de la máquina, dado que no ese dato va a depender de las configuraciones que se deseen realizar. Sin embargo, el mayor tiempo de setup en el caso actual se da por conteo de bolsas, un proceso que en el caso de la maquinaria automática no existe y se ve reemplazado simplemente por colocar el rollo de Stretch Film en la maquinaria y configurar el tamaño de bolsa deseado utilizando el panel que la misma trae. Considerando que el resto de los procesos no cambia (picking, descarga de ingredientes en la tolva, configuración de balanza), se concluye que el tiempo de setup será, cuando menos, igual al tiempo de setup actual.

Con toda esta información se concluye que al cambiar la línea de proceso actual (maquina semi-automática junto con la línea de pesado y sellado), por una maquinaria automática integral, se logran reducir los costos de las bolsas en un 90%, la mano de obra necesaria en un 67%, y se aumenta la productividad en un 300%.

En conclusión, realizando los cambios pertinentes, no solo se logra la mejora ideal de duplicar la producción y reducir los costos en al menos 30%, sino que dichos valores se superan con creces.

Alternativa de Mejora 2: Renovación parcial de la maquinaria actual

El caso modelo planteado actualmente está compuesto, como se detalló en incisos anteriores, por 4 Operarios de los cuales uno es el encargado de llenar la tolva, que lleva el producto a las dos máquinas semiautomáticas operadas cada una por un Operario, y luego estos dejan las bolsas sin cerrar sobre una cinta transportadora donde el cuarto Operario se encarga de hacer el pesaje y sellado manualmente.

En esta segunda propuesta de mejora se presenta una renovación parcial de la maquinaria actual, que requiere una menor inversión inicial que la primera propuesta planteada, y que conlleva ciertos incrementos en los indicadores, que se detallarán a continuación. Esta opción de mejora consiste en la automatización de la parte más manual del proceso; el sellado y pesado de las bolsas.

La cinta transportadora, selladora y balanza digital detalladas en el inciso 4)a.ii se pueden reemplazar por una selladora continua vertical, alineada con una cinta transportadora de pesaje, automatizando así el proceso y eliminando así la necesidad de un cuarto operario. Las máquinas propuestas en esta mejora son las siguientes:

1) Selladora de bolsas contínua vertical, del distribuidor “Eldan Electrónica”, con un costo de \$140000



Figura 33: Imagen de modelo de selladora contínua

Características Técnicas:

- Alimentación: 220V
- Potencia: 750W
- Velocidad de sellado 10m/min
- Ancho de sellado: 6-15mm
- Fechador con método de impresión por relieve, imprime hasta 35 letras.
- Rango de temperatura: 0-300 C
- Estructura compacta: dimensiones 86x40x44cm
- Posee controlador de temperatura automático y regulador de velocidad
- Ideal para envasado de productos alimenticios, médicos, y todo tipo de elementos sólidos, líquidos y en polvo.

Las selladoras continuas permiten un veloz cerrado de las bolsas con productos. Estas pueden colocarse una atrás de otra, reduciendo el tiempo de otros tipos de selladoras y automatizando el proceso.

2) Cinta transportadora con control de pesaje, con un costo de \$180000



Figura 34: Imagen de modelo cinta transportadora con controlador de peso.

Características técnicas:

- Regulador de velocidad
- Balanza incorporada y tablero para control de pesaje automático.
- Largo total: 3m
- Ancho útil: 0,4m
- Motor trifásico 1500rpm, 1,5HP
- Altura regulable
- Transporte de bolsas hasta 50kg

Esta cinta de pesaje es ideal para el transporte de bolsas llenas, el pesaje de las mismas y control del peso. Se debe configurar el rango de peso apropiado y cuando se encuentre con uno fuera de rango se activa una señal sonora para avisar al operador.

Con la incorporación de estas dos máquinas, el Operario que trabaja con la envasadora, una vez que saca la bolsa de esta la dispone en la selladora automática y luego la cinta de la selladora deposita la bolsa en la nueva cinta transportadora con su respectiva balanza y controlador de peso. De esta forma,

se elimina la necesidad de un cuarto operario que haga el sellado y el pesaje, reduciendo así en un 25% los costos de mano de obra. Es importante aclarar si bien las máquinas nuevas requieren un setup, esto puede ser llevado a cabo por el primer operario que deposita el material en la tolva inicial.

La contraparte de esta máquina nueva es que al incorporar máquinas más automáticas se incluye un nuevo tiempo de setup, ya que deben configurarse la temperatura de sellado y velocidad de sellado, y el pesaje aprobado de control. De todas formas, al tratarse de máquinas que no revisten gran complejidad, se estima que el tiempo de setup adicionado no es representativo.

Con esta segunda propuesta de mejora diseñada para quien no pueda hacer un gran desembolso de dinero, se estima obtener una mejora del tiempo estándar de producción, es decir del rendimiento, y una reducción de costos de mano de obra de un 25%.

Alternativa de Mejora 3: Mejora de procesos y sostenimiento

Para el caso de una organización que tenga una capacidad mínima o prácticamente nula de hacer una inversión en maquinaria nueva, se plantea una tercera oportunidad de mejora, enfocada a la mejora y estandarización de procesos. En esta alternativa se propone que la inversión sea en capacitación y no en maquinaria, y es un paso fundamental para mejorar el orden, que luego lleva a la eficiencia de una empresa.

Si se toma en cuenta la situación inicial planteada, donde la PYME modelo no cuenta con procesos documentados estandarizados, mediciones de tiempos de proceso e información sobre indicadores de producción, se pueden aplicar distintos conceptos y metodologías que llevan a una mejora de eficiencia.

Una de las primeras metodologías a integrar es la de las 5S. Esta, está asociada al modelo japonés de Lean Manufacturing, y abarca 5 disciplinas (5 S en japonés) a desarrollar con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral. A través de un entorno de trabajo ordenado y limpio, se crean condiciones de seguridad, de motivación y eficiencia. También se logra eliminar los despilfarros o desperdicios de la organización. Los principios de la metodología, es decir las 5 S, son las siguientes:

1. Seleccionar (Seiri)
2. Ordenar (Seiton)
3. Limpiar (Seiso)

4. Estandarizar (Seiketsu)
5. Mantener (Shitsuke)



Figura 35: Esquema 5S

1. Selección (Seiri): Selección, clasificar u organizar consiste en identificar la naturaleza de cada elemento en el área de trabajo, separar lo que realmente sirve de lo que no, identificar lo necesario e innecesario. Esto es válido tanto para herramientas como equipos o incluso información. De esta actividad surgen beneficios tales como la obtención de un espacio adicional que antes estaba ocupado por material que no se utilizaba, eliminar despilfarros, reducir los movimientos innecesarios y el exceso de tiempo en inventarios, por ejemplo.

2. Ordenar (Seiton): Consiste en disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se identificó en el paso 1 como necesario. Para ello, se debe tener sitios debidamente identificados para ubicar los elementos que se utilizan con poca y alta frecuencia. Es muy útil hacer una tabla para clasificar cuáles son los elementos de baja frecuencia de uso y cuáles de alta frecuencia para así identificar el grado de utilidad de un objeto y disponerlo de forma que se reduzcan los movimientos innecesarios. También es recomendable utilizar la identificación

visual, de manera que una persona ajena al área pueda realizar una correcta disposición. Las herramientas a utilizar pueden ser códigos de color, señales u hojas de verificación. Es importante que de cada elemento que se haya clasificado se sepa qué cantidad hay. Las ventajas de ordenar abarcan la reducción de tiempos de búsquedas y de cambio así como una disminución del espacio que se ocupa e interrupciones en el proceso.

3. Limpiar (Seiso): Este punto consiste en integrar la limpieza como parte del trabajo, y asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento y rutinaria. Esto hace que se evite la diferencia entre el operario de proceso y el operario de limpieza, así como elimina las fuentes de contaminación. Se pueden usar hojas de verificación de limpieza en cada estación de trabajo para poder llevar un correcto seguimiento de la misma. Mantener un lugar de trabajo limpio aumenta la motivación de los trabajadores, así como la vida útil de los equipos y herramientas. También con la limpieza aumenta la calidad de los procesos y la percepción que el cliente tiene acerca de los productos y procesos.

4. Estandarizar (Seiketsu): La estandarización consiste en mantener el grado de orden y limpieza que se alcanzó en las primeras 3 S a través de la señalización, manuales, procedimientos y normas de apoyo. Es importante utilizar evidencia visual de cómo se deben mantener las áreas de trabajo, los equipos y herramientas. Las herramientas a utilizar pueden ser planillas, flujogramas de procedimientos, tableros, entre otras.

5. Mantener (Shitsuke): La última disciplina es fundamental para hacer visible los resultados de la metodología y promover el hábito del resto de las disciplinas. Consiste en establecer una cultura de respeto por los estándares establecidos y logros alcanzados en cuanto a organización y limpieza y en enseñar con el ejemplo. Para poner en práctica este último principio se puede hacer nuevamente una hoja de verificación de 5S o una ronda de las 5S.

Una correcta aplicación de esta metodología crea el hábito de la organización, el orden y la limpieza a través de la formación continua y la ejecución disciplinada de las normas.

Otro punto fundamental es la correcta aplicación de los sistemas de medición que, como se explicó a lo largo de este trabajo, se asume que una pyme modelo no cuenta con una medición de tiempos, estándar o de ritmo. Es muy importante saber estos tiempos para poder hacer una buena gestión de la producción, por esto es fundamental que el trabajador sea capacitado en cómo hacer las mediciones y los cálculos de tiempo. En la sección 4: Definiciones, se puede encontrar el detalle de las definiciones de Tiempo Estándar, Takt Tim, el estudio de tiempos y las metodologías recomendadas por la Organización Internacional del Trabajo para cronometrar tiempos. Adicionalmente, en la sección 6 se profundizó en el desarrollo de un estudio de tiempos para calcular el tiempo estándar.

En conclusión, en esta tercera oportunidad de mejora se propone al responsable de la empresa capacitar a los trabajadores en mediciones de trabajo, y metodologías de la Manufactura Lean como las 5S para poder mejorar la gestión y organización de la producción, y corroborar que un

ambiente de organización y estandarización lleva a la una mejora de eficiencia productiva. Se toma esto como un primer paso de un cambio cultural de la empresa que lleva a una mejora en la calidad tanto del producto como del proceso. Para desarrollar una cultura de calidad en la empresa se debe tener hábitos sostenibles que proporcionen una plataforma para un cambio a largo plazo. La calidad es trabajo de todos, y el cambio solo es posible cuando participan todos los niveles de la compañía.

e. Estudio Económico y Financiero del Proyecto

Ya se demostraron las mejoras productivas que se pueden obtener realizando cada una de las 3 modificaciones propuestas. A continuación se estudiarán los impactos económicos de dichas mejoras.

Para poder aceptar o rechazar la premisa del cambio de maquinaria, se compararán las mejoras con la situación actual.

A saber, las bolsas que se utilizan actualmente son de dimensiones 0,5m x 0,8m.

Situación Actual – Bolsas de polipropileno separadas

Cantidad de Operarios	4
Sueldo medio por operario	\$45.000 por mes // \$585.000 por año
Insumo utilizado	Bolsas de Polipropileno
Cantidad de bolsas por paquete	1.000 bolsas
Costo del paquete	\$8.000
Costo de mantenimiento de la maquinaria	\$30.000 por año
Costo por bolsa	\$8/bolsa

Alternativa de mejora #1 – Reemplazo de Operarios y Maquinaria por una Máquina Automática

Cantidad de Operarios	1
Sueldo medio por operario	\$45.000 por mes // \$585.000 por año
Insumo utilizado	Bolsas de Stretch Film
Ancho del rollo	1m*
Longitud del rollo	2.000m
Precio del rollo	\$9.000
Cantidad de bolsas a armar por rollo	1.600 bolsas
Costo por bolsa	\$5,62/bolsa
Costo de maquinaria nueva	\$2.200.000
Costo de instalación	\$300.000
Costo de mantenimiento	Garantía de 3 años – luego se estipula \$30.000 al año
Financiación	Préstamo Banco Nación a 5 años. Tasa 40% anual. Capitalización mensual. Sistema francés
Reventa maquinaria actual	La máquina actual está totalmente amortizada y posee un valor de rezago de \$200.000

*la bolsa se arma doblando el rollo a la mitad, por lo tanto con un rollo de 1m se obtienen bolsas de 0,5m

Alternativa #2 – Renovación parcial de maquinaria

Cantidad de Operarios	3
Sueldo medio por operario	\$45.000 por mes // \$585.000 por año
Insumo utilizado	Bolsas de Polipropileno
Cantidad de bolsas por paquete	1.000 bolsas
Costo del paquete	\$8.000
Costo de mantenimiento de la maquinaria	\$30.000 por año
Costo por bolsa	\$8/bolsa
Costo Selladora	\$140.000
Costo cinta con balanza	\$180.000
Mantenimiento maquinaria actual	\$30.000 por año
Mantenimiento maquinaria nueva	Garantía de 3 años – Luego se estipula \$10.000 al año
Instalación de maquinaria nueva	\$25.000
Financiación	Préstamo Banco Nación a 1 año. Tasa 40% anual. Capitalización mensual. Sistema francés

Adicionalmente, se consideran los siguientes datos

Sueldo Mensual Promedio de Operario	\$ 45.000
Cantidad de Sueldos por Operario (Anual)	13
Producción Anual Promedio	250.000 bolsas
Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA)	30%
Costos por Mermas	La variación de costo por merma se considera despreciable
Período de Estudio	5 años

Análisis de Alternativas – Método de Comparación

El método a utilizar con el fin de comparar la conveniencia de las diferentes alternativas en un período de 5 años (considerando los datos y las suposiciones del inciso anterior) será la comparación de CAE (Costo Anual Equivalente).

Para obtener el costo anual equivalente de cada alternativa, se desarrollará un flujo de fondos para cada una de ellas, para luego poder obtener el VAN.

Calculando el VAN como:

$$\text{Valor Actual Neto (VAN)} = \sum \frac{FF_j}{(1+i)^j}$$

Siendo i el TREMA, y j la cantidad de períodos que estamos considerando (en este caso $i = 0,3$ y $j = 5$).

Obteniendo el factor de anualidad:

$$F_a = \frac{(1+i)^j - 1}{(1+i)^j \cdot i}$$

Podremos llegar a calcular el CAE para cada alternativa:

$$CAE = \frac{VAN}{F_a}$$

Finalmente se compararán los CAE para cada alternativa y convendrá elegir aquella opción que tenga menor Costo Anual.

Por último, se calcularán las cuotas para el financiamiento de la maquinaria. Se utilizarán funciones de Excel para realizar el cálculo de una forma más ágil:

Financiación para la Alternativa #1

Préstamo \$2.200.000		
capitalizacion mensual	sistema frances	
\$ 2.200.000	-	Capital
40%	Anual	Tasa de interés
3,33%	Mensual	Tasa de interés
5	años	plazo
60	mensual	cantidad de cuotas
\$ 85.253	mensual	valor de la cuota
\$ 1.023.036	anual	valor de la cuota

Financiación para la Alternativa #2

Préstamo \$320.000		
capitalización mensual	sistema frances	
\$ 320.000	-	Capital
40%	Anual	Tasa de interés
3,33%	Mensual	Tasa de interés
1	año	plazo
12	mensual	cantidad de cuotas
\$ 32.790	mensual	valor de la cuota
\$ 393.480	anual	valor de la cuota

Una vez obtenido el valor de la cuota, se arman los flujos de fondos para cada alternativa:

Análisis de Alternativas – Comparación de Alternativas

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mantenimiento	\$ 0	-\$ 30.000	-\$ 30.000	-\$ 30.000	-\$ 30.000	-\$ 30.000
Insumos de prod.	-	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000
Mano de Obra	-	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000
Flujo de Fondos	\$ 0	-\$ 4.370.000	-\$ 4.370.000	-\$ 4.370.000	-\$ 4.370.000	-\$ 4.370.000
TREMA	30%	30%	30%	30%	30%	30%
FF / (1+i)^n	\$ 0	-\$ 3.361.538	-\$ 2.585.799	-\$ 1.989.076	-\$ 1.530.058	-\$ 1.176.968
VAN	-\$ 10.643.440					
Factor	2,44					
CAE	-\$ 4.362.065					

Figura 36.a: CAE en la situación actual

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Prestamo	\$ 2.200.000	-	-	-	-	-
Cuotas	-	-\$ 1.023.036	-\$ 1.023.036	-\$ 1.023.036	-\$ 1.023.036	-\$ 1.023.036
Instalación	-\$ 300.000	-	-	-	-	-
Vta Maq Actual	\$ 200.000	-	-	-	-	-
Mantenimiento	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	-\$ 30.000	-\$ 30.000
Insumos de prod.	-	-\$ 1.406.250	-\$ 1.406.250	-\$ 1.406.250	-\$ 1.406.250	-\$ 1.406.250
Mano de Obra	-	-\$ 585.000	-\$ 585.000	-\$ 585.000	-\$ 585.000	-\$ 585.000
Flujo de Fondos	\$ 2.100.000	-\$ 3.014.286	-\$ 3.014.286	-\$ 3.014.286	-\$ 3.044.286	-\$ 3.044.286
TREMA	30%	30%	30%	30%	30%	30%
FF / (1+i)^n	\$ 2.100.000	-\$ 2.318.682	-\$ 1.783.601	-\$ 1.372.001	-\$ 1.065.889	-\$ 819.915
VAN	-\$ 5.260.088					
Factor	2,44					
CAE	-\$ 2.155.774					

Figura 36.b: CAE de la Alternativa #1

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Prestamo	\$ 320.000	-	-	-	-	-
Cuotas	-	-\$ 393.480	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Instalación	-\$ 25.000	-	-	-	-	-
Vta Maq Actual	\$ 0	-	-	-	-	-
Mantenimiento	\$ 0	-\$ 30.000	-\$ 30.000	-\$ 40.000	-\$ 40.000	-\$ 40.000
Insumos de prod.	-	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000
Mano de Obra (x3)	-	-\$ 1.755.000	-\$ 1.755.000	-\$ 1.755.000	-\$ 1.755.000	-\$ 1.755.000
Flujo de Fondos	\$ 295.000	-\$ 4.178.480	-\$ 3.785.000	-\$ 3.795.000	-\$ 3.795.000	-\$ 3.795.000
TREMA	30%	30%	30%	30%	30%	30%
VAN	\$ 295.000	-\$ 3.214.215	-\$ 2.239.645	-\$ 1.727.355	-\$ 1.328.735	-\$ 1.022.104
VAN	-\$ 9.237.055					
Factor	2,44					
CAE	-\$ 3.785.678					

Figura 36.c: CAE de la Alternativa #2

A raíz de los cálculos mostrados en las tablas anteriores, puede apreciarse que la mejor alternativa de inversión resulta ser la compra de una maquinaria automática (Mejora #1). Como se visualiza, la reducción anual de mano de obra e insumos hacen que esta inversión sea la más conveniente en el largo plazo, reduciendo el Costo anual equivalente en \$2.200.000.

Esto sucede en parte gracias a que se reduce la mano de obra, pero, ¿qué sucedería si se mantuviera el costo de mano de obra?

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Prestamo	\$ 2.200.000	-	-	-	-	-
Cuotas	-	-\$ 1.023.036	-\$ 1.023.036	-\$ 1.023.036	-\$ 1.023.036	-\$ 1.023.036
Instalación	-\$ 300.000	-	-	-	-	-
Vta Maq Actual	\$ 200.000	-	-	-	-	-
Mantenimiento	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	-\$ 30.000	-\$ 30.000
Insumos de prod.	-	-\$ 1.406.250	-\$ 1.406.250	-\$ 1.406.250	-\$ 1.406.250	-\$ 1.406.250
Mano de Obra	-	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000
Flujo de Fondos	\$ 2.100.000	-\$ 4.769.286	-\$ 4.769.286	-\$ 4.769.286	-\$ 4.799.286	-\$ 4.799.286
TREMA	30%	30%	30%	30%	30%	30%
FF / (1+i)^n	\$ 2.100.000	-\$ 3.668.682	-\$ 2.822.063	-\$ 2.170.817	-\$ 1.680.363	-\$ 1.292.587
VAN	-\$ 9.534.512					
Factor	2,44					
CAE	-\$ 3.907.587					

Figura 36.d: CAE de la Alternativa #1 manteniendo la mano de obra

Como se ve en el flujo de fondos, si la mano de obra se mantuviera, la empresa igualmente reduciría costos gracias a la reducción del costo de los insumos. Así, el CAE se ve reducido en \$454.000.

Si no se dispone de la capacidad de financiación propuesta en la alternativa anterior, la empresa podría optar por la opción de segundo menor Costo anual, la Mejora #2. Si se hace una inversión de \$320.000 para comprar maquinaria que reemplace el trabajo de 1 operario, pueden reducirse los costos de mano de obra, llegando a reducir el CAE en \$576.000.

Como se aclaró antes, esta alternativa tiene asociada la reducción de la cantidad de operarios. Si no se deseara reducir la cantidad de operarios, el flujo de fondos sería:

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Prestamo	\$ 320.000	-	-	-	-	-
Cuotas	-	-\$ 393.480	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Instalación	-\$ 25.000	-	-	-	-	-
Vta Maq Actual	\$ 0	-	-	-	-	-
Mantenimiento	\$ 0	-\$ 30.000	-\$ 30.000	-\$ 40.000	-\$ 40.000	-\$ 40.000
Insumos de prod.	-	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000	-\$ 2.000.000
Mano de Obra (x3)	-	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000	-\$ 2.340.000
Flujo de Fondos	\$ 295.000	-\$ 4.763.480	-\$ 4.370.000	-\$ 4.380.000	-\$ 4.380.000	-\$ 4.380.000
TREMA	30%	30%	30%	30%	30%	30%
VAN	\$ 295.000	-\$ 3.664.215	-\$ 2.585.799	-\$ 1.993.628	-\$ 1.533.560	-\$ 1.179.661
VAN	-\$ 10.661.863					
Factor	2,44					
CAE	-\$ 4.369.616					

Figura 36.e: CAE de la Alternativa #2 manteniendo la mano de obra

Como se observa, el CAE empeora en \$7.500. Igualmente, esto puede verse como un ahorro a futuro: Si se necesitara contratar un operario más, simplemente bastaría con hacer la inversión en maquinaria para así liberar a un operario actual y que ocupe el lugar del operario que se necesita.

Por último, no se hará un flujo de fondos de la Mejora #3, dado que la misma implica capacitaciones y sostenimiento, por lo tanto, las mejoras que se obtienen no son apreciables a simple vista y repercuten de forma distinta en cada caso. Por ejemplo, quizás la capacitación de operarios no tenga impacto en una dada industria, pero si puede impactar en otra industria generando ahorros por roturas o mala manipulación de equipos.

V. Conclusión

La realidad económica Argentina plantea un duro escenario para la industria nacional. Las PYMES son una fuente de trabajo para la población y una fuente de ingresos de divisas para el Estado. La situación actual no es sostenible en el largo plazo, por lo tanto, si se desea perdurar en el tiempo, las industrias deben evolucionar.

Se debe dejar de lado la visión cortoplacista de “emparchar” los problemas. Los parches solamente llevan a acumular dificultades en el futuro, si es que esa industria sobrevive para que dicho futuro llegue. Es necesario tener una visión a largo plazo y acompañarla con decisiones empresariales acordes. No obstante, este nuevo paradigma debe ir de la mano con decisiones políticas y gremiales que lo sustenten. Si la industria nacional es un pilar dentro de la estabilidad social del país, entonces deben desarrollarse políticas económicas que apoyen el crecimiento de la misma. También, los gremios deben evolucionar en su pensamiento y no temerle al desarrollo y la automatización. En el siglo XXI no es viable que una industria crezca a base de trabajos manuales o semi-automáticos. Y una industria que no crece implica un nuevo puesto laboral que no se crea.

En conclusión, por estos motivos es que se decidió realizar este trabajo. Primero, para dejar en claro la importancia de la industria nacional y cuán fundamental es un estado que acompañe el desarrollo de la misma. Y segundo, para ayudar a los empresarios a romper el paradigma actual y encaminar esa visión a futuro, demostrando, con datos fehacientes, que una inversión grande hoy puede desembocar en un salto productivo con enormes ahorros de dinero en el futuro.

Bibliografía

- (1) Sergio Danese (2017), Nota Diario Jornada, https://diariojornada.com.ar/188639/econom%C3%ADa/las_pymes_representan_el_47_de_la_economia_argentina
- (2) (2020), Nota Infobae - sección Economía, <https://www.infobae.com/economia/2020/01/07/presion-impositiva-una-pyme-argentina-que-paga-todos-sus-impuestos-en-tiempo-y-forma-deja-de-ser-rentable/>
- (3) Ministerio de Producción (2020), Informe PyMEs registradas, <https://www.produccion.gob.ar/pymesregistradas/>
- (4) PWC (2019), Publicación sobre expectativas PyMEs, <https://www.pwc.com.ar/es/publicaciones/assets/expectativas-pymes-2019.pdf>
- (5) Paula Urien (2018), Nota diario La Nación PYMES, <https://www.lanacion.com.ar/economia/empleos/el-50-de-los-empresarios-de-las-pymes-tiene-masde-60-anos-nid2151143>
- (6) (2019), Nota diario El Economista, <https://www.eleconomista.com.ar/2019-10-por-que-cierran-las-pymes-no-es-solo-por-las-crisis/>
- (7) PWC (2019), Expectativas PyMES, <https://www.pwc.com.ar/es/publicaciones/pymes-en-argentina-expectativas.html>
- (8) Jonatan Loidi (2019), Nota diario Perfil, <https://www.perfil.com/noticias/columnistas/problemas-internos-y-externos-de-las-pymes.phtml>
- (9) Federico Cuomo (2020), Nota diario Infobae, <https://www.infobae.com/opinion/2019/10/04/las-pymes-en-su-peor-momento-el-numero-de-cierres-ya-se-acerca-a-100-por-dia/>
- (10) Daniel Sticco (2018), Nota diario Infobae, <https://www.infobae.com/economia/2016/10/18/cuales-son-los-10-beneficios-de-la-nueva-ley-pyme/>
- (11) Carlos Boyadjian (2019), Nota diario Cronista, <https://www.cronista.com/pyme/negocios/Los-10-factores-que-marcaran-la-agenda-de-las-pymes-durante-2019-20190220-0002.html>

(12) Niebel y Frei (2005), *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y mediciones*, Capítulo 16: Seguimiento y uso de estándares

(13) Suñé y Gil (2004), *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*

(14) Organización Internacional del Trabajo (1996), *Introducción al Estudio del Trabajo*

(15) Organización Internacional del Trabajo (1996), *Introducción al Estudio del Trabajo*, descripción de “Trabajador Calificado”.

(16) ENRE (2020), https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios