



Instituto Tecnológico de San Juan del Río

**INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**SIMULACIÓN DE SMED EN LA INYECCIÓN DE
PLÁSTICO PARA EL SECTOR AUTOMOTRIZ**

INDUSTRIAL CORONA DE MÉXICO S. A DE C.V.

PRESENTA:

**CARLOS BAUTISTA ARELLANO
INGENIERÍA INDUSTRIAL
13590460**

JOSÉ GUSTAVO PACHECO CHÁVEZ

PERIODO AGOSTO - DICIEMBRE 2017



I.- Agradecimientos

A lo largo de mi vida y durante la realización de este proyecto he recibido el apoyo incondicional de mis padres, hermanos y pareja, los cuales me han motivado a alcanzar este punto en mi carrera profesional y sin ellos podría no haber estado aquí. Al personal operativo y productivo de la empresa Industrial Corona de México que siempre han mantenido sus puertas abiertas para mejorar mi experiencia como residente y me han permitido aprender los requerimientos de la industria y me han ofrecido las herramientas necesarias para la redacción de este trabajo, en especial al área de ingeniería, José Gustavo Pacheco Chávez y Diana Gregorio Ontiveros los cuales han permanecido firmes a su compromiso con mi desarrollo profesional.

A mis compañeros y amigos que durante mi estancia en la carrera de ingeniería acompañaron mis logros académicos y personales, me enseñaron una nueva perspectiva del mundo y me han hecho de esta la mejor etapa de mi vida, los años podrán llevarnos en caminos diferentes pero el tiempo que he compartido a su lado es invaluable.

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han trabajado toda mi vida por mi realización académica y personal, los cuales me han demostrado su amor sin importar cualquier circunstancia. Les debo más que la vida, y por quienes cada día trabajo para ser un mejor hombre y ser humano.

II.- Resumen / Resume

The SMED methodology consists of reducing tool change times to avoid machine shutdowns, increase productivity and the flexibility of companies to produce more classes of products, this work simulates a full application of this methodology within the limitations that the high occupation of the machines by which a method of simulation applicable to the process that offers an acceptable and similar solution to reality is explored. With a goal of improving time by at least 30%, the project focuses on improving the procedures used in the activities and simulated with real-time experimentation, which generates difficulties in work intervals, the availability of machinery, and the limitations that the current system provides, but without a doubt it is the method that best fits the needs of the project. As a result, we obtain a significant improvement of 36% and a cost reduction of more than \$ 47,000 per year, with a practically zero investment.

La metodología SMED consiste en reducir los tiempos de cambio de herramental para evitar paros de máquina, subir la productividad y la flexibilidad de las empresas a producir más clases de productos, este trabajo simula una plena aplicación de esta metodología dentro de las limitaciones que la alta ocupación de las maquinas por lo cual se explora un método de simulación aplicable al proceso que ofrezca una solución aceptable y semejante con la realidad. Teniendo un objetivo de mejorar el tiempo por lo menos un 30%, se enfocan el proyecto en mejorar los procedimientos usados en las actividades y se simulan con la experimentación en tiempo real, lo cual genera dificultades de intervalos de trabajo, la disponibilidad de la maquinaria, y las limitaciones que el sistema actual proporciona, pero sin duda es el método que más se ajusta a las necesidades del proyecto. Como resultado, se

obtiene una mejora significativa del 36% y una reducción de costos de más de \$47,000 dólares anuales, con una inversión prácticamente nula.

Contenido:

I.- Agradecimientos	3
II.- Resumen / Resume	4
III.- Introducción	14
IV.- Antecedentes	15
IV.I.- Información de la empresa	16
IV.I.I.- Misión:	17
IV.I.II.- Visión:	17
IV.I.IV. - Localización:.....	18
IV.I.V.- Características de las plantas	19
IV.I.VI.- Servicios de apoyo	20
IV.I.VII.- Muestras de productos	21
IV.I.VIII.- Clientes planta San Juan del Río	22
V.- Problemas por resolver	24
VI.- Objetivos:	29
VI.I.- Objetivo General:.....	29
VI.II.- Objetivos Específicos:	29
VII.- Justificación	30
VIII.- Hipótesis.....	36

VIII.I.- Hipótesis nula (H0).....	36
VIII.II.- Hipótesis alternativa (H1)	36
VIII.III.- Variables de la hipótesis	36
VIII.III.I.- Variables independientes:	36
VIII.III.II.- Variables dependientes:	37
IX.- Marco Teórico.....	37
X.- Antecedentes de la investigación:	41
XI.- Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	42
XI.I.- Cronograma	42
XI.II.- Descripción de las actividades:	44
XI.II.I.- Actividades generales de Ingeniería:	44
XI.II.II.- Actividades específicas del proyecto:	44
XII.- Aplicación de la metodología SMED:.....	46
XII.I.- Primera etapa:	46
XII.II.- Segunda etapa	52
XII.III.- Simulación de proceso:.....	53
XII.IV.- Tercera etapa:.....	56
XII.V.- Cuarta etapa:	61
XIII.- Resultados:	62

XIV.- Conclusiones y recomendaciones al equipo de trabajo.....	64
XV.- Competencias desarrolladas.	65
XVI.- Anexos	67
XVII.- Lista de referencias:	72

Lista de tablas:

Tabla 1 Datos técnicos de máquinas de inyección	19
Tabla 2 Tiempo muerto por proceso (Hrs.)	27
Tabla 3 Diagrama de Pareto	28
Tabla 4 Tabla de orientación para clasificación de moldes.....	30
Tabla 5 Moldes contados por clasificación	31
Tabla 6 Control de cambios de molde por máquina - 2016.....	31
Tabla 7 Resumen de cambios de molde en minutos - 2016	32
Tabla 8 Control de cambios de molde por máquina - 2017.....	32
Tabla 9 Resumen de cambios de molde por minutos - 2017.....	33
Tabla 10 Análisis de costo anual por cambio de moldes - 2016	34
Tabla 11 Análisis de costo anual por cambio de moldes - 2017	35
Tabla 12 Cronograma / Diagrama de Gantt.....	43
Tabla 13 Registro de tiempo maquina ICMINY09	50
Tabla 14 Clasificación actividades internas y externas del proceso.....	52
Tabla 15 Tiempo de las partes del proceso de montaje de moldes.....	53
Tabla 16 Tabla comparativa de tipos de simulación	54
Tabla 17 Clasificación actividades internas y externas del proceso propuesto	57
Tabla 18 Comparativa tiempo interno inicial y final.....	62

Tabla 19 Análisis económico de la aplicación de proyecto 63

Lista de ilustraciones:

Ilustración 1 Producción de plástico mundial (TONS)	15
Ilustración 2 Mapa de la ubicación planta San Juan del Río	18
Ilustración 3 Fachada Planta San Juan del Río.....	18
Ilustración 4 Maquinas Nissei, TOYO, BOY, ARBURG y ENGEL en ICM San Juan del Río	20
Ilustración 5 Muestra de piezas inyectadas en planta San Juan del Río.....	21
Ilustración 6 Logotipo de los clientes de la Planta San Juan del Río	22
Ilustración 7 Integración por número de parte 2013 – 2016.....	23
Ilustración 8 Integración de moldes 2013 – 2016.....	23
Ilustración 9 Adquisiciones anuales de máquinas de inyección.....	24
Ilustración 10 Porcentaje de ocupación total - tercer trimestre 2017	25
Ilustración 11 Porcentaje de ocupación total – final de 2016.....	25
Ilustración 12 Diagrama de OEE de clase mundial.....	26
Ilustración 13 Diagrama Causa-Efecto.....	28
Ilustración 14 Cambios de molde por clasificación 2016-2017	33
Ilustración 15 Representación gráfica de las etapas del SMED	41
Ilustración 17 Evidencia de ajustes a grúa viajera.....	46
Ilustración 16 Evidencia de ajustes a grúa viajera.....	46

Ilustración 18 Evidencia de ajustes a grúa viajera.....	47
Ilustración 19 Evidencia de ajustes a grúa viajera.....	47
Ilustración 20 Gantt Project - Registro de datos diagrama de Gantt	51
Ilustración 21 Tipos de simulación.....	53
Ilustración 23 Traslado de molde a almacén	58
Ilustración 22 Almacén de moldes	58
Ilustración 26 Propuesta de área de trabajo simulada (Al final de la producción).....	59
Ilustración 25 Área de trabajo limpia y preparada	59
Ilustración 24 Estructura de zona trabajo estándar.....	59
Ilustración 27 Propuesta de área de trabajo simulada (Al final de la producción).....	59
Ilustración 28 Realización de trabajo en área de trabajo propuesta.	59
Ilustración 30 Limpieza interna de molde	60
Ilustración 29 Área de trabajo en taller mecánico preparada para trabajo en molde.....	60
Ilustración 31 Limpieza externa de molde	60

Lista de anexos:

Anexo 1 Procedimiento de montaje de moldes 67

Anexo 2 Procedimiento de purgado de maquina..... 68

Anexo 3 Formato de registro de actividades 69

Anexo 4 Formato de toma de tiempos..... 70

Anexo 5 Formato de registro de parámetros de inyección 71

III.- Introducción

Debido al constante crecimiento de la industria del plástico en el mundo, las empresas se ven cada vez más presionadas a reducir los tiempos muertos para lograr ser competitivos en un mercado que provee de productos a diversas industrias como la automotriz, aeronáutica, electrodomésticos, farmacéutica entre otras, para cumplir la necesidad de proveer una gran gama de productos requiere de ajustes de herramental precisos y rápidos; Este proyecto nace del efecto que provoca el constante aumento en la demanda de productos sobre la ocupación total instalada, y la exigencia de reducir los tiempos de cambio de molde por la empresa Industrial Corona de México S.A. de C.V. los cuales representan anualmente como tiempo muerto un equivalente a más de \$59,973.24 dólares, aplicando la metodología SMED con una simulación en el proceso, se evita aumentar los costos de realización del proyecto y se prevé de los errores que un modelo matemático tan volátil (Debido a la complejidad del proceso) es capaz de producir.

La primera parte de este trabajo conduce por los antecedentes que dan pie a este proyecto analizando la industria global de los plásticos y el historial de crecimiento de Industrial Corona, detallando su modelo de trabajo, así como de su posición en el mercado, la segunda parte del proyecto enfoca su atención en la problemática específica a solucionar, los objetivos que pueden formularse y la justificación económica y tecnológica de la aplicación del proyecto. El marco teórico precede al núcleo de esta obra, en el cual se estudia la historia de la metodología y las etapas para una exitosa aplicación, siendo esta la parte central del proyecto, al detallar las etapas de la metodología empleadas en la realidad, las propuestas de los cambios necesarios para cumplir el objetivo del proyecto. Pasando así a los resultados

obtenidos, a la conclusión del proyecto y las recomendaciones al equipo involucrado de manera que se mantenga el trabajo realizado en los meses de aplicación de la metodología SMED.

IV.- Antecedentes

La producción del plástico obtuvo un auge después de la revolución industrial, gracias al término de la segunda guerra mundial, época en la cual el costo de la industria del metal aumento aceleradamente, el crecimiento de la calidad del plástico fue mayormente debido al incremento de su fabricación a mediados del siglo XX. Su alta flexibilidad de procesos de procesamiento y usos lo ha hecho mantener un constante incremento en su producción, un ejemplo es el año 2012, año en el cual tuvo su índice de crecimiento más bajo registrado con un 2.86% fue mayor que el crecimiento del producto interno bruto que fue de 2.36% ambos a nivel mundial (Góngora, 2014), además con un crecimiento de producción mundial en 2014 del 3.85% y de 3.41% en el 2015 (Düsseldorf, 2016) cómo se puede ver reflejado en la ilustración 1 a continuación:

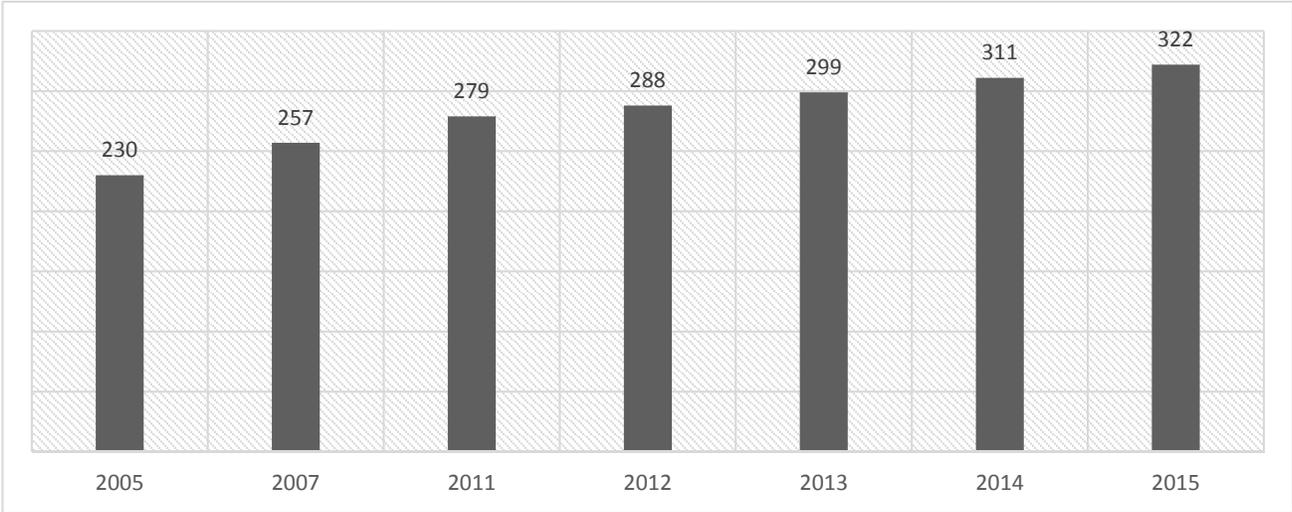


Ilustración 1 Producción de plástico mundial (TONS)

Mientras que en México la industria del plástico tiene un comportamiento similar con un alza del 20.4% entre los años 2003 y 2013, teniendo una recuperación extraordinaria de la crisis económica del 2008 con un crecimiento registrado del 11.3% en el 2010, y un promedio de 5.2% en los 3 años siguientes (Góngora, 2014).

Cabe mencionar que a pesar de la toma de poder del presidente Donald Trump, expertos del grupo ANIPAC (Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C) en México previeron a inicios de año un crecimiento del 6 por ciento durante 2017, cantidad mayor al promedio, con una ocupación de 5.3 millones de toneladas y un valor comercial de 23 mil millones de dólares para el país. (Tapia, 2017)

IV.I.- Información de la empresa

Industrial Corona de México es una empresa 100% mexicana instalada en San Pedro de los Pinos en la delegación Benito Juárez en la ciudad de México en 1964 con la finalidad de producir componentes de precisión en materiales termoplásticos moldeados por el proceso de inyección la cual ha reflejado el crecimiento de la industria, gracias a lo cual se permitió abrir una nueva planta en San Juan del Río, Querétaro en el año 2008 siendo este el resultado de la demanda de la industria automotriz en el centro del país.

El desarrollo de la industria nacional en una gran variedad de mercados, acompañado por una economía razonablemente estable, permitió un crecimiento de la empresa que, a su vez, fue acompañado con una actualización tecnológica permanente en maquinaria y equipo de proceso.

La etapa comprendida entre los años 1976 y 1985, caracterizada por una economía inestable, con procesos inflacionarios y devaluatorios sostenidos, dificultaron grandemente la actualización tecnológica de la empresa y limitaron su capacidad para responder a las demandas de sus clientes, con la oportunidad y en la extensión requerida.

Los cambios hacia una economía globalizada, que se iniciaron en 1986 y en conjunto con una nueva administración, permitieron a la empresa retomar el camino de la actualización tecnológica.

El moderno equipo de moldeo por inyección, apoyado por la fabricación, construcción y mantenimiento de moldes, así como también por un sistema de calidad integral que utiliza el control estadístico de proceso como herramienta fundamental, permite a Industrial Corona De México, S.A. DE C. V., ofrecer a sus clientes productos y servicios en apego a sus requerimientos y en concordancia con la Misión, la Visión y los Valores de la empresa:

IV.I.I.- Misión:

Nuestra misión es proveer a nuestros clientes con servicio de moldeo por inyección de partes termoplásticas de precisión, mediante un equipo humano, profesional y capacitado, unas instalaciones y maquinaria técnicamente adecuada y sistemas de administración que nos permitan la utilización eficiente de los recursos.

IV.I.II.- Visión:

Hacer de la empresa un ejemplo de eficiencia, calidad y desarrollo tratando honestamente a clientes, empleados y proveedores.

IV.I.IV. - Localización:

Planta San Juan del Río Av. Constituyentes No. 147, San Juan del Río Qro. C.P. 76800, en las siguientes ilustraciones se puede ver en mapa la ubicación, así como la fachada del edificio.

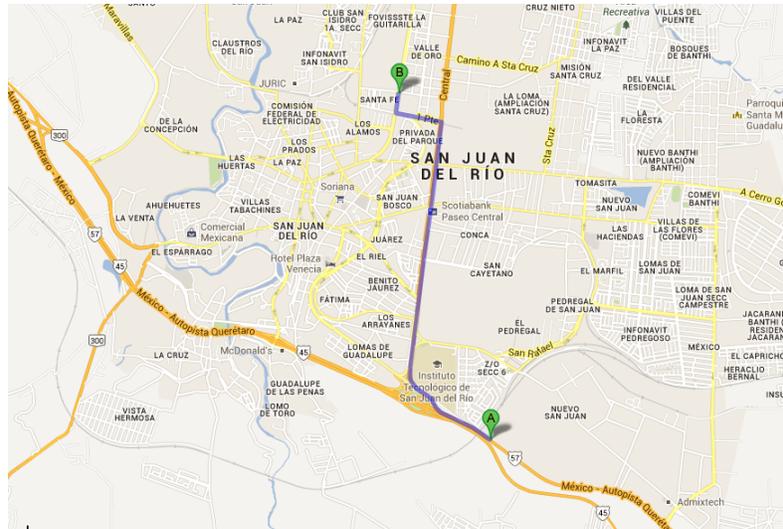


Ilustración 2 Mapa de la ubicación planta San Juan del Río



Ilustración 3 Fachada Planta San Juan del Río

IV.I.V.- Características de las plantas

- 33 máquinas de inyección de 35 a 180 TONS (cuyos datos técnicos se muestran en la ilustración 4.
- Taller completo para mantener los moldes en buenas condiciones de operación mediante mantenimiento preventivo.
- 5 máquinas para imprimir por tampografía en uno o dos colores. Pequeños ensambles.
- Equipo humano capaz de operar, supervisar, apoyar y mantener control de los requerimientos de producción y calidad.
- Dos plantas con área total de 3,000 metros cuadrados ubicadas en la ciudad de México y en san juan del rio para atender mejor a nuestros clientes.

Tabla 1 Datos técnicos de máquinas de inyección

	TIPO DE MÁQUINA	FUERZA DE CIERRE ton	VOLUMEN INYECCIÓN cm ³	DIÁMETRO DEL ANILLO mm	COPR. ECAJÓN mm	DISTANCIA ENTRE COLUMNAS			ALTURA MIN DE MOLDE B mm	RECORRIDO APERTURA mm	ALT MAX MOLDE mm	APERT MAX MOL. mm	ALT MAX MOLDE Y APERT MAX MOL. mm	LARGO C MAX DE MOLDE mm	LARGO C Y ANCHO A DE MOLDE mm	GARRERA EXPULSOR mm	LUGAR DE OPERACIÓN	DIÁMETRO DEL ANILLO DE CENTRADOR mm	RADIO EN BOQUILLA mm	PUERTA EN MARSH mm
						A mm	AT mm	AL mm												
ICMRY01	BATTENFELD 800 CDC 4000	80	99	30	140	370 X 370	370	370	150	425		575	N/A	450	490 X 370	150	DF	125	35	OCT 1998
ICMRY02	KRAUSS MAFFEI KM 85/183GK	85	74	28	116	470 X 420	470	400	250	500		750	N/A	550	550 X 470	150	DF	125	35	OCT 2015
ICMRY03	BATTENFELD 800 CDC 4000	80	154	35	180	420 X 420	420	420	200	425		625	N/A	550	590 X 420	150	DF	125	35	OCT 1998
ICMRY04	KRAUSS MAFFEI KM 80/203GK	80	154	35	158	470 X 420	470	400	250	500		750	N/A	550	550 X 470	150	DF	125	35	OCT 2015
ICMRY05	BATTENFELD 1300 CDC 4000	130	201	40	180	500 X 500	500	500	250	650		900	N/A	750	780 X 500	180	DF	180	35	OCT 1998
ICMRY06	BATTENFELD 1300 CDC 4000	130	201	40	180	500 X 500	500	500	250	650		900	N/A	750	780 X 500	180	DF	180	35	OCT 1998
ICMRY07	NISSSEI FNK 40 - 5A	40	49	26	100	310 X 310	310	310	170	300		470	N/A	450	450 X 310	60	SJR	110	10	OCT 2007
ICMRY08	BATTENFELD UNILOG B2	35	49	25	100	270 X 270	270	270	150	200		350	N/A	281	281 X 270	80	DF	110	10	SEP 2005
ICMRY09	ENGEL VICTORY SPEX 500 / 120	120	251	40	200	800 X 600 Max. Con Bula	800	800 Max. Con Bula	300	500		800	N/A	680	680 X 600	130	SJR	125	10	NOV 2012
ICMRY10	TOYO SI 100-8I	100	147	35	144	410 X 430	410	410	150	380	450	510	N/A	550	580 X 410	100	SJR	100	10	JAN 2005
ICMRY11	BATTENFELD 1300 CDC B4	130	201	40	180	500 X 500	500	500	250	650		900	N/A	750	780 X 500	180	DF	180	35	JAN 2002
ICMRY12	BATTENFELD 1800 CDC B4	180	354	50	180	560 X 560	560	560	300	700		1000	N/A	840	840 X 560	180	DF	180	35	JAN 2002
ICMRY13	NISSSEI FNK 80 - 12A	80	127	35	130	385 X 385	385	385	200	470		670	N/A	550	580 X 385	75	SJR	100	10	MAR 2010
ICMRY14	NISSSEI FNK 80 - 12A	80	101	32	130	420 X 420	420	420	200	470		670	N/A	550	650 X 420	75	SJR	125	10	JAN 2008
ICMRY15	NISSSEI FNK 110 - 12A	110	101	32	130	460 X 460	460	460	200	520		720	N/A	650	650 X 460	85	SJR	125	10	MAR 2008
ICMRY16	NISSSEI FNK 40 - 5A	40	49	26	100	310 X 310	310	310	170	300		470	N/A	450	450 X 310	60	SJR	100	10	OCT 2008
ICMRY17	NISSSEI FNK 60 - 5A	60	49	26	100	325 X 325	325	325	170	430		600	N/A	470	470 X 325	70	SJR	100	10	OCT 2008
ICMRY18	ENGEL VICTORY 500 / 120	120	251	40	200	800 X 600 Max. Con Bula	800	800 Max. Con Bula	300	500		800	N/A	680	680 X 600	130	SJR	125	10	FEB 2011
ICMRY19	TOYO SI 180-4V 02008	180	393	50	200	560 X 560	560	560	300	470	500	670	N/A	780	780 X 560	120	SJR	100	10	FEB 2011
ICMRY20	LIEN YU D-950V	95	164	36	180	360 X 360	360	360	130	320	400	450	N/A	530	530 X 360	50	DF	125	10	JAN 2011
ICMRY21	LIEN YU D-950V	95	164	36	180	360 X 360	360	360	130	320	400	450	N/A	530	530 X 360	50	DF	125	10	JAN 2011
ICMRY22	LIEN YU D-950V	95	164	36	180	360 X 360	360	360	130	320	400	450	N/A	530	530 X 360	50	DF	125	10	OCT 2011
ICMRY23	BOY 35E	35	58.5	28	95	254 X 254	254	254	200	300		500	N/A	300	300 X 254	130	SJR	110	10	OCT 2011
ICMRY24	ARBURG	40	34	22	90	270 X 270	270	270	200	250		550	N/A	455	455 X 270	125	SJR	125	10	MAR 2012
ICMRY25	ARBURG	40	34	22	90	270 X 270	270	270	200	250		550	N/A	455	455 X 270	125	SJR	125	10	MAR 2012
ICMRY26	NISSSEI FNK 40 - 5A	40	49	26	100	310 X 310	310	310	170	300		470	N/A	450	450 X 310	60	SJR	100	10	MAR 2012
ICMRY27	LIEN YU D-1550V	155	314	45	220	430 X 430	430	430	150	390	650	540	N/A	650	650 X 430	130	DF	125	10	NOV 2013
ICMRY28	ENGEL VICTORY SPEX 300/80	80	149	35	155	500 X 500 Max. Con Bula	500	500 Max. Con Bula	250	450		700	N/A	480	480 X 500	100	SJR	125	10	MAR 2014



Ilustración 4 Maquinas Nissei, TOYO, BOY, ARBURG y ENGEL en ICM San Juan del Río

IV.I.VI.- Servicios de apoyo

- Procesamiento de plásticos de ingeniería, entre otros: PBT, PP, PPA, PC, ABS, etc.
- Rastreabilidad de material utilizado.
- Sistema de calidad apoyado por certificación en ISO 9001:2008.
- Cambios de ingeniería en moldes.
- APQP - proceso de aprobación de partes de producción y análisis de falla.

Las ilustraciones 5 y 6 son muestras de las diferentes partes inyectadas en la planta de San Juan del Río, así como de los diferentes clientes para los cuales se distribuye piezas.

IV.I.VII.- Muestras de productos



Ilustración 5 Muestra de piezas inyectadas en planta San Juan del Río

IV.I.VIII.- Clientes planta San Juan del Río



Ilustración 6 Logotipo de los clientes de la Planta San Juan del Río

La demanda que motivo a la apertura de la planta San Juan del Río propició el desarrollo de nuevos productos para satisfacer las necesidades y expectativas de la industria, requiriendo una mayor inversión en maquinaria y mano de obra. Las siguientes graficas ejemplifican el crecimiento de la empresa a la par de la industria, comparando la cantidad de números de parte y moldes nuevos por año. Teniendo para el año 2013, 15 números de parte y moldes nuevos , en el año 2014 la integración de números de parte fue de un total de 22, con 21 moldes correspondientes; el año 2015 ha sido el año con la mayor entrada de nuevos

proyectos para la planta de San Juan del Río teniendo 44 números de parte y 36 moldes, en 2016 tuvo 34 nuevos moldes a disposición de 37 números de parte, en lo que va del presente año se tienen registrados 23 números de parte con un promedio de crecimiento anual promedio de 143.85% en los proyectos integrados a producción esta información se ve reflejado mejor en las ilustraciones 7 y 8.

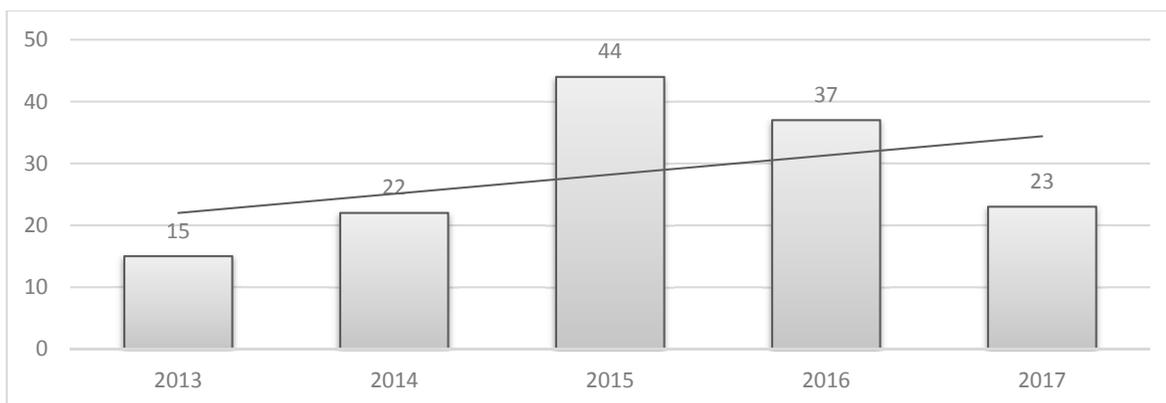


Ilustración 7 Integración por número de parte 2013 – 2016

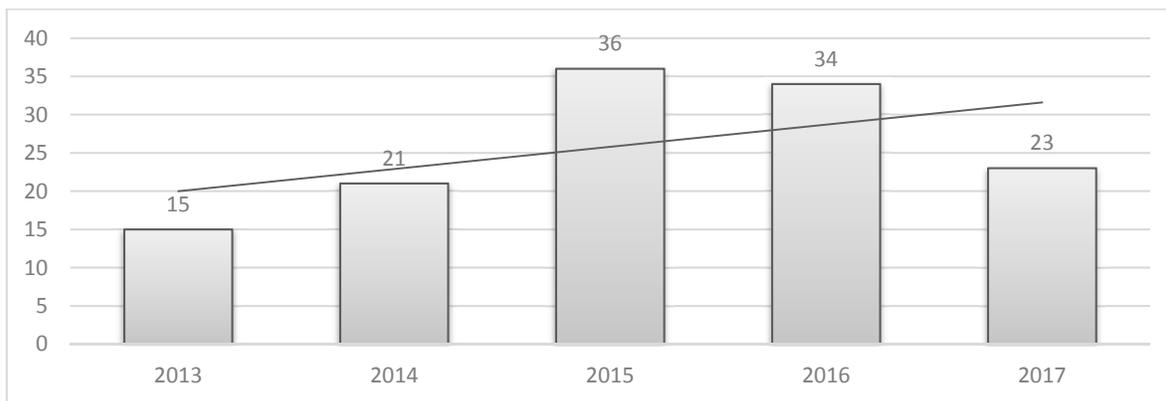


Ilustración 8 Integración de moldes 2013 – 2016

A su vez, también podemos comparar las maquinas adquiridas en los últimos años como antecedente del crecimiento de la empresa. La planta de San Juan del Río, como ya se mencionó, inicio actividades el año 2008 con 2 máquinas de inyección previamente usadas

en la planta de la ciudad de México y ha adquirido maquinas según la demanda cada año (Excepto los años de la crisis automotriz), la gráfica de la ilustración 9 compara la cantidad de máquinas actuales con la adquisición anual de estas.

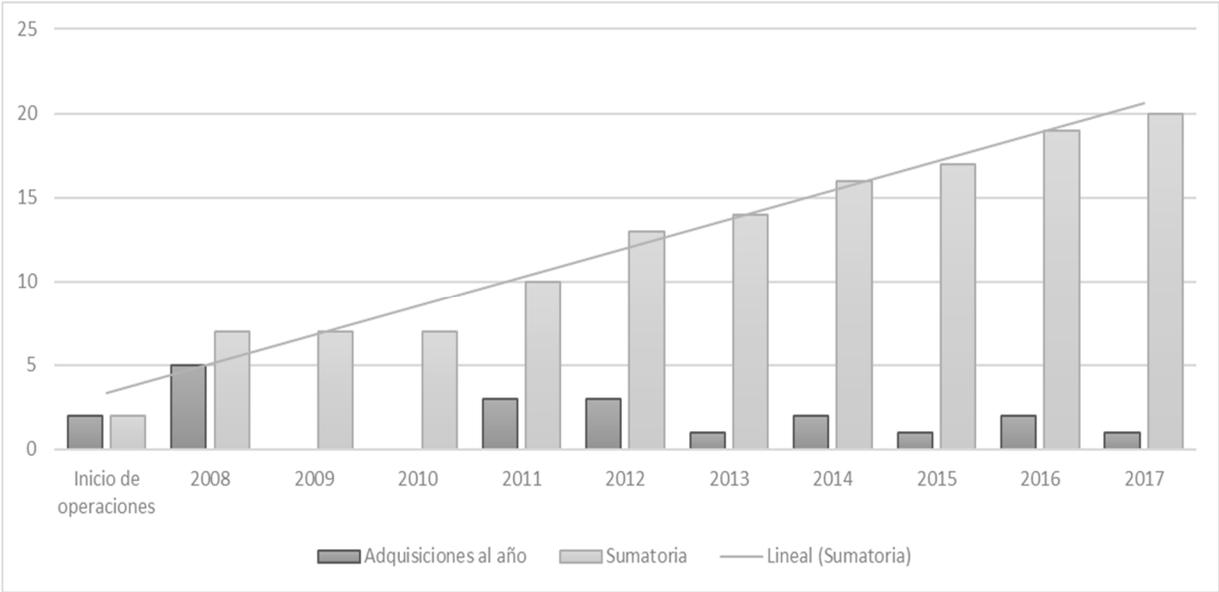


Ilustración 9 Adquisiciones anuales de máquinas de inyección

La inspiración de este proyecto es el efecto del aumento de demanda sobre la producción y sus elementos clave como lo son la mano de obra, los costos incurridos en solventar la necesidad de la industria, las posibles mejoras para reducir el gasto que enfrenta la empresa y principalmente la ocupación de la capacidad total instalada, la naturaleza del proyecto requiere de un método cuantitativo para su estudio y análisis.

V.- Problemas por resolver

Se tiene datos sobre la ocupación de la capacidad instalada en la planta realizados a finales del año 2016 y en el tercer cuatrimestre del año 2017, estas gráficas dan información sobre la ocupación con los nuevos proyectos y proyectos en puerta, entrantes para el último trimestre del año.

Se puede señalar que las siguientes dos graficas (ilustración 10 y 11) son una comparación de la ocupación cuando las maquinas ICMINY31, ICMINY32 y ICMINY34 fueron recién adquiridas por la empresa; Como se puede apreciar incluso con las nuevas máquinas de inyección, tres de estas mantienen un excedente de ocupación ICMINY13, ICMINY19 y ICMINY23 así como en ICMINY14, ICMINY24, ICMINY28 y ICMINY32, lo cual demuestra que a pesar de la compra de máquinas, debido al crecimiento de la demanda, la ocupación total de las maquinas es siempre un problema presente.

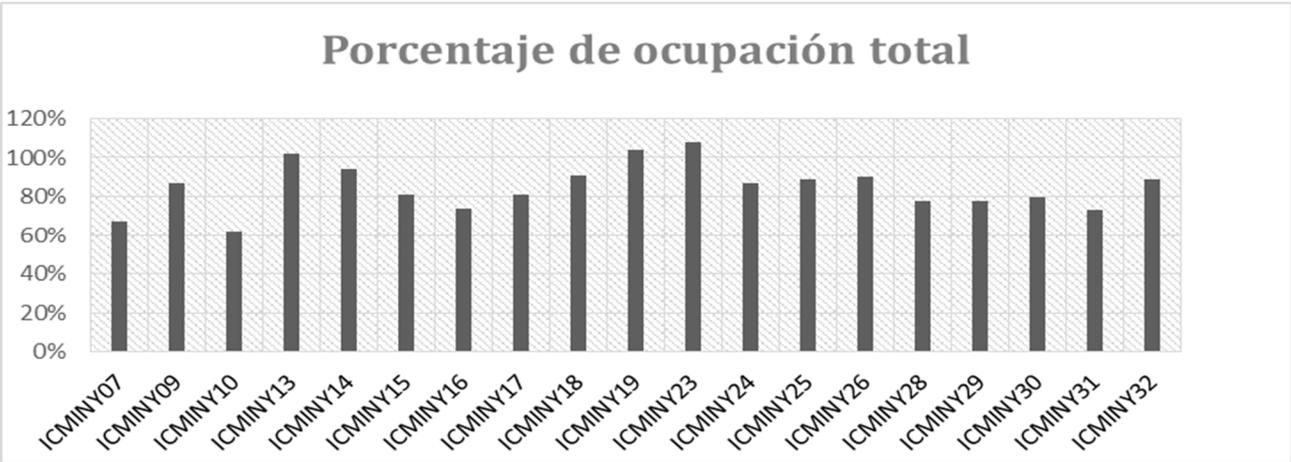


Ilustración 11 Porcentaje de ocupación total – final de 2016

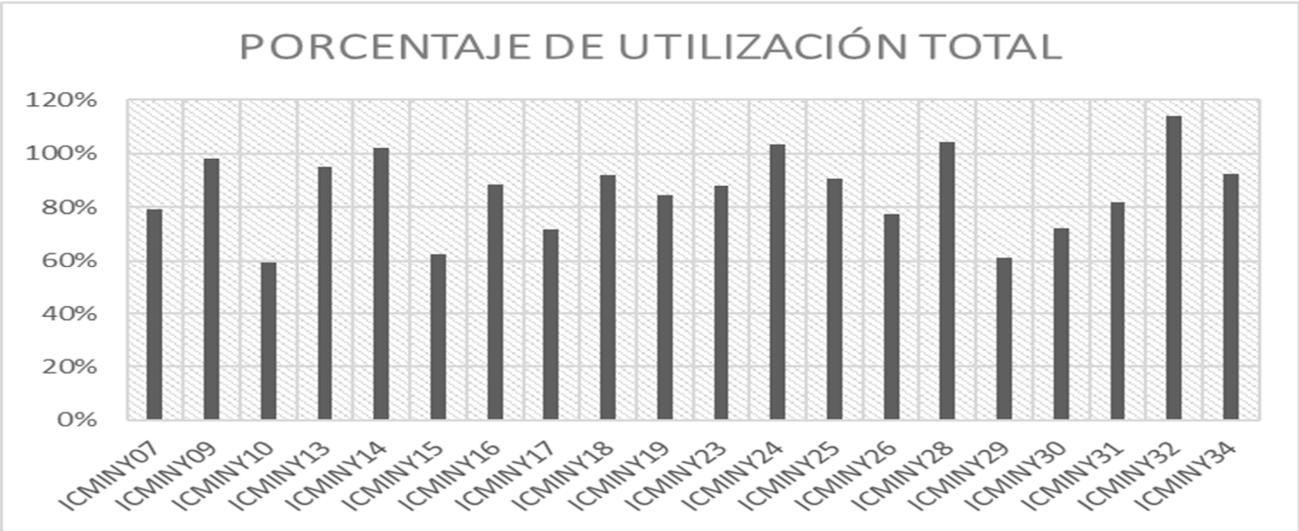


Ilustración 10 Porcentaje de ocupación total - tercer trimestre 2017

En esta instancia se reconoce a la alta ocupación de las maquinas como un problema de gran riesgo debido a que podría influir en:

- Incumplir con los tiempos de entregas a clientes y perdida potencial de nuevos proyectos.
- Incumplimiento al plan de mantenimiento debido a la alta carga de trabajo.
- Mayor presencia de problemas de calidad
- Falta de personal operativo.

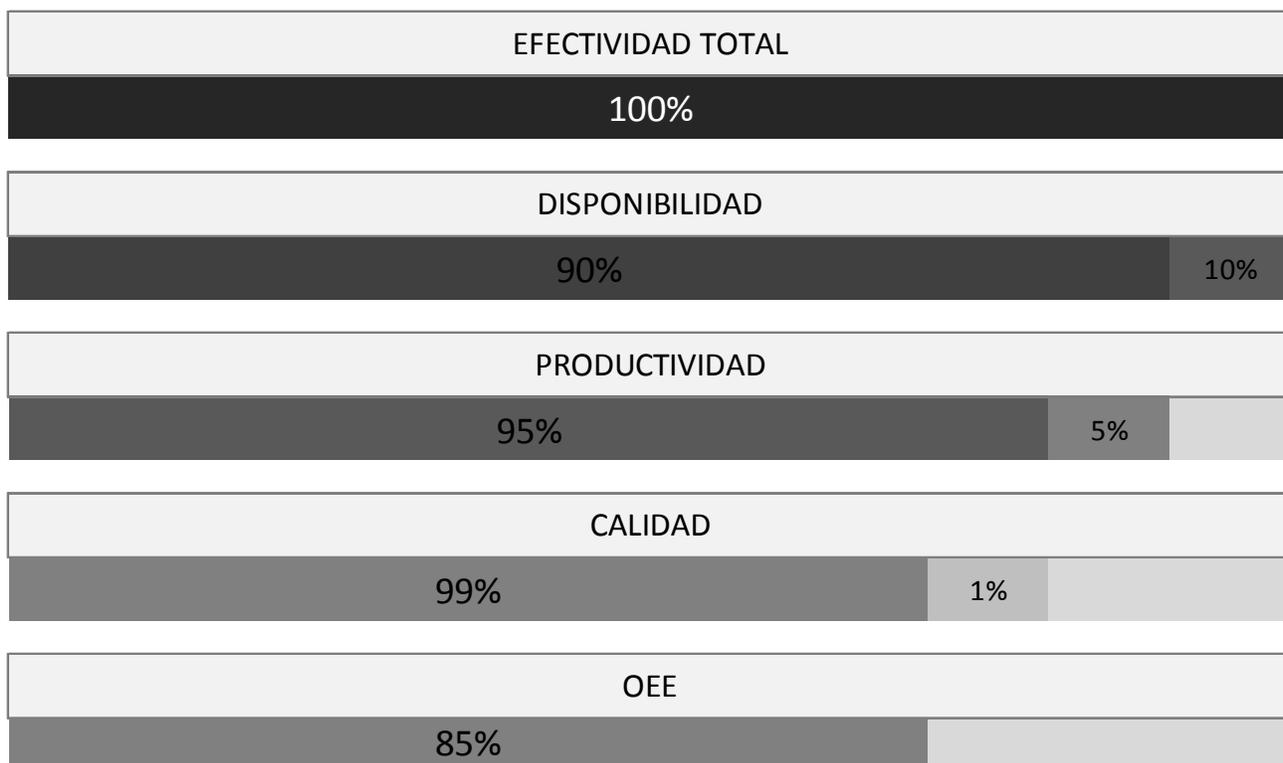


Ilustración 12 Diagrama de OEE de clase mundial

Bajo la metodología OEE (*Over Effectiveness Equipment, ilustración 12*) la cual se encarga de medir la condición operativa y la fiabilidad de un proceso respecto un nivel de producción específico al evaluar la relación entre disponibilidad, productividad y calidad, es empleada

para optimizar la utilización de los recursos, realizar una evaluación comparativa de las operaciones y para identificar áreas de mejoras como será empleado en este proyecto enfocándose en la resolución del problema antes definido (Emerson 2002).

El OEE se calcula de la siguiente manera

$$\%OEE = (\% \text{ DISPONIBILIDAD}) * (\% \text{ PRODUCTIVIDAD}) * (\% \text{ CALIDAD})$$

Esta información capturada por producción mide el nivel de disponibilidad respecto cada área por ello es importante señalar cuál de estas no aplican en nuestro caso de estudio, los cuales son servicio al cliente, programación, Recursos humanos y Calidad ya que no afectan la disponibilidad de la maquina o porque su efecto es ajeno a una solución factible para este proyecto (En el caso de RH tiene que ver con el grado de rotación de personal). Estratificar la información ayuda a su vez a encontrar una mejor solución al problema planteado. La tabla 2 son los tiempos muertos por los procesos considerados registrados en el OEE por programación:

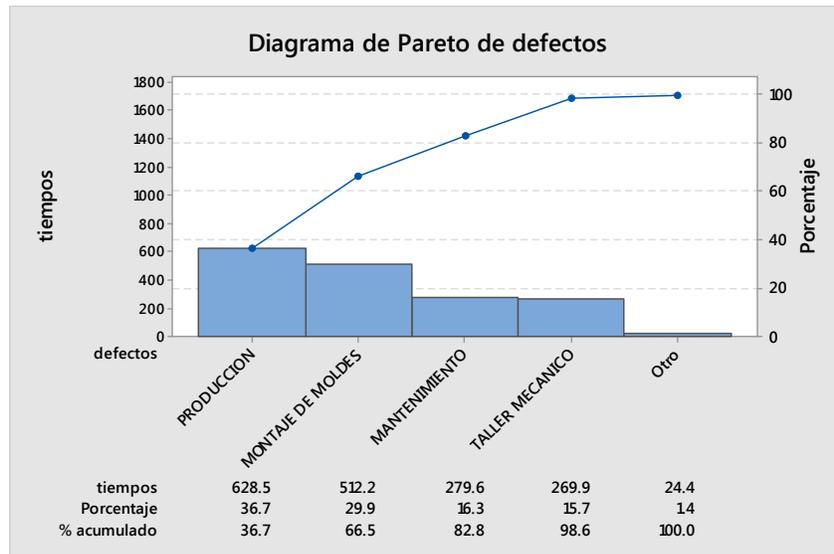
Tabla 2 Tiempo muerto por proceso (Hrs.)

Semana	PRODUCCION	TALLER MECÁNICO	MANTENIMIENTO	MONTAJE DE MOLDES	INGENIERÍA	ALMACÉN DE MP.
1	93.57	0	5.99	52.74	0	8.01
2	93.65	25.22	21.36	93.44	0	0
3	69.24	76.96	91.14	93.21	7.87	0
4	80.46	54.71	53.28	71.91	0	6.04
5	83.99	15.95	5.34	62.66	2.51	0
6	68.76	19.3	29.78	50.51	0	0
7	84.59	56.02	65.85	32.89	0	0
8	54.2	21.77	6.88	54.82	0	0

El análisis de datos se realizará con 8 semanas, del año 2017, información que se considera suficiente para tener información significativa, el diagrama de Pareto a continuación brinda

un panorama más claro de que procesos requieren de acciones a fin de tener una reducción de tiempos muertos significativa.

Tabla 3 Diagrama de Pareto



Se puede concluir, primeramente, que ni almacén de materia prima ni Ingeniería generan pérdidas de tiempo significativas, por lo cual se descartan modificaciones en su procedimiento. Producción y montaje de molde en cambio reportan tiempos muertos mayores teniendo un porcentaje de 36.7% y 29.9% que están relacionadas entre sí dadas las situaciones que generan este tiempo muerto.

Al realizar un diagrama de causa-efecto (ilustración 13) podemos analizar el motivo por el cual los procesos de producción y montaje de moldes generan un tiempo muerto tan alto.

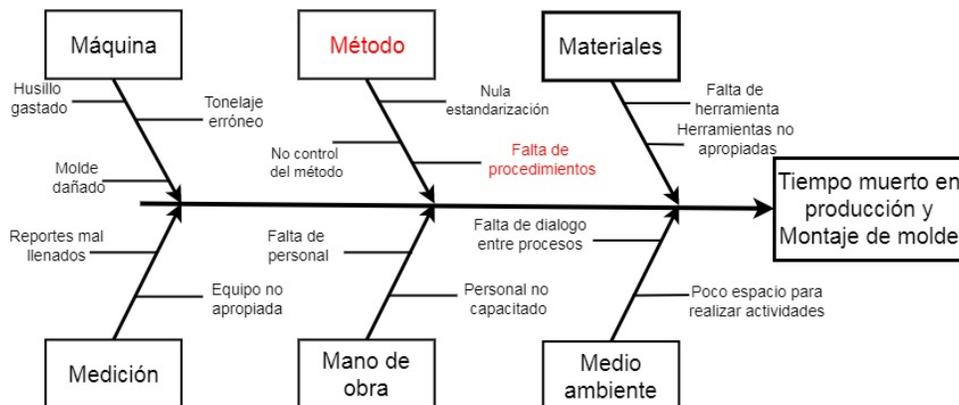


Ilustración 13 Diagrama Causa-Efecto

Analizando los diferentes problemas que existen y que dan pie al tiempo muerto, se identifican elementos únicos tanto de producción como de montaje de moldes, sin embargo, también se encuentran causas en común a actividades en común. Es por ello por lo que se resalta la falta en el procedimiento (En conjunto con la nula estandarización) en el método del cambio de moldes, ya que a pesar de que un departamento se encarga del montaje, producción también tiene actividades que pudiesen ser mejorables.

Se entiende entonces que el propósito del proyecto es reducir el tiempo muerto en el proceso de cambio y montaje de moldes y las actividades involucradas con el fin de reducir los estragos del alza de la demanda.

VI.- Objetivos:

VI.I.- Objetivo General:

- Planificar la aplicación de la metodología SMED con una reducción del tiempo muerto de por lo menos 30% antes del fin del ciclo fiscal 2017

VI.II.- Objetivos Específicos:

- Medir los tiempos implicados en el proceso de montaje de molde en moldes.
- Proponer las modificaciones a los procedimientos implicados en el montaje de moldes con una mejora de la eficiencia de dichos procesos de al menos 30%.

VII.- Justificación

La correcta aplicación de la metodología SMED tiene un impacto económico importante sobre los costos productivos de la empresa, ya que en una industria que depende de la diversificación de productos ofrecidos es relevante el número de veces que se realizan cambios de molde y el tiempo que estos requieren, se puede contabilizar la cantidad de cambios realizados al año gracias al registro que el proceso de montaje de moldes mantiene actualizado diariamente, considerando principalmente la clasificación actual de moldes, verde, amarillo, y rojo; Clasificación que depende de diferentes factores, como la complejidad del molde, el volumen de producción anual, la gestión del riesgo, la complejidad de la operación y el historial de defectos, que es definida por un grupo multidisciplinario con el siguiente

Tabla 4 Tabla de orientación para clasificación de moldes



TABLA DE ORIENTACIÓN PARA CLASIFICACIÓN DE MOLDES

								0%	C
0%		0%		10%		22%			
C	COMPLEJIDAD DE MOLDE	CA	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN	C	GESTIÓN DEL RIESGO	C	COMPLEJIDAD DE OPERACIÓN		
	ACABADO ESPEJO		ALTO > 500, 000 EUA		MUY ALTO 9-10		CORTE DE COLADA		
	TEXTURA		150, 000 < MEDIANO < 499, 999		ALTO 7-8		EMPAQUE		
	CORREDERAS		BAJO < 149, 999		MEDIANO 4-6		SEGUNDAS OPERACIONES		
	DOBLE BOTADO O DOBLE BARRA DE EXPULSIÓN				BAJO 2-3		MAQUILLAJE		
	NOYOS			1	MUY BAJO 1		INSERTOS		
	LIFTERS						DESMOLDANTE		
	MOLDE DE TRES PLACAS						SEMI AUTOMATICO		
	CANAL CALIENTE						1 AUTOMATICO		
	CANDADOS						1 INSPECCIÓN		
	AUSENCIA DE SENSORES								
	ROBOT								
	HYBRIDO								

La siguiente tabla ilustra los tiempos dependiendo de la clasificación asignada:

Tabla 5 Moldes contados por clasificación

CLASIFICACIÓN	TIEMPO OBJETIVO	MOLDES ASIGNADOS
VERDE (C)	40	39
AMARILLO (B)	60	71
ROJO (A) y (AA)	80 y 120	169

Dado que este proceso no agrega valor al producto final se considera que el 100% es tiempo muerto, considerando el número de cambios realizados durante 2016 y 2017 podemos analizar el costo que este proceso requiere actualmente, y una estimación de ahorro alcanzando el objetivo del proyecto las tablas 6, 7, 8 y 9 contienen la información recolectada por montaje de moldes, mientras que la ilustración 14 muestra el resumen general de ambos años.

Tabla 6 Control de cambios de molde por máquina - 2016

Cambios por maquina - 2016														
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
ICMINY-07	15	12	11	15	13	5	8	20	5	4	7	2		
ICMINY-09	12	13	12	4	2	5	4	6	3	3	6	2		
ICMINY-10	2	3	8	4	2	2	0	2	5	7	1	4		
ICMINY-13	13	10	10	8	7	11	3	1	0	0	2	0		
ICMINY-14	7	8	2	5	11	7	14	9	9	7	9	6		
ICMINY-15	8	10	10	8	7	1	9	11	11	9	7	6		
ICMINY-16	3	9	8	15	12	7	7	4	8	13	10	5		
ICMINY-17	6	8	7	11	12	10	10	7	10	9	16	3		
ICMINY-18	7	7	4	8	9	9	13	17	17	14	15	7		
ICMINY-19	3	1	2	2	5	2	3	3	3	5	2	2		
ICMINY-23	9	11	9	10	12	11	5	10	12	18	7	4		
ICMINY-24	7	11	4	5	4	9	3	10	4	6	8	4		
ICMINY-25	13	7	7	7	13	4	12	5	7	7	5	3		
ICMINY-26	16	14	14	8	15	16	13	11	10	12	6	2		
ICMINY-28	6	6	9	12	8	11	8	5	10	13	5	0		
ICMINY-29	8	5	8	4	5	6	2	4	6	4	8	4		
ICMINY-30	7	11	9	6	5	10	3	13	8	9	7	3		
TOTALES	142	146	134	132	142	126	117	138	128	140	121	57	Cambios totales	1205
Desglose del mes.	21	20	20	21	27	22	23	19	6	18	13	2	Baja complejidad	C
	31	39	27	35	43	30	20	33	34	28	26	14	Media complejidad	B
	83	82	77	71	67	69	71	78	78	85	78	39	Alta complejidad	A
	7	5	10	5	5	5	3	8	10	9	4	2	Mayor complejidad	AA

Tabla 7 Resumen de cambios de molde en minutos - 2016

Cambios por maquina - 2016														
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
ICMINY-07	15	12	11	15	13	5	8	20	5	4	7	2		
ICMINY-09	12	13	12	4	2	5	4	6	3	3	6	2		
ICMINY-10	2	3	8	4	2	2	0	2	5	7	1	4		
ICMINY-13	13	10	10	8	7	11	3	1	0	0	2	0		
ICMINY-14	7	8	2	5	11	7	14	9	9	7	9	6		
ICMINY-15	8	10	10	8	7	1	9	11	11	9	7	6		
ICMINY-16	3	9	8	15	12	7	7	4	8	13	10	5		
ICMINY-17	6	8	7	11	12	10	10	7	10	9	16	3		
ICMINY-18	7	7	4	8	9	9	13	17	17	14	15	7		
ICMINY-19	3	1	2	2	5	2	3	3	3	5	2	2		
ICMINY-23	9	11	9	10	12	11	5	10	12	18	7	4		
ICMINY-24	7	11	4	5	4	9	3	10	4	6	8	4		
ICMINY-25	13	7	7	7	13	4	12	5	7	7	5	3		
ICMINY-26	16	14	14	8	15	16	13	11	10	12	6	2		
ICMINY-28	6	6	9	12	8	11	8	5	10	13	5	0		
ICMINY-29	8	5	8	4	5	6	2	4	6	4	8	4		
ICMINY-30	7	11	9	6	5	10	3	13	8	9	7	3		
TOTALES	142	146	134	132	142	126	117	138	128	140	121	57	Cambios totales	1205
Desglose del mes.	21	20	20	21	27	22	23	19	6	18	13	2	Baja complejidad	C
	31	39	27	35	43	30	20	33	34	28	26	14	Media complejidad	B
	83	82	77	71	67	69	71	78	78	85	78	39	Alta complejidad	A
	7	5	10	5	5	5	3	8	10	9	4	2	Mayor complejidad	AA

Tabla 8 Control de cambios de molde por máquina - 2017

Cambios por maquina - 2017														
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
ICMINY-07	7	4	7	8	8	7	10	8	9					
ICMINY-09	9	5	5	5	3	8	15	12	13					
ICMINY-10	4	3	3	4	4	4	5	0	2					
ICMINY-13	1	0	1	0	1	9	13	10	0					
ICMINY-14	9	9	10	11	6	9	5	6	8					
ICMINY-15	7	7	9	9	6	9	6	5	6					
ICMINY-16	12	10	14	7	5	11	8	11	8					
ICMINY-17	13	7	7	8	8	9	4	7	8					
ICMINY-18	13	9	10	11	13	6	2	6	2					
ICMINY-19	4	0	2	3	3	4	5	3	6					
ICMINY-23	13	6	12	7	11	0	5	8	10					
ICMINY-24	9	10	5	8	4	6	7	14	4					
ICMINY-25	5	3	7	8	6	10	7	4	6					
ICMINY-26	9	5	7	8	6	10	10	11	9					
ICMINY-28	0	7	12	7	4	3	5	7	2					
ICMINY-29	4	12	9	4	7	5	2	1	1					
ICMINY-30	12	7	2	8	5	0	4	11	8					
ICMINY-31	7	2	1	2	3	4	0	2	2					
ICMINY-32	8	6	6	10	10	6	10	10	12					
ICMINY-34	0	0	0	0	0	2	1	5	8					
TOTALES	146	112	129	128	113	122	124	141	124				Cambios totales	1139
Desglose del mes.	17	12	9	13	9	9	12	14	11				Baja complejidad	C
	33	32	34	32	35	34	30	28	26				Media complejidad	B
	89	59	79	74	65	75	76	95	81				Alta complejidad	A
	7	9	7	9	4	4	6	4	6				Mayor complejidad	AA

Tabla 9 Resumen de cambios de molde por minutos - 2017

Mes	Cambios	Minutos		Horas	Minutos por clasificación			
		Mensual	Promedio	Mensual	A	B	C	D
Enero	146	10620	72.74	177.00	680	1980	7120	840
febrero	112	8200	73.21	136.67	480	1920	4720	1080
Marzo	129	9560	74.11	159.33	360	2040	6320	840
Abril	128	9440	73.75	157.33	520	1920	5920	1080
Mayo	113	8140	72.04	135.67	360	2100	5200	480
Junio	122	8880	72.79	148.00	360	2040	6000	480
Julio	124	9080	73.23	151.33	480	1800	6080	720
Agosto	141	10320	73.19	172.00	560	1680	7600	480
Septiembre	124	9200	74.19	153.33	440	1560	6480	720
Octubre	0	0			0	0	0	0
Noviembre	0	0			0	0	0	0
Diciembre	0	0			0	0	0	0
Totales	1139	83440	659.25	1,390.67	4240	17040	55440	6720

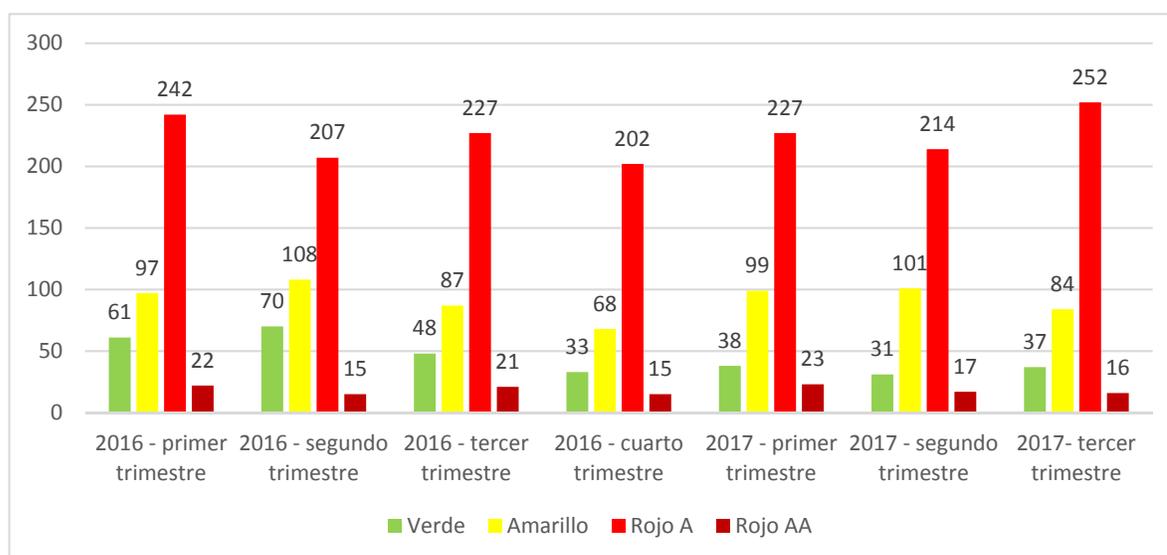


Ilustración 14 Cambios de molde por clasificación 2016-2017

Con estos valores, podemos analizar el costo que este proceso requiere solo considerando el costo Hora/Maquina de cada una de las máquinas de Industrial Corona en las tabla 10 y 11:

Tabla 10 Análisis de costo anual por cambio de moldes - 2016

NUMERO DE MAQUINA	TIPO DE MÁQUINA	FUERZA DE CIERRE ton	Costo Hora/Maquina Dis.	Cambios Anuales Totales - 2016	PROMEDIO HORAS POR CAMBIO	COSTO ANUAL CAMBIO
ICMINY07	NISSEI PNx40 - 5A	40	25	117	1.19	3480.75
ICMINY09	ENGEL VICTORY SPEX500 / 120	120	40	72	1.19	3427.2
ICMINY10	TOYO SI 100 -III	100	40	40	1.19	1904
ICMINY13	NISSEI FNx80 - 12A	80	35	65	1.19	2707.25
ICMINY14	NISSEI FNx80 - 12A	80	35	94	1.19	3915.1
ICMINY15	NISSEI FNx110 - 12A	110	40	97	1.19	4617.2
ICMINY16	NISSEI PNx40 - 5A	40	25	101	1.19	3004.75
ICMINY17	NISSEI PNx60 - 5A	60	25	109	1.19	3242.75
ICMINY18	ENGEL VICTORY 500 / 120	120	40	127	1.19	6045.2
ICMINY19	TOYO SI 180 -IV G300B	180	60	33	1.19	2356.2
ICMINY23	BOY 35E	35	25	118	1.19	3510.5
ICMINY24	ARBURG	40	25	75	1.19	2231.25
ICMINY25	ARBURG	40	25	90	1.19	2677.5
ICMINY26	NISSEI PNx40 - 5A	40	25	137	1.19	4075.75
ICMINY28	ENGEL VICTORY SPEX 300/80	80	35	93	1.19	3873.45
ICMINY29	NISSEI FNx110IIIT-18A	110	40	64	1.19	3046.4
ICMINY30	NISSEI FNx110IIIT-18A	110	40	91	1.19	4331.6
		TOTAL		1523	20.23	58446.85

Tabla 11 Análisis de costo anual por cambio de moldes - 2017

NUMERO DE MAQUINA	TIPO DE MÁQUINA	FUERZA DE CIERRE ton	Costo Hora/Maquina Dis.	Cambios Anuales Totales - 2017	PROMEDIO HORAS POR CAMBIO	COSTO ANUAL CAMBIO
ICMINY07	NISSEI PNx 40 - 5A	40	25	68	1.22	2074
ICMINY09	ENGEL VICTORY SPEX 500 / 120	120	40	75	1.22	3660
ICMINY10	TOYO SI 100 -III	100	40	29	1.22	1415.2
ICMINY13	NISSEI FNx 80 - 12A	80	35	35	1.22	1494.5
ICMINY14	NISSEI FNx 80 - 12A	80	35	73	1.22	3117.1
ICMINY15	NISSEI FNx 110 - 12A	110	40	64	1.22	3123.2
ICMINY16	NISSEI PNx 40 - 5A	40	25	86	1.22	2623
ICMINY17	NISSEI PNx 60 - 5A	60	25	71	1.22	2165.5
ICMINY18	ENGEL VICTORY 500 / 120	120	40	72	1.22	3513.6
ICMINY19	TOYO SI 180 -IV G300B	180	60	30	1.22	2196
ICMINY23	BOY 35E	35	25	72	1.22	2196
ICMINY24	ARBURG	40	25	67	1.22	2043.5
ICMINY25	ARBURG	40	25	56	1.22	1708
ICMINY26	NISSEI PNx 40 - 5A	40	25	75	1.22	2287.5
ICMINY28	ENGEL VICTORY SPEX 300/80	80	35	47	1.22	2006.9
ICMINY29	NISSEI FNx110IIIT-18A	110	40	45	1.22	2196
ICMINY30	NISSEI FNx110IIIT-18A	110	40	57	1.22	2781.6
ICMINY31	ARBURG	100	40	23	1.22	1122.4
ICMINY32	ARBURG	100	40	78	1.22	3806.4
ICMINY34	KRAUSS MAFFEI KM 130/750/CX	130	50	16	1.22	976
		TOTAL		1139	24.4	46506.4

Como se puede ver en el año 2016 se tiene un costo anual en dólares de \$58,446.85 y en lo que va del año 2017 se tiene un costo de \$46,506.4 que mensualmente en promedio representa \$4,997.77 Dólares (\$91,599.67 pesos), presentando un costo promedio de \$59,973.24 (\$1'099,169.04 pesos) anualmente.

Alcanzando el objetivo del proyecto es capaz de reducir (\$329,750.71 pesos) anualmente y 550 horas de tiempo muerto por proceso de cambio de moldes, horas que reflejadas como horas maquina es la oportunidad de generar **\$19,525 Dólares** (\$357 856.344 pesos) considerando que estas cantidades consideran únicamente el tiempo que el departamento de

montaje de moldes registra, siendo que este proyecto planea considerar todas las actividades involucradas el tiempo promedio que se considere al final debiera ser mayor que 1.22 hrs. Pero con el costo hora/máquina promedio usado en esta tabla (35.5 dólares).

VIII.- Hipótesis

VIII.I.- Hipótesis nula (H_0)

La media del tiempo de cambio de moldes con mejora propuesta es igual que la media de proceso original

$$\bar{X}_1 = \bar{X}_2$$

VIII.II.- Hipótesis alternativa (H_1)

Existe una reducción de la media de tiempo entre el proceso original de cambio de moldes y el proceso mejorado.

$$\bar{X}_1 < \bar{X}_2$$

VIII.III.- Variables de la hipótesis

VIII.III.I.- Variables independientes:

\bar{X}_1 = Valor de la media del tiempo del proceso con mejora.

\bar{X}_2 = Valor de la media del tiempo del proceso original.

VIII.III.II.- Variables dependientes:

\bar{Y}_1 = Costo económico anual del tiempo muerto del proceso con mejora.

\bar{Y}_2 = Costo económico anual del tiempo muerto del proceso original.

IX.- Marco Teórico

El origen del SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) varía dependiendo el autor, aunque es mayormente relacionado con el Dr. Shigeo Shingo (1909-1990) quien fuera un reconocido ingeniero mecánico japonés gracias a sus aportaciones a las prácticas en manufactura en el sistema de control de producción de Toyota Motors Company (Asenta, 2015) quien después de tener la necesidad de reducir el tiempo de ajuste de una prensa de 1000 toneladas se dio cuenta que el mayor problema era el ajuste interno y externo, fue así como pudieron recortar el tiempo a 90 minutos en tan solo seis meses, a lo que la administración sugirió bajar el tiempo total a 3 minutos. Al encontrar la solución de convertir los ajustes internos en externos, y de ahí nacieron ocho técnicas diferentes para reducir el tiempo necesario para realizar los ajustes, solo necesitaron a partir de esta etapa 3 meses para poder realizar los ajustes en 3 minutos. A este grupo de actividades y concepto fue bautizado como SMED (Tamburri, s.f.).

Dicho de otra forma, el objetivo principal del SMED es la reducción del tiempo necesario en el cambio de herramental empleado principalmente en la producción de diferentes tipos de productos. En palabras del Dr. Shingo el SMED es “un enfoque científico para la reducción del tiempo de preparación que se puede aplicar en cualquier fábrica a cualquier máquina” (McIntosh, 2000)

Entre los principales beneficios de la aplicación de esta herramienta se puede mencionar la posibilidad de reducción inventario y lotes de producción, mayor flexibilidad a la hora de cambiar entre productos realizados con una misma maquinaria, y principalmente convertir el tiempo de preparación en tiempo productivo, que en conjunto no solo son un reducción de gastos significativa, si no que le aporta ventajas competitivas a la organización como la capacidad de adaptarse a las necesidades y expectativas de la demanda, un mayor control de calidad sobre el producto y no retener stock innecesario debido a la tendencia del mercado de trabajar sobre pedido y no contra almacén como se hacía antes (Tamburri, s.f.).

El principio básico del SMED consiste en la clasificación de las actividades relacionadas en el cambio de configuración descrito previamente en dos conceptos clave, las *actividades Internas* y actividades externas.

- Las actividades internas son todas aquellas que se realizan mientras que la maquina no es productiva, desde la última pieza del lote hasta la primera pieza buena del nuevo lote.
- Las actividades externas son todas aquellas que interfieren en el cambio de herramental mientras la maquina sigue funcionando

Un punto importante que considerar es que no hay pasos específicos sobre su aplicación, la metodología consiste en principalmente en etapas que describen un proceso general adaptable a cada situación:

- IX.I.- *Primera Etapa SMED: Análisis previo de la situación.*

Consiste en la recopilación de los datos necesarios sobre el proceso inicial de la preparación de la maquinaria. Enlistar las actividades implicadas para poder determinar si estas son actividades internas o externas, se realizan a su vez mediciones del proceso para poder decidir acciones de mejora futuras con un mayor criterio.

- IX.II.- *Segunda Etapa SMED: Clasificar las actividades en Actividades Internas y Actividades Externas.*

Esta etapa reside en analizar clasificar las actividades de cambio de configuración como internas o externas siendo consciente de las carencias de eficiencia y la relación entre dichas actividades. Implica también el determinar las causas de los tiempos medidos para cada actividad ya sean estas el método, la mano de obra, las herramientas, la materia prima, el medio ambiente o el propio *lay out*.

- IX.III.- *Tercera Etapa SMED: Pasar las Actividades Internas a Externas.*

Esta es la etapa más crítica del proceso ya que de ella depende el éxito de la aplicación del SMED, requiere la coordinación de diferentes áreas y procesos, como lo puede ser producción, taller mecánico, montaje de moldes, programación de producción y servicio al cliente. Implica también el cambio de método de trabajo y comportamiento de los trabajadores que siempre supone resistencia.

Esta etapa busca realizar la mayor cantidad de actividades posibles mientras que la maquina está funcionando, de forma que se evite realizar el ajuste de maquina mientras la maquina esta parada. Esta etapa representa la mayor reducción de tiempo en la aplicación del SMED.

- IX.IV.- *Cuarta Etapa SMED: Adopción de otras medidas.*

En esta etapa se debe considerar la posibilidad de aplicar acciones correctivas modificando o eliminando actividades para reducir los tiempos a elementos que supongan un alto riesgo para el ejercicio, el uso de herramientas estadísticas como el diagrama de Pareto soportan estas decisiones. Estas acciones deben de enfocarse en las causas de los tiempos encontradas en la etapa dos. (Beurnio, 2012)

Existen ciertas condiciones para que la aplicación de esta metodología sea eficaz y logre los objetivos planeados:

- Hacer tomar conciencia de la problemática a los empleados, y prepararlos mediante la capacitación y el entrenamiento a los efectos de incrementar la productividad y reducir los costos mediante la reducción en los tiempos de preparación.
- Hacer un cambio de paradigmas, terminando con las creencias acerca de la imposibilidad de disminuir radicalmente los tiempos de preparación.
- Cambiar la manera de pensar de los directivos y profesionales acerca de las técnicas y medios para el análisis y mejora de los procedimientos. Se debe estar pendiente de métodos nuevos, fuera de una estructura cuadrada previa. Cada actividad, cada máquina, cada instrumento tienen sus propias y especiales características que las hacen únicas y diferentes, razón por la cual sólo se puede contar con un concepto general y no una estructura predefinida para encontrar solución a los posibles problemas de la optimización de tiempo pueda presentar.

El diagrama de la ilustración 15 instruye la reducción de tiempo en cada etapa el SMED.

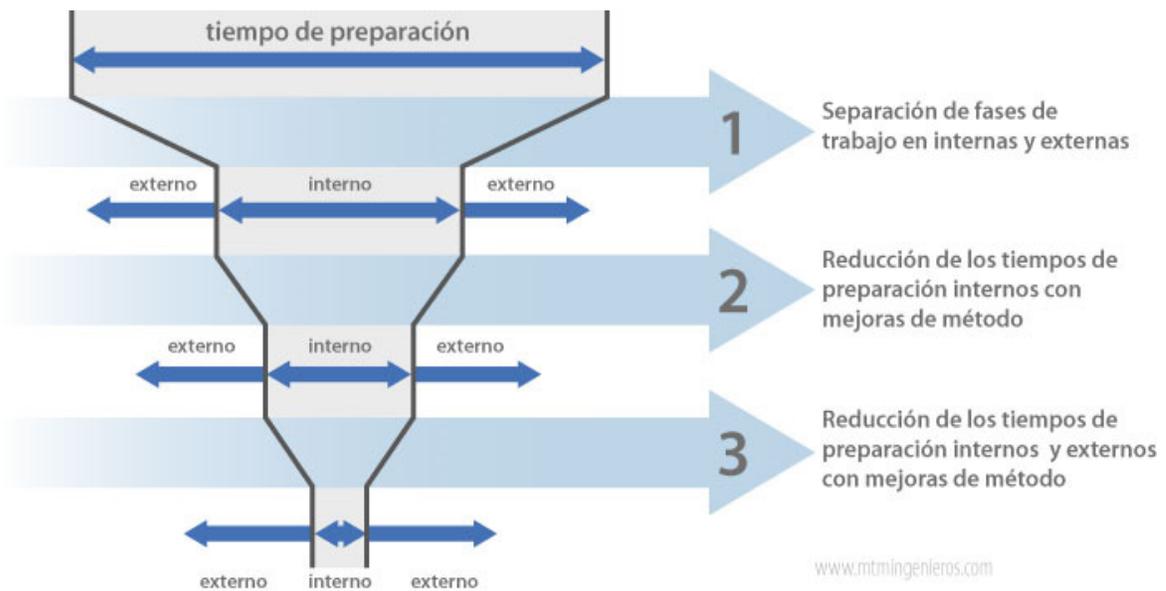


Ilustración 15 Representación gráfica de las etapas del SMED

X.- Antecedentes de la investigación:

Es necesario mencionar casos de éxito previos aplicando esta metodología debido a la complejidad que esta podría representar, pudiéndose mencionar el caso de un artículo publicado por la Conferencia Internacional de Ingenieros Industriales y Gerentes de Operaciones (*ICIEOM*) aplicando el método principal de este proyecto a la industria farmacéutica, específicamente al empaque realizado en blíster en el cual modificando el método de realizar las actividades, sin alterar el orden o la cantidad de las mismas fueron capaces de reducir un 63.79% del tiempo empleado en dicho empaque, que significan un ahorro de \$71,000 dls. al año. (Nieto, 2010)

Otro caso de éxito fue en una empresa dedicada a fabricar empaques de papel corrugado en el cual se enfocó el esfuerzo en el método de trabajo, el cual bajo ciertos ajustes, una estandarización con procedimientos y ajuste del proceso reduciendo el tiempo perdido en el

cambio de tintas en el área de impresión de una maquina SATUMO II consiguiendo una reducción de \$56,440 pesos anualmente, consiguiendo que se mejore la flexibilidad a diferentes tipos de impresión (Cuen, 2007). El ejemplo de aplicación de SMED analizado más similar a este proyecto fue en la empresa Queretana del grupo ASPEL, empresa que se dedica a la inyección de plástico, durante 2014 en el cual se encontró que el mayor problema para la generación de tiempos muertos fue el proceso de bridado y desbridado de los moldes, siendo esta actividad la que sufrió mayores modificaciones, reduciendo el tiempo de cambio de herramental un 33% mejorando las cuestiones ergonómicas para los trabajadores. (Rodríguez, 2014)

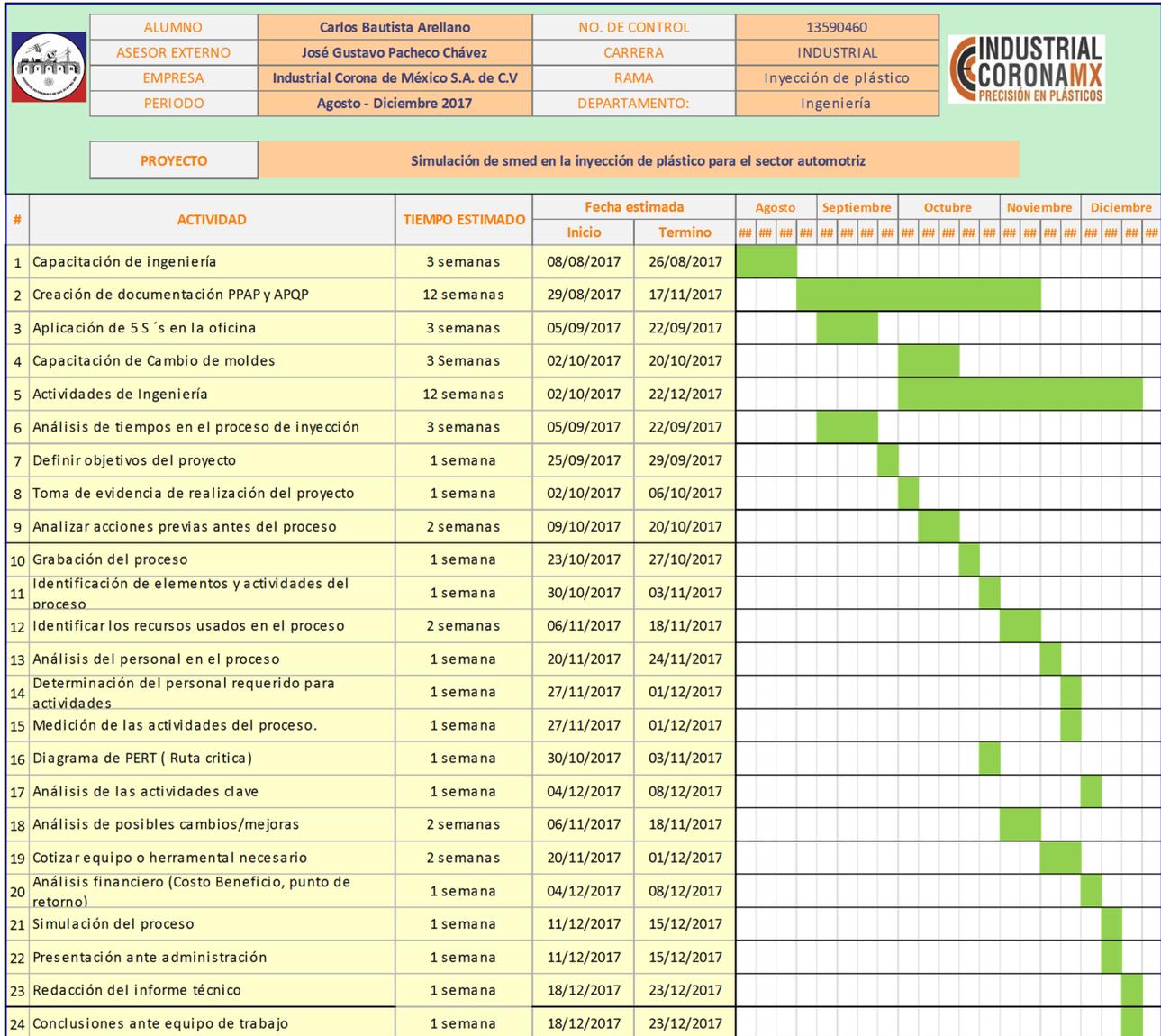
Un caso más reciente es el de una empresa maquinadora de vestimentas automotrices en el norte del país, en el cual se enfocaron las mejoras en el equipo y personal para el cambio de navajas por lo cual, tras la capacitación, la estandarización del proceso y la adecuación del área de trabajo se tuvo una reducción del 88.4% de tiempo muerto, \$698,608 dólares al año en ahorros. (Morales, 2015)

XI.- Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

XI.I.- Cronograma

Para la realización del proyecto se define el siguiente cronograma (tabla 12), que declara tanto actividades específicas del proyecto como tareas del puesto en la empresa.

Tabla 12 Cronograma / Diagrama de Gantt



XI.II.- Descripción de las actividades:

XI.II.I.- Actividades generales de Ingeniería:

- Capacitación de ingeniería
- Creación de documentación PPAP y APQP
- Aplicación de 5 S 's en la oficina
- Capacitación de Cambio de moldes
- Actividades misceláneas

XI.II.II.- Actividades específicas del proyecto:

- Análisis de tiempos en el proceso de inyección: Reunión con jefe de producción y Montaje de moldes para conocer las generalidades del proyecto y antecedentes.
- Definir objetivos del proyecto: Plantear las metas en la realización del proyecto.
- Toma de evidencia de realización del proyecto: Toma de fotografías y videos para documental el reporte técnico.
- Analizar acciones previas antes del proceso: analizar las actividades realizadas previo este proyecto y sus implicaciones.
- Grabación del proceso: Grabar las partes importantes para tener mediciones más precisas.
- Identificación de elementos y actividades del proceso: Utilizar la grabación para fragmentar el proceso en actividades individuales para su mejor estudio.

- Identificar los recursos usados en el proceso: Analizar los recursos utilizados en el proceso a fin de buscar posibles mejoras o áreas de oportunidad con el propósito de estandarizar.
- Análisis del personal en el proceso: Definir junto jefe de Montaje de moldes un requerimiento específico para el proceso, a fin de estandarizar.
- Determinación del personal requerido para actividades: Declarar el personal requerido para realizar cambios de procedimiento/mejoras.
- Medición de las actividades del proceso: comparar los tiempos de las actividades individuales para encontrar áreas de oportunidad.
- Diagrama de PERT (Ruta crítica): Análisis del tiempo general del proceso con la herramienta PERT.
- Análisis de las actividades clave: Determinar las actividades que requieran una mejora.
- Análisis de posibles cambios/mejoras: Plantear con Jefes de procesos las propuestas de mejora realizadas y considerar el efecto y factibilidad de cada una de ellas.
- Cotizar equipo o herramental necesario: Recabar información económica de los cambios propuestos.
- Análisis financiero (Costo Beneficio, punto de retorno): Declarar la factibilidad del proyecto y su aplicación, de modo que los cambios propuestos tengan un fuerte impacto en el proyecto de forma financiera.
- Simulación del proceso: Probar las propuestas en el proceso y los tiempos resultantes, comparándolos con los tiempos originales ya medidos de modo que se ahorren los costos de pruebas iniciales.

- Presentación ante administración: Presentar resultados a Gerencia y jefes de departamentos.
- Conclusiones ante equipo de trabajo

XII.- Aplicación de la metodología SMED:

XII.I.- Primera etapa:

Antes de considerar modificaciones al proceso se tiene que analizar las mejoras previas al inicio de este proceso para lo cual se consulta con el jefe de montaje de moldes; se consideró mejoras al método de transporte de los moldes a las maquinas donde las más grandes adecuaciones se han hecho sobre la grúa viajera, se consideró colocar una alarma para la seguridad de los operadores en el momento de transportar los moldes, colocar barras para sujetar tanto el gancho como los anillos, de forma que se puedan transportar todos a la vez, se colocaron seguros en las ruedas de manera que se regule la dirección en la que se mueve para que pueda ir en línea recta y reducir el tiempo que toma manejarla a través de la línea de producción (Fig. 16 – 19).

Se han propuesto también el colocar una grúa fija que recorra toda la nave guía sobre el piso o grúas puente, pero debido a las limitaciones que la inversión económica representa no se han podido llevar a cabo, así como la adecuación de platinas magnéticas, lo cual requeriría



Ilustración 17 Evidencia de ajustes a grúa viajera



Ilustración 16 Evidencia de ajustes a grúa viajera

de un tipo de maquina diferente, acto para lo cual se debió planificar antes de la compra de las diversas máquinas de inyección con las que se cuenta.



Ilustración 18 Evidencia de ajustes a grúa viajera



Ilustración 19 Evidencia de ajustes a grúa viajera

Es necesario de igual manera determinar las actividades que interfieren en el proceso de cambio de molde, de manera que a continuación se puedan clasificar en internas y externas, se empleó el instructivo de purga y el procedimiento de cambio de molde (*Anexo 1 y 2*), así como el formato para captura de datos (*Anexo 3*) para en primera instancia determinar las actividades que conciernen al proceso a analizar. Quedan principalmente las siguientes actividades:

- Disponibilidad de molde
- Entrega del herramental habilitado
- Transportar a pie de maquina el molde.
- Limpieza y purga de la máquina y husillo de inyección.
- Inspección de limpieza
- Entregar la maquina limpia y preparada
- Recibir el cambio de herramientas FPPP-04-05
- Verificar estado de la maquina
- Limpieza interna del molde
- Colocar grúa en posición para retirar el molde.
- Desacoplar botador
- Cerrar molde y colocar seguro
- Quitar sensor
- Poner cáncamo
- Asegurar y tensar el polipasto y cadena
- Desbridar
- Levantar molde con grúa
- Bajar molde sobre carrito estibador
- Transporte del molde a rack en taller
- Limpieza y secado de platinas
- Se carga el programa (parámetros de proceso)
- Colocar cadena al herramental a colocar.
- Levantar molde nuevo con grúa y ubicar sobre la maquina

- Alojarse el herramental en la platina fija
- Alinear barra de expulsión y dar ajustes de espesor o altura del molde
- Colocar bridas en partes fija y móvil
- Retirar polipasto
- Abrir molde en modo manual y ajustar a cero el botador
- Movimientos mecánicos de ajuste en modo manual
- Colocar circuito de enfriamiento
- Movimientos manuales del molde
- Ciclos en vacío
- Evaluar anomalías antes de entregar el cambio a producción
- Programación y ajuste de la máquina.
- Inicio de producción.
- Registro de formato fppp-04-05 "cambio de herramental"
- Registro de formato electrónico FPMM-01-01 "historial de cambio de herramientas"
- Registro de formato electrónico en el servidor: FPMM-01-02

Una vez se tienen las actividades a medir, se usa el formato de captura de tiempo (Anexo 4) para sacar el tiempo total del proceso considerando un molde estándar, de manera que no se midan los tiempos en un molde de rápido montaje, ni de un cambio tan largo, debido a que podría modificar la medición. En la tabla 13 se registraron las actividades realizadas y los tiempos que cada una se requirió para ser llevada a cabo.

Tabla 13 Registro de tiempo maquina ICMINY09

ESTUDIO DE TIEMPOS					
Departamento	Cambio de moldes	Estudio N°:	1		
		Hoja N°:	1	De: 1	
Descripción de la operación:	Montaje de herramental	Tiempo transcurrido:	165 min		
		Operario:	--		
Metodo utilizado:	Declarado en procedimiento	Observado por:	Carlos Bautista Arellano		
Pieza(s) realizada(s):	Housing Low	Fecha:	01/11/2017		
Maquina:	ICMINY09	Revisado:	Edgar Tecozautla		
Descripcion del elemento		Inicio	Final	Tiempo	Acumulado
Disponibilidad de molde		09:13	09:18	5	5
Entrega del herramental habilitado		09:18	09:23	5	10
Transportar a pie de maquina el molde.		09:23	09:33	10	20
Limpieza y purga de la máquina y husillo de inyección.		09:33	09:48	15	35
Inspección de limpieza		09:48	09:51	3	38
Entregar la maquina limpia y preparada		09:51	09:54	3	41
Recibir el cambio de herramientas FPPP-04-05		09:54	10:09	15	56
Verificar estado de la maquina		10:09	10:14	5	61
Limpieza interna del molde		10:14	10:24	10	71
Colocar grúa en posición para retirar el molde.		10:24	10:26	2	73
Desacoplar botador		10:26	10:29	3	76
Cerrar molde y colocar seguro		10:29	10:31	2	78
Quitar sensor		10:31	10:32	1	79
Poner cáncamo		10:32	10:34	2	81
Asegurar y tensar el polipasto y cadena		10:34	10:36	2	83
Desbridar		10:36	10:40	4	87
Levantar molde con grúa		10:40	10:43	3	90
Bajar molde sobre carrito estibador		10:43	10:46	3	93
Transporte del molde a rack en taller		10:46	10:56	10	103
Limpieza y secado de platinas		10:56	11:01	5	108
Se carga el programa (parámetros de proceso)		11:01	11:06	5	113
Colocar cadena al herramental a colocar.		11:06	11:07	1	114
Levantar molde nuevo con grúa y ubicar sobre la maquina		11:07	11:10	3	117
Alojar el herramental en la platina fija		11:10	11:13	3	120
Alinear barra de expulsión y dar ajustes de espesor o altura del molde		11:13	11:14	1	121
Colocar bridas en partes fija y móvil		11:14	11:18	4	125
Retirar polipasto		11:18	11:19	1	126
Abrir molde en modo manual y ajustar a cero el botador		11:19	11:22	3	129
Movimientos mecánicos de ajuste en modo manual		11:22	11:27	5	134
Colocar circuito de enfriamiento		11:27	11:32	5	139
Movimientos manuales del molde		11:32	11:34	2	141
Ciclos en vacío		11:34	11:36	2	143
Evaluar anomalías antes de entregar el cambio a producción		11:36	11:38	2	145
Programación y ajuste de la máquina.		11:38	11:48	10	155
Inicio de producción.		11:48	11:51	3	158
Registro de formato fppp-04-05 "cambio de herramental"		11:51	11:53	2	160
Registro de formato electrónico FPMM-01-01 "historial de cambio de herramientas"		11:53	11:55	2	162
Registro de formato electrónico en el servidor: FPMM-01-02		11:55	11:58	3	165

Este estudio inicial arroja un tiempo de 165 minutos total en el proceso de cambio de herramental, es importante mencionar que se notan huecos entre los procedimientos de

producción y montaje de moldes, los cuales den como resultados tiempos largos debido a la espera de que el proceso continúe.

Utilizando el programa Gantt Project se realiza ahora un diagrama PERTT que ayude a analizar las actividades más importantes para la futura reducción de tiempo (ilustración 20).

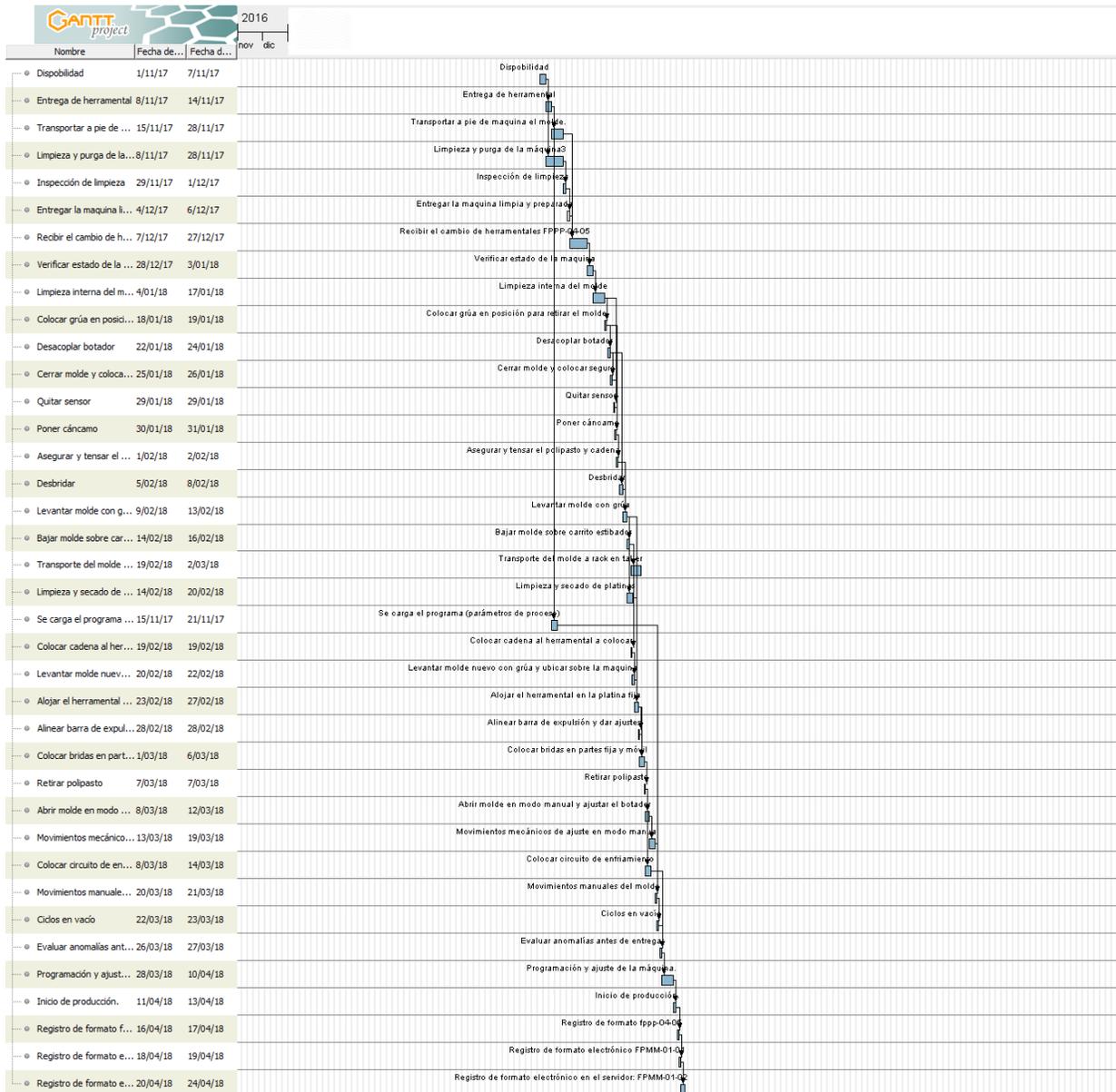


Ilustración 20 Gantt Project - Registro de datos diagrama de Gantt

XII.II.- Segunda etapa

La segunda etapa de la metodología SMED consiste en clasificar las actividades como internas y externas, dado que se tiene un claro concepto de cuando detiene la máquina, la clasificación de las actividades iniciales queda como en la siguiente tabla:

Tabla 14 Clasificación actividades internas y externas del proceso

ETAPA DEL PROCESO	ACTIVIDAD
Tiempo externo	Disponibilidad de molde
	Entrega del herramental habilitado
Tiempo interno	Transportar a pie de maquina el molde.
	Limpieza y purga de la máquina y husillo de inyección.
	Inspección de limpieza
	Entregar la maquina limpia y preparada
	Recibir el cambio de herramientas FPPP-04-05
	Verificar estado de la maquina
	Limpieza interna del molde
	Colocar grúa en posición para retirar el molde.
	Desacoplar botador
	Cerrar molde y colocar seguro
	Quitar sensor
	Poner cáncamo
	Asegurar y tensar el polipasto y cadena
	Desbridar
	Levantar molde con grúa
	Bajar molde sobre carrito estibador
	Transporte del molde a rack en taller
	Limpieza y secado de platinas
	Se carga el programa (parámetros de proceso)
	Colocar cadena al herramental a colocar.
	Levantar molde nuevo con grúa y ubicar sobre la maquina
	Alojar el herramental en la platina fija
	Alinear barra de expulsión y dar ajustes de espesor o altura del molde
	Colocar bridas en partes fija y móvil
	Retirar polipasto
	Abrir molde en modo manual y ajustar a cero el botador
	Movimientos mecánicos de ajuste en modo manual
	Colocar circuito de enfriamiento
	Movimientos manuales del molde
	Ciclos en vacío
Evaluar anomalías antes de entregar el cambio a producción	
Programación y ajuste de la máquina.	
Inicio de producción.	
Tiempo externo	Registro de formato fppp-04-05 "cambio de herramental"
	Registro de formato electrónico FPMM-01-01 "historial de cambio de herramientas"
	Registro de formato electrónico en el servidor: FPMM-01-02

Para lo cual se calcula un tiempo de las etapas, para poder comparar las diferencias después de la tercera etapa de la metodología SMED (tabla 15):

Tabla 15 Tiempo de las partes del proceso de montaje de moldes

ETAPA DEL PROCESO	TIEMPO POR ETAPA
Tiempo externo	10
Tiempo interno	148
Tiempo externo	7

Es importante señalar que el objetivo del proyecto de reducir un 30% el tiempo muerto aplica únicamente al tiempo interno ya que este es el único en el cual la maquina esta parada y no puede generar producto. Se consideran entonces 165 minutos como el tiempo total de cambio de molde, pero unicamente 148 minutos como tiempo muerto.

XII.III.- Simulación de proceso:

Se hace un paréntesis en este punto del proceso, de modo que se pueda analizar el método de simulación a realizar en el proyecto, debido a la naturaleza del proyecto se consideran 3 principales métodos de plantear una simulación posiblemente aplicable, en el cual el proceso

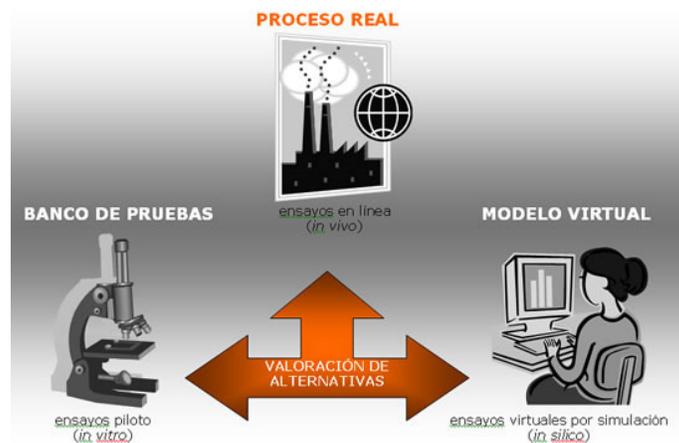


Ilustración 21 Tipos de simulación

real consiste en la aplicación del cambio durante un proceso normal de forma que los resultados sean contundentes y no requieran modelo matemático para llegar a la conclusión, un ensayo piloto se asemeja al anterior, solo que en un ambiente controlado y creado únicamente para la realización de la prueba; un tercer método basado en los modelos matemáticos requiere de la medición de las actividades que permita el análisis estadístico de los procesos, sin embargo, con este proceso no es posible ser fiel a las capacidades reales del proceso, la tabla 16 sirve de comparativa entre los diferentes sistemas de simulación,

Tabla 16 Tabla comparativa de tipos de simulación

Sistema de simulación	Ventajas	Inconvenientes
Experimentación con el proceso real	<p>Método directo</p> <p>Enfocado a nuestro proceso real</p>	<p>Limitaciones por disponibilidad (se tienen que adecuar los ensayos a las necesidades de producción)</p> <p>Limitaciones por coste (cambio de especificaciones y pérdida de capacidad productiva)</p> <p>Intervalos de trabajo explorados muy pequeños</p> <p>Aspectos éticamente delicados si se trabaja con sistemas biológicos (como sucede en medicina y farmacia)</p>

Creación de un banco de pruebas o prototipo	<p>Se contrastan experimentalmente las variables de proceso más importantes</p> <p>Se evalúan efectos sobre prototipos de productos</p> <p>Se sientan las bases para el escalado de procesos</p>	<p>Implica dedicar recursos a la construcción del dispositivo</p> <p>Limitaciones al tener que optar por formas de funcionamiento afectadas por la escala</p>
Simulación de procesos con modelos matemáticos	<p>No interfiere con ciclos de fabricación ni se modifican instalaciones existentes</p> <p>No se construyen prototipos</p> <p>Mayor flexibilidad para incorporar tecnologías, variables y combinación de niveles de dichas variables</p>	Adecuación del modelo a la complejidad necesaria de cada situación

Considerando las estas tres posibilidades se descarta la simulación del proceso con modelo matemático, debido a la necesidad de demostrar físicamente el ahorro de cambio, además de que la cantidad y complejidad de los elementos a considerar elevarían el costo y tiempo que representa la realización de este proyecto. La creación y reproducción de un prototipo necesita de la completa ocupación de la máquina, algo que según los datos demostrados en la justificación de momento no es posible debido a la carga laboral que Corona ha presentado los últimos meses, es por ello que se opta por la experimentación en tiempo real, ya que esto

permite realizar la simulación de la aplicación de las propuestas individualmente y es posible adaptarse a los tiempos de disponibilidad de la máquina, en lugar de quitar tiempo a la producción habitual, además de que permite tener evidencia en fotografía de cómo se vería la aplicación de la propuesta en la aplicación real. Usando este tipo de simulación limita los costos que representan la prueba de las propuestas y cumple con la necesidad de ocupar de probar las propuestas.

XII.IV.- Tercera etapa:

Cambiar la configuración de trabajo requiere de la participación de todo el equipo involucrado en el proceso, los siguientes cambios propuestos buscan unificar los esfuerzos de la organización en un trabajo cada vez más eficiente.

La siguiente propuesta considera las actividades que ya sea por realizarlas en diferente orden o gracias a pequeñas adecuaciones se pueden realizar fuera del tiempo interno, después se harán las propuestas para que esto sea posible.

Bajo la siguiente estructura propuesta (tabla 17) se tiene un tiempo interno de 113 minutos, que contra los 148 minutos del proceso actual representa una reducción del 24%.

Tabla 17 Clasificación actividades internas y externas del proceso propuesto

ETAPA DEL PROCESO	ACTIVIDAD
Tiempo externo	Disponibilidad de molde
	Entrega del herramental habilitado
	Transportar a pie de maquina el molde.
	Limpieza de la maquina
Tiempo interno	Purga del husillo de inyección.
	Inspección de limpieza
	Entregar la maquina limpia y preparada
	Recibir el cambio de herramientas FPPP-04-05
	Verificar estado de la maquina
	Colocar grúa en posición para retirar el molde.
	Desacoplar botador
	Cerrar molde y colocar seguro
	Quitar sensor
	Poner cáncamo
	Asegurar y tensar el polipasto y cadena
	Desbridar
	Levantar molde con grúa
	Bajar molde sobre carrito estibador
	Limpieza y secado de platinas
	Se carga el programa (parámetros de proceso)
	Colocar cadena al herramental a colocar.
	Levantar molde nuevo con grúa y ubicar sobre la maquina
	Alojar el herramental en la platina fija
	Alinear barra de expulsión y dar ajustes de espesor o altura del molde
	Colocar bridas en partes fija y móvil
	Retirar polipasto
	Abrir molde en modo manual y ajustar a cero el botador
	Movimientos mecánicos de ajuste en modo manual
	Colocar circuito de enfriamiento
	Movimientos manuales del molde
Ciclos en vacío	
Evaluar anomalías antes de entregar el cambio a producción	
Programación y ajuste de la máquina.	
Inicio de producción.	
Tiempo externo	Transporte del molde a rack en taller
	Limpieza interna del molde
	Registro de formato fppp-04-05 "cambio de herramental"
	Registro de formato electrónico FPMM-01-01 "historial de cambio de herramientas"
	Registro de formato electrónico en el servidor: FPMM-01-02

- Para llegar a este tiempo se generan diferentes propuestas, siendo la primera y más fácil de cumplir es el traslado de molde de rack a máquina y viceversa, en total 20 minutos. Lo único necesario para lograr este movimiento es realizar el primer traslado anticipándose según el programa de producción FPPP-04-01 considerando que se tendrá el molde en pie de maquina más tiempo, se recomienda señalización para evitar problemas de seguridad. Para el segundo traslado se dispondrá del molde a bajar en maquina durante el proceso de cambio, de manera que se propone modificar el procedimiento de cambio de molde para que se mueva la actividad hasta el final del cambio de molde. Para esta propuesta no se requiere inversión (Fig. 22 y 23).



Ilustración 23 Almacén de moldes



Ilustración 22 Traslado de molde a almacén

- La limpieza de la máquina y la purga del husillo tienden a realizarse cuando la maquina esta parada ya que se realiza por el mismo equipo, pero esto detiene el proceso debido a que la purga requiere que la maquina esté detenida. Se nota a su vez que no existe un procedimiento que declaró la limpieza de la máquina y el instructivo de purga explica el método a realizar, pero no el correcto modo de hacerlo. Se propone revisar el instructivo de purga de manera que incluya el equipo necesario y los movimientos del operador de forma que se optimice el tiempo y se estandarice el

método; también que se genere un instructivo para la limpieza de la máquina, que consideré la limpieza que sea posible realizar mientras la maquina este activa, incluida el ordenar el equipo de empaque y la mesa de trabajo del operador. Este cambio mueve 5 minutos a tiempo externo y no requiere inversión (ilustración 24-28)



Ilustración 26 Estructura de zona trabajo estándar



Ilustración 25 Área de trabajo limpia y preparada



Ilustración 24 Propuesta de área de trabajo simulada (Al final de la producción)



Ilustración 27 Propuesta de área de trabajo simulada (Al final de la producción)



Ilustración 28 Realización de trabajo en área de trabajo propuesta.

- La limpieza interna de molde se hace con este montaje, debido a que se emplea la máquina para abrir y cerrar las platinas, debido a que es indispensable limpiar las cavidades y corazones del molde antes de colocarlos en el rack correspondiente se propone que montaje de moldes directamente bajo el molde, y que el equipo de taller mecánico sea el encargado de la limpieza y drenado de este, al contar con las herramientas necesarias y el personal necesario, y al hacerse sin impedir que la máquina empiece a trabajar. Se propone que se indique en el procedimiento de cambio de moldes y que se genere un instructivo de limpieza de molde para el equipo de taller mecánico. Esta modificación transfiere 10 minutos a tiempo externo y no requiere inversión (ilustración 29-31)



Ilustración 30 Área de trabajo en taller mecánico preparada para trabajo en molde



Ilustración 29 Limpieza interna de molde

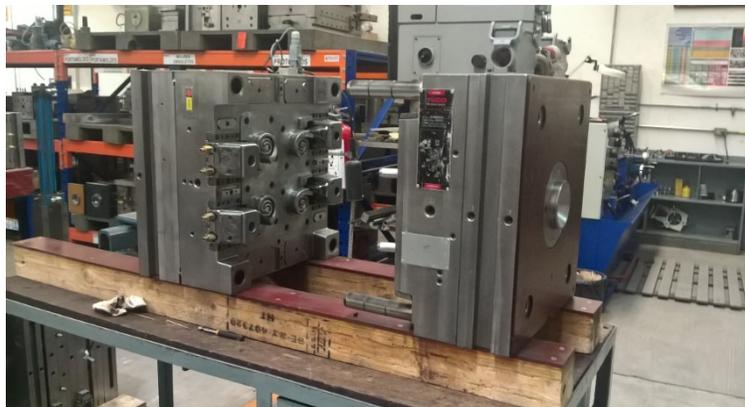


Ilustración 31 Limpieza externa de molde

XII.V.- Cuarta etapa:

La última etapa consiste en mejorar las actividades internas que no han sido capaces de convertirse en actividades externas, para ello se emplearán las actividades restantes del diagrama de PERTT, para estas actividades el ahorro se calcula con pruebas realizadas bajo supervisión del jefe de montaje de moldes Edgar Tecozautla.

- Fue observado que, aunque el proceso de recibir cambio de herramental es sencillo, ya que se basa en la notificación al equipo de montaje de moldes de parte de producción que la maquina ya se encuentra preparada esta requiere demasiado tiempo debido a que pueden ocuparse en diferentes actividades o a que no se encuentran la persona adecuada para dar la notificación, para reducir este tiempo se propone la adquisición de equipo de comunicación “*Walkie Talkie*” de 2 vías para al menos 3 personas (encargado de montaje de moldes, encargado de limpieza y preparación) y la respectiva capacitación para que se trabaje coordinadamente; esta propuesta supone una inversión inicial única de \$1,549 pesos (\$83 dls.) para una reducción de 13 minutos por cada montaje de moldes, esta reducción se ve tras una prueba realizada usando los teléfonos celulares de las personas involucradas para comunicarse entre ellos los cuales al recibir la indicación se comunicaron para darse la orden de que la maquina ya se encontraba preparada.
- En el proceso se considera la misma actividad, pero realizado por un departamento diferente, es importante señalar el porqué: El ajuste de los parámetros de inyección son primeramente revisados por montaje de moldes debido a que en ciertas ocasiones cambian las distancias de movimiento de molde debido a la barra de expulsión

colocada, se hace este ajuste pensando en la vida útil del molde. Una vez entregado el montaje de molde, producción se encarga del ajuste de parámetros basados en el formato FPIN-01-14 pensando en los volúmenes de producción y la calidad de la pieza, a su vez respetando el procedimiento de producción que indica seguir las instrucciones de la hoja de parámetros iniciales de inyección. Es por ello por lo que se propone eliminar la actividad de movimientos mecánicos realizado por montaje de molde, ya que con los movimientos en vacío debiera ser suficiente para garantizar la correcta instalación del herramental, dicha propuesta solo implica modificar el procedimiento de montaje de moldes para reducir 5 minutos al proceso y sin requerir ninguna clase de inversión.

XIII.- Resultados:

La aplicación de las propuestas presentadas por la metodología de SMED general una reducción de tiempo final mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 18 Comparativa tiempo interno inicial y final

ETAPA DEL PROCESO	TIEMPO INICIAL	TIEMPO CON MEJORAS
Tiempo externo	10	25
Tiempo interno	148	95
Tiempo externo	7	27

Se ve por lo tanto que hay una reducción de tiempo interno del 35.80% lo cual no solo demuestra la hipótesis alternativa dado que $\bar{X}_1 > \bar{X}_2$, sino que también alcanza el objetivo del proyecto de demostrar la capacidad de reducir al menos un 30% del tiempo muerto en el proceso de montaje de moldes.

La reducción de este tiempo también genera beneficios económicos a la empresa, los cuales se calculan con los costos por hora maquina proveniente de la tabla 9 (35.5 dls. hora/maquina), queda un cálculo de la siguiente manera:

Tabla 19 Análisis económico de la aplicación de proyecto

Propuesta	Inversión	Tiempo ahorrado (min)	Montajes realizados al año	Tiempo anual ahorrado (min)	Ahorro economico (DlIs)
Limpieza interna de molde	\$ -	10	1521	15210	\$ 8,999.25
Transporte de molde	\$ -	20	1521	30420	\$ 17,998.50
Recibir maquina preparada	\$ 83.00	13	1521	19773	\$ 11,616.03
Limpieza de maquina	\$ -	5	1521	7605	\$ 4,499.63
Movimientos mecanicos	\$ -	5	1521	7605	\$ 4,499.63
Total	\$ 83.00	53	7605	80613	\$ 47,613.03

Siendo **\$47,613 dólares** (\$889,796.3 pesos) el ahorro económico anual que se obtiene con la aplicación de las propuestas, cumpliendo satisfactoriamente el objetivo del proyecto de \$19,525 dls.

XIV.- Conclusiones y recomendaciones al equipo de trabajo.

Tras la aplicación de la metodología SMED se puede entender la importancia del trabajo coordinado, de la estandarización de los métodos aplicados en los cambios de molde y en la disciplina del personal necesario para llegar a un mutuo objetivo como organización. La simulación de las actividades durante el proceso normal fue el punto clave para demostrar la eficacia de las propuestas sin comprometer las actividades ordinarias en el proceso de la planta, por lo cual se puede entender a eficacia de la modificación de actividades. Es importante señalar como la reducción en pocas actividades puede tener un impacto tan significativo cuando la actividad se realiza constantemente durante el proceso, reduciendo más de 1300 horas de tiempo muerto al año, tiempo que mejora la disponibilidad de las máquinas, así como de la habilidad de la empresa a ser flexible ante los pedidos de los clientes, tener mayor capacidad de hacer pruebas con proyectos nuevos sin que estos requieran más tiempo de cambio de molde que de corrida y una mejor competitividad ante el mercado actual.

Se recomienda al equipo de trabajo continuar con las propuestas para reducir tiempo, que gracias a su experiencia en la inyección de plásticos deben de ver este proyecto como una oportunidad a iniciar un proceso de mejora continua, con revisiones mensuales a las actividades realizadas por Sistema de Gestión de calidad y de ser posible, agregarlo al plan de auditorías para fortalecer el compromiso de la administración.

Como punto específico se recomienda hacer adecuaciones a la grúa viajera debido al tiempo de vida que ha tenido (10 años) para evitar futuros accidentes y aumentar la vida útil de esta. A su vez, se recomienda que se mencionen las mejoras realizadas en el proceso de cambio

de molde durante las juntas de programación realizadas los miércoles a las 16:00 hrs. de manera que todo el personal sea capaz de entender el esfuerzo en reducir los tiempos muertos y se comprometan la mejora.

XV.- Competencias desarrolladas.

Durante estos meses realizando prácticas profesionales he sido capaz de desarrollar competencias personales, profesionales y organizacionales, gracias a la práctica constante, a la inmersión en el sistema y a la siempre útil retroalimentación de mis compañeros en la planta de Industrial Corona de México;

La autoconfianza, el autocontrol y la empatía ha sido elementos personales que he mejorado al desenvolverme en un entorno nuevo, con el peso que mi nivel educativo conlleva, la relación con superiores administrativos, operadores y compañeros de área me ha permitido entender como es un ambiente laboral, y ser pleno en el cómo individuo.

Como profesional, he desarrollado la conciencia de la ética laboral que me hacen un ingeniero competitivo como por ejemplo comprender la integridad como una capacidad de asumir mi responsabilidad ante las acciones y entender las consecuencias que tiene a la empresa, el compromiso, como la conciencia de mis responsabilidades para cumplir los objetivos de un grupo profesional dejando de lado las necesidades personales y la iniciativa de evitar el conformismo e ir más allá, sin limitarse a lo que se espera de cada persona y ser proactivo en el desarrollo de nuevas maneras de hacer las cosas y siendo capaces de aprovechar las oportunidades de mejora.

También entender mi rol dentro de la organización, bajo un reglamento y un código de conducta, entender también el objetivo de la empresa y como mi papel ayuda a llegar a este, comprender la necesidad e importancia de la comunicación, siendo esta clara y concisa para a su vez ser capaz de trabajar en equipo para tener sinergia entre los miembros de la organización, y sobre todo la formación continua, el aprender y enseñar para que la empresa mejore cada vez más sus resultados.

XVI.- Anexos:

		<h2>Sistema de Gestión de Calidad</h2> <h3>Cambio de Herramientales</h3>	
Categoría: Procedimiento.		Revisión: 05	Código: PMM-01-C
		Fecha: 06 de Noviembre de 2017.	
Referencia: 8.5 Producción y Provisión del Servicio.		Área: Montaje de moldes.	

Autorizaciones	FIRMA	FUNCIÓN
Elaboró		Coordinador de Montaje de Moldes
Revisó		Jefe de Sistema de Gestión de Calidad
Revisó		Programador de Producción
Revisó		Jefe de Taller Mecánico
Revisó		Jefe de Mantenimiento
Revisó		Jefe de Producción
Revisó		Coordinador de Producción
Revisó y autorizó		Gerente de Planta

06 de Noviembre de 2017	PMM-01-C	Hoja 1 de 9
-------------------------	----------	-------------

© Este documento es propiedad de Industrial Corona de México, S. A. de C. V. Queda prohibido el uso o reproducción total o parcial para fines no autorizados.

Anexo 1 Procedimiento de montaje de moldes

Sistema de Gestión de Calidad Instructivo de Purga

Categoría: Instructivo	Revisión: 05	Código: IPR-10-C
	Fecha: 20 de septiembre del 2017	
Referencia: 8.5 Producción y prestación del servicio.	Área: Producción	

AUTORIZACIÓN	FIRMA	FUNCIÓN
Elaboró	 <hr style="width: 100%;"/>	Coordinador de Producción
Revisó	 <hr style="width: 100%;"/>	Jefe de Producción
Revisó	 <hr style="width: 100%;"/>	Jefe de Calidad
Revisó	 <hr style="width: 100%;"/>	Jefe de Sistema de Gestión de Calidad
Revisó y Autorizó	 <hr style="width: 100%;"/>	Gerente de Planta



ESTANDARIZACIÓN

NOMBRE

Carlos Bautista Arellano

N.C.

13590460

CAMBIO DE MOLDES - ICM

NOMBRE

Edgar Tecozautla

FECHA

22-may-17

Item	Elemento	Depto.	Personal	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				

Anexo 3 Formato de registro de actividades

INDUSTRIAL CORONA DE MEXICO S.A DE C.V.		INDUSTRIAL CORONA DE MEXICO S.A DE C.V.														
PARÁMETROS INICIALES DE INYECCIÓN MAQUINAS TOYO, ENGEL, BOY, ARBURG.																
Fecha y hora:	4 de diciembre de 2017 08:32:16 a.m.		No. de molde:	CAPTURAR ID DE MOLDE			No. máquina:									
Descripción del producto:	CAPTURAR ID DE MOLDE			No. de cavidades:	CAPTURAR ID DE MOLDE			Tonelaje:	#N/A							
Numero de parte:	CAPTURAR ID DE MOLDE			Peso de la inyección completa:				Grs	Ciclo:							
Cliente:	CAPTURAR ID DE MOLDE			Peso de la pieza sin colada:				Grs	Realizo:							
MATERIA PRIMA				TEMPERATURAS DEL CAÑÓN °C												
Nombre comercial:	DEFINIR RESINA A USAR			Boquilla	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1	Garganta	Set Point						
Nombre técnico:	CAPTURAR ID MOLDE										Real					
Fabricante:	DEFINIR RESINA A USAR															
Color:	#N/A			Tolerancias sobre temperaturas +/- 10°C												
Máster:	¿SE USA MASTERBACH?			TEMPERATURAS DE COLADA CALIENTE °C												
% de molido:	CAPTURAR ID DE MOLDE Máx. permisible			Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10			
Secado de material:												Set Point				
Equipo de secado:	#N/A											Real				
Temperatura de secado:	CAPTURAR ID MOLDE °C			Tolerancias sobre Temperaturas +/- 10°C												
Tiempo de secado:	CAPTURAR ID MOLDE Hrs															
PERFIL DE INYECCIÓN																
T. de llenado (s)	SOSTENIMIENTO			COMUTACION		INYECCION DINAMICA			DOSIFICACION							
	Presión	Tiempo (s)		Por posición (mm)		Velocidad m/mh	Carrera (mm)		Etapas	#N/A	Rpm	Dosificación (mm)				
T. de enfriamiento (s)	#N/A Tol ± 1 s			Tol ± 0 mm				1								
Tol ± 0.0 s	MAX. PRESION DE INYECCION							2								
Cójin (mm)	Real	Set		PRESION ESPECIFICA AUMENTADA (ENGEL)				3	Descompresión antes de cargar #N/A Posición (mm)							
Tol ± 2mm	#N/A							4	Descompresión después de cargar #N/A Posición (mm)							
PERFIL DE APERTURA Y CIERRE DE MOLDE																
CIERRE DE MOLDE						SEGURIDAD DEL MOLDE		APERTURA DE MOLDE								
Cierre de molde	1	2	3	4	5	6	Añá presión KN	Tiempo de cierre (s)	Apertura de molde	1	2	3	4	5	6	
Carrera (mm)							Tol ± 50 KN Tol +0.5/-0 s		Carrera (mm)							
#N/A									#N/A							
#N/A									#N/A							
BOTADOR AVANCE			BOTADOR RETROCESO			No. DE BOTADOS	NOYO ADENTRO			NOYO AFUERA						
Carrera (mm)	1	2	3	Carrera (mm)	1	2	3	2	Carrera (mm)	1	2	3	Carrera (mm)	1	2	3
#N/A				#N/A					#N/A				#N/A			
#N/A				#N/A					#N/A				#N/A			
PERIFERICOS																
Parte del molde	Termorregulador °C		Agua de máquina °C		Chiller °C		RELACION INYECCION/SOSTENIMIENTO									
Lado fijo							CAPTURAR VALORES									
Lado móvil																
Correderas																
Corazones																
Tolerancias sobre Temperaturas +/- 10°C																
CONTROL DE CAMBIOS																
Índice	Fecha	Motivo														
OBSERVACIONES:																
AUTORIZACIÓN DE PARAMETROS INICIALES DE INYECCION.																
NOMBRE Y FIRMA						Abreviaturas de las unidades que aplican en este proceso:										
ELABORÓ PRODUCCIÓN:						Presiones y contrapresiones: bares (bar), Mega pascal (MPa),										
						Kilowatt ton (kW)										
APROBÓ INGENIERÍA:						Temperaturas: Grados Celsius (°C),										
						Tiempo: Segundos (s)										
						Recorridos (mm)										
						Revoluciones por minuto (rpm)										
						Velocidades (%) - (mm/s)										

Anexo 5 Formato de registro de parámetros de inyección

XVII.- Lista de referencias:

ASENTA Management Consultants. (2015). *Enseñanzas de Shigeo Shingo*. ASENTA

Management Consultants. Recuperado de:

<http://www.asenta.es/src/uploads/2015/12/ENSENANZAS-DE-SHIGEO-SHINGO.pdf>

Beurnio, J.H., (2012). *Diseño de un plan de mejora mediante las metodologías 5s y SMED para una línea de mecanizado*. Sevilla, España: Ingeniería Organización

Cuen, J. R., (2007). *Análisis de Cambios de Programación desde la perspectiva de la Metodología SMED*. Sonora: Instituto Tecnológico de Sonora.

Düsseldorf, M. (2016). *An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Bruselas, Belgica: PlasticsEurope.

EMERSON Process Manegement. (2002). *Introducción a la Efectividad General Del Equipo*. PlantWeb University. Recuperado de:

http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/BusSch-OEE_101es.pdf

Góngora, J, P. (2014). *La industria del plástico en México y el mundo*. Comercio Exterior. 64(5), 6-9. Recuperado de:

http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la_industria_del_plastico.pdf

McIntosh, R.I., Culley, S.J., Mileham, A.R., Owen, G.W. (2000). *A critical evaluation of shingo's 'SMED' methodology*. International Journal of Production Research.

Morales, M.C., (2015). *SMED: técnica de manufactura con gran impacto en la reducción de costos*. Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Nieto, F.E., (2010). *Desarrollo de la metodología SMED para reducir los tiempos generados por cambios de referencia en el área de empaque de una empresa del sector farmacéutico en la ciudad de Cali*. São Carlos, Brazil: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

Rodríguez, J.D., (2014). *SMED de cambio de molde en máquina de inyección ARBURG*. Santiago de Querétaro: Universidad Tecnológica de Querétaro.

Tamburri, D. (s.f.). *Single Minute Exchanges of Dies (SMED. Mantenimiento y Montaje Electromecánico*. Recuperado de: <http://ingenieriahp.com/blogs/wp-content/uploads/2014/06/Resumen-y-ejemplo-de-TP-SMED.pdf>

Tapia, P. (24 de enero de 2017). *Industria del plástico crecerá 6% en 2017*. Milenio. Recuperado de: <https://www.pressreader.com/mexico/milenio/20170124/281947427563388>

