



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

Proyectos de Aplicación Profesional

4F04 Mejoramiento de la calidad, productividad y logística en la industria regional

5S's y mejoramiento de la productividad en Iniciativas Industriales de Jalisco S.A. de C.V.

PRESENTAN

Lic. en Ingeniería Industrial, Víctor Adrián Martínez Robles

Lic. en Ingeniería Industrial, Samara Stephanie de la Torre Tapia

Lic. en Ingeniería Industrial, Diana Patricia Rivas Ocampo

Profesores PAP: Francisco Javier Villanueva Villanueva y Jorge Luis Chimal Figuroa

Tlaquepaque, Jalisco, diciembre de 2017

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP.....	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	3
1. Introducción	4
1.1. Objetivos	4
1.2. Justificación.....	4
1.3 Antecedentes	6
1.4. Contexto.....	7
2. Desarrollo	9
2.1. Sustento teórico y metodológico	9
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto	14
3. Resultados del trabajo profesional.....	28
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto.....	41
5. Conclusiones	46
6. Bibliografía.....	48
Anexos.....	50

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.

A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

En el periodo escolar otoño 2017 se trabajó en conjunto con la empresa INJAL, que se dedica al diseño y fabricación de alcantarillado de plástico reciclado. Este reporte se desenvuelve en dos partes: las 5S's en las áreas de ensamble y mantenimiento, y la mejora de la productividad en el área de moldeo.

El área de producción no cuenta con un sistema o metodología para mantener un orden y limpieza de manera permanente, lo que obstaculiza una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Se recurrió a la implementación de la metodología 5's para separar lo necesario de lo innecesario, establecer un orden y limpieza en el área de ensamble y mantenimiento.

Se realizó un análisis de los procesos con la aplicación de las tres primeras "s". Se buscaron oportunidades de mejora para el ahorro en costos, reducción de accidentes y el incremento en la productividad. Se aplicó la primera "s" en ambas áreas y se creó una propuesta para implementar la segunda y tercera "s", misma que se entrega a la administración de INJAL, así como la implementación de ayudas visuales y señalamientos en el área de producción.

Para el aumento de la productividad en el área de moldeo, se analizó el proceso de producción de las alcantarillas, específicamente la extrusión, el enfriamiento y desmoldeo del producto, con el fin de proponer el área de mejora y establecer la propuesta de solución al cuello de botella.

1. Introducción

1.1. Objetivos

El proyecto de 5S's parte del análisis del sistema actual de INJAL para realizar una propuesta de mejora en las áreas del ensamble y mantenimiento. La empresa menciona que existe un alto grado de desorganización en el área de producción y no existe un control al día sobre la cantidad de herramientas y consumibles que se cuentan en cada área.

En el desarrollo del reporte se explica a detalle las actividades y las propuestas con sus respectivos beneficios y justificaciones para mejorar las condiciones de trabajo en las áreas mencionadas y aumentar la productividad.

Los objetivos de este proyecto son:

- Proponer e implantar acciones para llevar a cabo la clasificación, orden y limpieza de las herramientas de trabajo y consumibles de las áreas de ensamble y mantenimiento durante las 16 semanas del periodo otoño 2017.
- Crear ayudas visuales, durante el mes de septiembre del 2017, que permitan identificar las puertas de cajas de luz y máquinas de toda el área de producción para que permanezcan cerradas cuando no se necesiten.

El proyecto de mejoramiento de la productividad contiene como objetivo:

- Proponer una solución al proceso de enfriamiento para reducir el tiempo de ciclo durante el periodo de otoño 2017.

1.2. Justificación

5S's

La metodología de las 5S's "es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo. Por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual y grupal para mejorar el ambiente de trabajo, la seguridad de las personas y equipos, y la productividad" (Sacristán, 2005).

INJAL es una empresa que trabaja bajo pedido y que requiere cubrir su demanda de producción diaria para satisfacer los pedidos de sus clientes en tiempo. Esto genera: grandes cantidades de desecho de la rebaba de los productos en el suelo del área de ensamble, ya que no se cuenta con un plan o itinerario de limpieza;

desorden de consumibles y herramientas, debido a que no se tiene un lugar designado para su almacenamiento; y gran cantidad de artículos innecesarios, lo cual hace muy evidente la falta de organización y el riesgo por accidente es un peligro latente.

Debido a esto, la empresa ve en su necesidad el implantar la metodología de las 5S's para mejorar las condiciones laborales en la zona, incrementar la eficiencia en los procesos, reducir el riesgo de accidentes y la contaminación del área, y crear una cultura de trabajo en la cual el personal obtenga la capacitación suficiente para la mejora continua.

Se decidió comenzar con las áreas de mantenimiento y de ensamble, ya que fue lo acordado con los Ingenieros de INJAL y además se acotó el proyecto para implementar solo las tres primeras "s", ya que para la cuarta "s", disciplina, se necesita convertir en habito el empelo y la utilización de los métodos establecidos y estandarizados en las tres "s" previas. (Galván, García, Cuevas, Peña, & Venegas, 2005) (Galván, García, Cuevas, Peña, & Venegas, 2005)

Mejoramiento de la productividad

INJAL utiliza el principio de extrusión para la elaboración de alcantarillas de plástico donde posteriormente a la inyección del plástico en moldes, estos se trasladan con ayuda de grúas a tinas de agua donde son depositados para que comiencen con su enfriamiento. La empresa cuenta con cuatro tinas de enfriamiento las cuales tienen una capacidad de ocho moldes máximo por tina.

Debido a las continuas jornadas laborales y a que el agua de las tinas no circula, la temperatura del agua incrementa en función de la carga de producción y la temperatura del medio ambiente, lo que genera un largo proceso de enfriamiento. Este es el proceso que consume el mayor tiempo dentro del flujo total de la producción de alcantarillas. Aunado a que la optimización de esta área en específico requiere el menor monto de inversión respecto a los beneficios que obtiene la empresa al disminuir el ciclo de producción de sus productos.

Comentado [VVFJ1]: Mencionar que el agua esta estancada o que no circula

1.3 Antecedentes

5S's

Durante el periodo de primavera 2016, tres estudiantes implantan la NOM-017-STPS-2008 para establecer el uso de Equipo de Protección Personal (EPP) y un manual de seguridad para los empleados. Su uso es personal y obligatorio dentro de la empresa, según el análisis de riesgo implementado en la planta. También, se implanta la NOM-026 para buscar materiales que reduzcan los tiempos de enfriamiento y minimizar el cuello de botella en producción.

La empresa no tiene antecedentes sobre la implantación de 5S's en el área de producción, por lo que empieza su establecimiento a partir de este periodo de otoño 2017. Las imágenes sobre la situación de la empresa al inicio de este proyecto, se encuentran en el *Anexo 1: Memoria fotográfica INJAL antes del proyecto*.

Mejoramiento de la productividad

En un periodo anterior se realizó un proyecto, el cual tuvo como objetivo identificar los cuellos de botella y las áreas de mejora. A consecuencia de los datos arrojados por dicho proyecto se llegó a la conclusión de que el área de enfriamiento representa el 83% del tiempo del flujo del proceso de inyección, enfriamiento y desmolde. El diagrama de flujo (Ilustración 1) indicó que 66.25 minutos es el tiempo promedio del flujo en estos procesos y donde 55 minutos el producto lo pasa dentro de las tinas de agua.

La Tabla 1 refleja los tiempos del proceso de enfriamiento en los productos más vendidos: halo tapa, halo brocal, sexta tapa, sexta brocal.

Artículo	Halo Tapa	Halo Brocal	Sexta Tapa	Sexta Brocal
Tiempo en el Proceso de Enfriamiento	60 min	40 min	60 min	60 min

Tabla 1. Tiempos de enfriamiento en los productos más vendidos.

**Diagrama de flujo del proceso de Inyección,
Enfriamiento y Desmolde**

Ubicación: INJAL SA de CV

Actividad: Inyección y desmolde

Fecha: 14 de junio del 2017

Elaboró: Eliseo Navarro e Iker Ibarguengoitia

Diagrama: Actual

Resumen	
Tiempo Total	65.25 min.
Porcentaje de Valor	17.56
Porcentaje de No Valor	82.35%

Descripción de la Actividad	Símbolo					Tiempo (s)
						
Conectar el molde			1			20
Dar flujo al molde			1			20
Llanado	1					420
Inspección de tolva del material				1		0
Inspección de nivel de llenado				1		0
Cerrar el flujo			1			20
Llenar la bitácora de producción			1			20
Quitar la abrazadera			1			10
Quitar el molde			1			10
Transporte		1				25
Enfriamiento	1					3300
Transporte		1				25
Quitar tuercas y pernos			1			20
Desmoldeo	1					75
Inspección Visual				1		5
Transporte		1				5
Almacén					1	

Ilustración 1. Diagrama de flujo del proceso de inyección, enfriamiento y desmolde.

1.4. Contexto

El proyecto se desarrolla en la empresa *Iniciativas Industriales de Jalisco S.A. de C.V. (INJAL)*. Se ubica en Río Zapotlán, #18, El Rosario, Guadalajara, Jalisco. Cuentan con una amplia variedad de productos de plástico reciclado para alcantarillado desde el 2005, y destaca que todos están hechos con base en polietileno por lo que son ecológicas, ligeras y resistentes.

Su materia prima está conformada por polietileno de baja densidad, la cual se recicla principalmente de películas para invernaderos y usos agrícolas, como también botellas retornables y sacos de plástico (Polietileno de baja y alta densidad, pág. 3). La empresa recibe sacos gigantes de producto clasificado de dos maneras; agrícola acolchado, el cual es el reciclado de películas para invernadero; y normal, proveniente de cualquier otro derivado de polietileno.

Para el proceso de moldeado cuentan con una extrusora de husillo sencillo, a la cual le introducen la materia prima sólida. Al paso por la extrusora y las altas temperaturas que maneja, el plástico comienza a pasar de estado sólido a líquido para posteriormente salir de la extrusora por la boquilla.

La boquilla conecta a dos salidas, en las que el operador puede enlazar, como máximo, dos moldes. Los moldes que utiliza INJAL son variables en dimensión y volumen, y depende la especificación del cliente. Posterior a la inyección los moldes se depositan en tinas de agua para comenzar su periodo de enfriamiento.

La empresa tiene a su disposición 4 tinas de agua con capacidad de enfriar 8 moldes al mismo tiempo por tina, sin embargo, introducen en promedio 5 moldes como máximo. Estas tinas no cuentan con ningún sistema de enfriamiento, por lo que se encuentran a temperatura ambiente si no son utilizadas. Esto hace que, a lo largo del día, al depositar numerosos moldes la temperatura del agua incrementa. Los moldes necesitan un largo periodo en las tinas de agua para poder desmoldarse. El tiempo promedio de enfriamiento es 55 minutos por molde según el diagrama de flujo antes presentado en la Ilustración 1.

Para desmoldar los moldes, el plástico debe llegar a temperatura ambiente porque, de no ser así, el producto sufre deformaciones a la hora de ser desmoldado debido a las propiedades del polietileno.

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico

Para el proyecto se recurren a distintas herramientas para su desarrollo, análisis de su situación actual y la creación de propuestas, que se describen a continuación.

Las 5S's

La metodología japonesa de las 5S's ayuda a cualquier tipo de empresa a mejorar la calidad y la productividad. Su nombre tiene origen en cinco palabras japonesas que inician con la letra "s": seiri (seleccionar), seiton (organizar), seiso (limpiar), seiketsu (estandarizar), y shitsuke (disciplinar).

La primera "s", seleccionar, significa separar lo necesario de lo innecesario para realizar de mejor manera las operaciones productivas. Se definen criterios de selección con base en el tiempo, la frecuencia de uso y la cantidad a usarse. Los objetos no seleccionados son separados hacia un espacio donde no estorbe el trabajo cotidiano.

La segunda "s", organizar, indica ordenar los artículos, equipos o documentos necesarios para facilitar el uso e identificarlos para que puedan ser localizados con facilidad. Después de seleccionar lo necesario y verificar la cantidad de objetos disponibles en el área de trabajo, se debe asignar un lugar en específico para cada objeto.

La tercera "s", limpiar, mantiene en buenas condiciones el equipo de trabajo y elimina las fuentes de suciedad para conservar limpio el lugar. Se determina un programa de limpieza con los lugares a limpiar y la frecuencia requerida, y se definen los métodos de limpieza con cada una de las actividades a realizar para proceder con dicha actividad.

La cuarta "s", estandarización, define una manera consistente de realizar las actividades de las tres "s" anteriores. En otras palabras, se integran los trabajos de selección, organización y limpieza en el trabajo regular, al final, se evalúan los resultados.

La quinta "s", disciplina, es crear condiciones que fomenten el compromiso de los trabajadores para formar un hábito con las actividades relacionadas con las

5S's. Se verifica que todas las actividades planeadas con base en esta metodología se realicen de manera constante, así mismo, dar capacitación a todo el personal e incorporarlo en el programa de inducción para los nuevos empleados.

Tarjetas Rojas

A este tipo de tarjetas se le caracteriza por su color rojo, tal como lo indica su nombre, y se utilizan para marcar y registrar elementos innecesarios en el área de trabajo, posteriormente dar seguimiento con la acción a tomar para cada uno de los elementos detectados.

Poka Yoke

Es una herramienta que trabaja a prueba de error, en donde se busca crear procesos o procedimientos en los cuales se minimice o elimine la probabilidad de equivocaciones o para detectar cuando los errores ocurran. Son maneras sencillas y de bajo impacto económico que ayudan a minimizar el riesgo, se ahorran enormes cantidades de dinero y de tiempo previniendo fallas, accidentes, retrabajos y desperdicios.

La herramienta funciona como una medida de control o de advertencia, dependiendo de si lo que se busca es impedir que un error ocurra o avisar cuando un error suceda, y funciona como medida de apoyo para que el operador desempeñe sus actividades.

Fábrica Visual

Es una herramienta *Lean* que recurre distintos recursos visuales para proporcionar información de fácil y rápida percepción para los operadores. Se utiliza para eliminar demoras, reducir el riesgo de equivocaciones y evitar la solicitud de información continuamente. Las ventajas de la aplicación de este modelo son: el aumento de productividad, reducción de costos, entregas a tiempo y mejor control de inventarios.

Este modelo busca reducir el tiempo que se le dedica a todas aquellas actividades dentro de una empresa que no generan valor, ya que esto también se considera como desperdicio, ya sean todos los recorridos o paros en el proceso. A través de las ayudas visuales se refuerza el conocimiento del área y proceso, que el operador debe tener presente en todo momento.

Gemba

Es un término japonés que significa “el lugar real”, dicho en una empresa, Gemba significa “el lugar donde se crea el valor”, es decir, la línea de producción o el piso de la fábrica. La caminata Gemba es entender la secuencia del valor y sus problemas, en donde “se denota la acción de ir a observar el proceso, entender la manera como se está desarrollando el trabajo, hacer preguntas y aprender” (Sánchez, 2014).

Plástico

Plástico proviene de la palabra griega *Plastikos*, cuyo significado es que es capaz de ser moldeado. Esto es que en alguna etapa de su producción o transformación puede tomar formas útiles de acuerdo a nuestra voluntad. Son sustancias estructuradas con grandes moléculas basadas en la arquitectura del carbono y resultan total o parcialmente de la industrialización del petróleo (González, 1995, pág. 29).

Polietileno

“El polietileno es el plástico de mayor consumo en México y el mundo por su bajo costo, propiedades mecánicas y resistencia química” (González, 1995, pág. 121).

Los polietilenos se clasifican con base en la densidad que cada uno de los tipos tiene. Siendo la densidad del polietileno de baja densidad (LDPE) 0.910-0.940 gr/cm³. El polietileno de baja densidad se utiliza para la producción de películas para todo tipo de empaque, bolsas económicas de supermercado, películas de uso agrícola y de construcción, envases y botellas de corta vida en aparador, envases para cosméticos, productos medicinales y solventes, como también juguetes económicos, ductos para instalaciones eléctricas, mangueras, placas y tablas.

Enfocándonos en esta resina por ser la materia prima que utiliza INJAL podemos decir que algunas de sus características son como se dijo antes, notable resistencia química, como también muy bajo peso, flexible y muy resistente a la fatiga, buenas propiedades dieléctricas, fácil de ser procesado, aprobado por las principales normas para estar en contacto con alimentos y bajo costo (González, 1995, pág. 122). Las propiedades químicas de cada tipo influyen en su resistencia ante el ataque de diversas sustancias, pero se puede generalizar su resistencia al agua y soluciones acuosas. Resisten solventes comunes hasta temperaturas

menores a 60 °C, mayores a esta son atacados rápidamente. Sus propiedades térmicas también dependen de la densidad del polietileno, pero las temperaturas máximas de trabajo del LDPE oscilan entre 82 °C y 100 °C (González, 1995, pág. 121).

Ya que INJAL utiliza polietileno de baja densidad reciclado para su proceso de fabricación de alcantarillas es indispensable saber que popularmente a este producto se le conoce material “recuperado” y el producto al pasar por el proceso de reciclado pierde algunas de sus propiedades en menor o mayor grado dificultando ofrecer propiedades uniformes en grandes lotes de producción de “recuperado” (González, 1995, pág. 62).

Extrusión

La empresa utiliza el principio de extrusión para la fabricación de las alcantarillas la cual hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante (Beltrán, s.f., pág. 3).

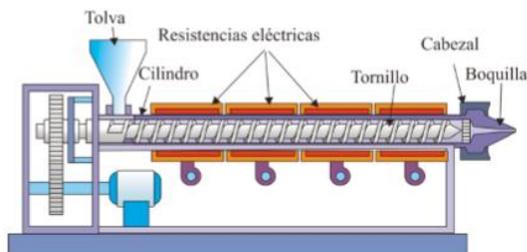


Ilustración 3 Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo

Por las características de este proceso todos los termoplásticos pueden ser transformados así y existen tres tipos de máquinas extrusoras; de husillo o tornillo simple, de husillos múltiples y de pistón. Siendo la extrusora de husillo la más común en la industria, INJAL cuenta con una para la producción de sus artículos. El LDPE atraviesa por tres estados físicos a lo largo de la extrusora: sólido, conglomeración del material sólido con la masa caliente y, finalmente se transforma en masa fundida la cual posteriormente es inyectada a los moldes de INJAL. (González, 1995, pág. 170)

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- Descripción del proyecto

Los planes de trabajo de ambos proyectos se representan, gráficamente a continuación, en dos cronogramas diferentes. En ellos se detallan las actividades, fechas y tiempo de trabajo. El cronograma del proyecto de las 5S's comprende las tres primeras "s", la retoma del reglamento interno para el manual de seguridad. Mientras que el proyecto de mejora de la productividad abarca el análisis, la investigación y la propuesta solución para el proceso de enfriamiento. Además, la realización de las actividades comunes del periodo PAP de ambos proyectos, como presentaciones y reuniones.

- Plan de trabajo (Cronogramas)

La Ilustración 2 contiene el plan de trabajo para el proyecto de "5S's". La Ilustración 3 muestra el cronograma inicial de las actividades para el proyecto "Mejoramiento de la productividad", mientras que la Ilustración 4 refleja el plan de trabajo real de las actividades a realizar dentro de la empresa.

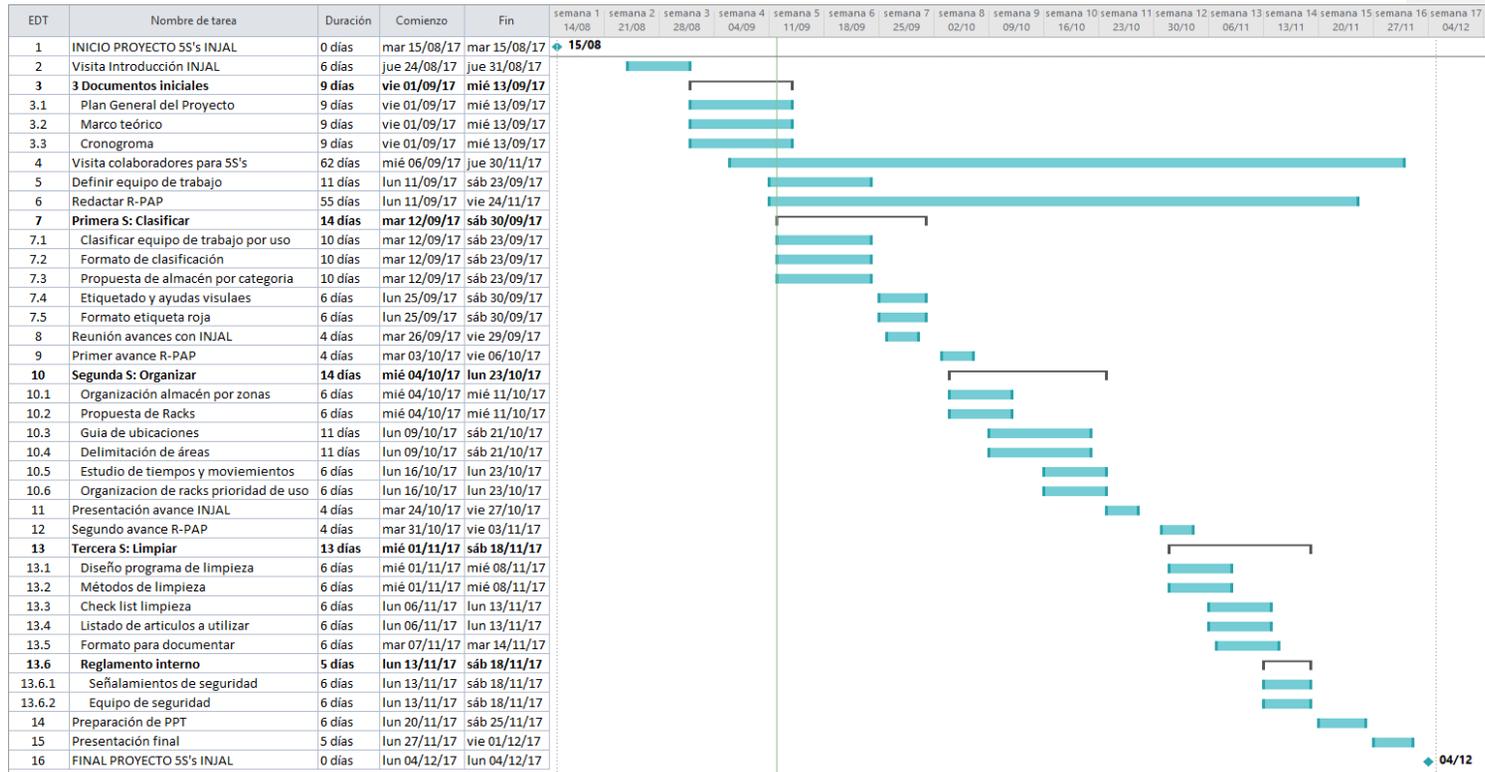


Ilustración 4. Cronograma de trabajo para el proyecto 5S's

Secuencia	Tipo de Acción	Descripción de Actividad	Persona Experta en la actividad	Día / Semana	Comentarios
10	Investigación	Conocer el Flujo del Proceso de Producción y la empresa.	Mario	Semana 3	Materia Prima: Polietileno de Baja Densidad.
20	Investigación	Investigación de alternativas en el proceso de manufactura en la etapa de enfriamiento.		Semana 4	Sistema por Recirculación Abierto = Sistema de Enfriamiento Directo. Se hace por medio de una torre de enfriamiento.
30	Definición	Establecer y desarrollar el material de trabajo para la adquisición de datos.		Semana 5	Tabla de tiempos, temperatura del agua, estructura anterior
40	Definición	Definir Proyecto y reclutar firmas.	Carolina	Semana 6	
50	Extracción	Toma de Datos de tiempo del área de enfriamiento.	Armando	Semana 6	Formato de horarios para sacar alcantarillas.
60	Definición	Plantear propuesta	Jaime	Semana 7 y 8	Torre de enfriamiento
70	Exposición	Exponer los avances del proyecto y su estatus.	Chimal / Paco / Carolina / Armando	Semana 7	
80	Aplicación	Simular el flujo del proceso con la propuesta definida en la etapa de enfriamiento.	Jaime	Semana 9	
90	Análisis	Analizar y comparar resultados.		Semana 10	
100	Definición	Plantear los costos totales de la implementación de dicha propuesta.		Semana 11 y 12	

Ilustración 5. Cronograma inicial de trabajo para el proyecto Mejoramiento de la productividad.

Secuencia	Tipo de Acción	Descripción de Actividad	Persona Experta en la actividad	Día / Semana
10	Investigación	Conocer el Flujo del Proceso de Producción y la empresa.	Mario	Semana 3
20	Investigación	Investigación de alternativas en el proceso de manufactura en la etapa de enfriamiento.		Semana 4
30	Definición	Establecer y desarrollar el material de trabajo para la adquisición de datos.		Semana 5
40	Definición	Definir Proyecto y reclutar firmas.	Carolina	Semana 6
50	Extracción	Toma de Datos de tiempo del área de enfriamiento.	Armando	Semana 6
60	Definición	Plantear propuesta	Jaime	Semana 7 y 8
70	Exposición	Exponer los avances del proyecto y su estatus.	Chimal / Paco / Carolina / Armando	Semana 8
7.1	Correcciones	Investigar sobre las características de la materia prima y sus propiedades.		Semana 8 y 9
7.2	Extracción	Toma de datos de temperatura a lo largo de todo el flujo.		Semana 10
7.3	Análisis	Relacionar la teoría con lo práctico		Semana 11
80	Investigación	Investigar el proceso de extrusión	Francisco	Semana 12
8.1	Exposición	Exponer los resultados del proyecto		Semana 13
8.2	Extracción	Tomar nuevamente las mediciones de temperaturas y tomar evidencia.		Semana 14
90	Desarrollo	Reporte PAP		Semana 15
100	Definición	Propuesta de la solución.		Semana 15

Ilustración 6. Cronograma de trabajo para el proyecto Mejoramiento de la productividad.

- Desarrollo de propuesta de mejora

5S's

En el principio del semestre, se establece un acuerdo para trabajar en conjunto en ambos proyectos con los ingenieros contratados por INJAL, Julián y Francisco, quienes se ofrecen como apoyo y guía a lo largo del semestre para dar seguimiento a cada una de las actividades a desempeñar, así como para complementar su propio proyecto de 5's, entre otros.

El proyecto de 5S's comienza con un diagnóstico de las áreas de mantenimiento y ensamble, por lo que se requiere una evaluación Gemba (ver *Anexo 2: Evaluaciones Gemba*) para cada área. Su propósito es dar a conocer la calificación que se da al área auditada al contestar las preguntas propuestas y tener un conocimiento conciso sobre la calidad actual del área, el cual su resultado es negativo para ambas áreas.

Se ejecuta la primera S en las áreas de ensamble y mantenimiento. Se realiza un formato para saber la cantidad de herramientas, la frecuencia de uso y el estado actual de cada una de ellas, es decir si funcionaban, si estaban obsoletas o si requerían reparación. El formato se entrega a un operador designado del área de ensamble y se establece como responsable a Armando, encargado de que se cumpla la tarea de llenado del formato y se nos entregue para la próxima visita. El formato se muestra en el *anexo 3: Herramientas de ensamble*.

Se realiza una separación de las herramientas útiles y de las que ya no se utilizan en las cajas de herramientas de ambas áreas. Una vez que se separan las herramientas útiles de las inútiles, éstas últimas se marcan con una tarjeta roja (ver *Anexo 4: Formato de tarjeta roja*) para su posterior acción correctiva. Este procedimiento se repite con los objetos dentro de dos muebles, una mesa negra y otro buró café, que hay en el área de ensamble y se sacan aquellas cosas que no deben estar ahí o que sirvan solo como refacciones, por ejemplo, botellas vacías, ropa, herramientas descompuestas, escobas, entre más basura.

Después, se les pregunta a los operadores cuáles herramientas son las que usan con mayor frecuencia, esto para conocer cuáles son las que requieren más cerca cuando realizan sus actividades. De las 66 herramientas capturadas en la

primera actividad de detallado de la pieza, las que más se utilizan son: martillo, formón y navaja, y en la segunda actividad de ensamble del producto son: llave $\frac{5}{8}$, llave 11/16, martillo, llave para dado, navaja y las distintas brocas.

Ya que se terminó de contabilizar todas las herramientas, nos pasamos a los consumibles. Al principio el objetivo era registrar qué tipo de consumibles pertenecían a cada diferente tipo de producto que manejan, pero existen muchos productos que comparten un mismo consumible, por lo que solo registramos cuáles son los consumibles con lo que se cuenta en dicha área. La lista de consumibles es:

- | | |
|---------------|--------------------------|
| - Tuercas | - Seguro de Rondana |
| - Tornillo 6" | - Tornillo $\frac{1}{4}$ |
| - Tornillo 7" | - Asas |
| - Tornillo 8" | - Taquetes |
| - Rondana | -Esparrago |

El área de ensamble no cuenta con un área designada para almacenar los consumibles y no tiene asignado algún tipo de contenedor específico para almacenarlos, solo se colocan en algún recipiente, bolsa o caja de cartón que tengan a la mano. Además de que muchos de los consumibles están revueltos entre sí en sus contenedores, no se tiene de un solo tipo en algunos de los recipientes.

Los consumibles que no se utilizan mientras operan en el área, se guardan en un mueble de madera pequeño. En el momento que se hace un cambio de producto se tiene que buscar en qué recipiente y en qué lugar del mueble se encuentran los consumibles que se utilizan para ese producto, así mismo sucede con la herramienta de ser necesario, en donde buscan dentro de la caja de herramienta los elementos que necesitan para el cambio de producto.

Una acción contenedora implementada dentro del mueble de madera pequeño implica separar cada consumible por tipo, y colocarlo en cajas de cartón, en las cuales son entregados directamente de almacén. Al separarlo, se colocan las cajas de cartón sobre las mesas de trabajo para que estuvieran al alcance del operador en el momento que las necesite y no pierda tiempo en buscarlas dentro del mueble de madera pequeño.

Comentado [VVFJ2]: El objetivo, la meta u otro sinonimo



Ilustración 7 Consumibles Ensamble. Antes y Después

Se comienza el proceso de clasificación en el área de mantenimiento donde se implementa un formato (anexo 5: Herramientas en mantenimiento), de igual manera que en el área de ensamble, para conocer las herramientas y equipos con los que contaban en su área, la cantidad de cada uno de los, las condiciones en las que se encontraba cada uno y que tan frecuentemente son usados. Al revisar el formato lleno, se nota que los resultados no coinciden con lo que se observaba en el área. Se reúne con el operador del área, Gustavo, y revisa todo lo que contiene la caja de herramientas. Se registra todas las herramientas que pertenecen al área, se desecha lo que estaba en mal estado y se retira todo lo que ya no era necesario con las tarjetas rojas.

Ya registradas las herramientas se le preguntó a Gustavo cuales eran las que utilizaba con mayor frecuencia y mencionó las siguientes:

- Llave $\frac{3}{4}$
- Llave 15/16
- Martillo
- Llave para dado

No se realiza registro de ningún consumible debido a que no se tiene un tipo de consumible fijo en el área y se utilizan en mínimas cantidades, pero menciona que los que usa con mayor frecuencia son: tuerca 1", piedra para desbastar, rondana de presión de diferentes medidas, clavos, tornillo tipo navaja para la máquina *chedder*, tornillo para molino, tornillo sujeta buje y varillas de soldadura.

Las herramientas útiles quedan inventariadas y se propone un tablero de herramientas, uno para cada área, para guardarse de manera organizada.

En el área de ensamble, ocupan diversos consumibles que se utilizan en todos sus productos, por lo que se hace una lista con los nombres de dichos consumibles para que se organicen en gavetas compradas y empotradas en la pared.

Se entregan imágenes de ayudas visuales (ver *Anexo 6: Ayudas visuales*) que se colocan en todas las compuertas de las cajas de luz y de las máquinas para que permanezcan cerradas y no expuestas al aire libre como, generalmente, están. Así mismo, se colocan imágenes del Equipo de Protección Personal en toda el área de producción, además de recalcar a todos los trabajadores su uso permanente para que, en caso de accidentes, ellos no salgan lesionados gravemente.

En la siguiente ocasión, se hace la toma de tiempo estándar en el área de ensamble, que consta de detallado de tapa y brocal, y ensamble de los componentes del modelo de alcantarilla que más se manipula, cesta de ondas, con base en el testimonio de los operadores, que se muestra a continuación en la siguiente imagen



Ilustración 8 Modelo cesta de ondas INJAL

Se toma como muestra el tiempo de un operador en el área, tomando 15 muestras, que son las que pide el método para el cálculo del tiempo estándar. Es importante aclarar que no se está llevando a cabo trabajo estándar, ya que no se tiene una metodología establecida en el área.

Para poder convertir una serie de tiempos a tipo estándar, se requiere de la aplicación sistemática de una serie de pasos, tomando en cuenta la claridad respecto a la base teórica del cronometraje del trabajo, la valoración del ritmo, y los suplementos del estudio.

Los tiempos tomados en cada proceso incluye las demoras, las cuales ocurren porque el operador de ensamble y el de mantenimiento intercambian continuamente una navaja que se necesita en casos de exceso de material en la perforación de alguna pieza. Normalmente existen dos navajas en esta área, pero en el momento que se toman los tiempos los operadores no encuentran la segunda navaja.

Se convirtieron los tiempos de cada proceso a segundos y se realizó el método REFA que se muestra a continuación en la siguiente tabla, se agregó a como anexos para mejor visualización. (*Ver Anexo 7: Método REFA área de ensamble*)

valores de los suplementos y el cálculo del error se muestran en anexos. (Ver Anexo 8: Cálculo error tiempo estándar y Anexo9: Suplementos tiempo estándar)

Como resultado de la capacidad por operador resultaron de 32.39 piezas, siendo la capacidad real. Donde la capacidad teórica sería el tiempo disponible entre tiempo base sin las demoras sería de 33.74 piezas por turno. La diferencia de producción se muestra en la siguiente gráfica



Ilustración 10 Porcentaje de piezas no producidas por demora

Se calculó la capacidad que se tendría por año, tomando en cuenta ambos turnos y eliminando las demoras innecesarias por la búsqueda de herramienta o la pérdida de herramienta, y se obtuvieron 37316.0 piezas teóricas en comparación de 38874.1

piezas con el sistema actual en el área. La diferencia de la capacidad total de piezas a producir en un año son de 1558.04. A continuación se muestra en la tabla la cantidad de piezas con las diferentes capacidades de producción y la diferencia de piezas producidas entre ambas.

Comparación de capacidad de producción

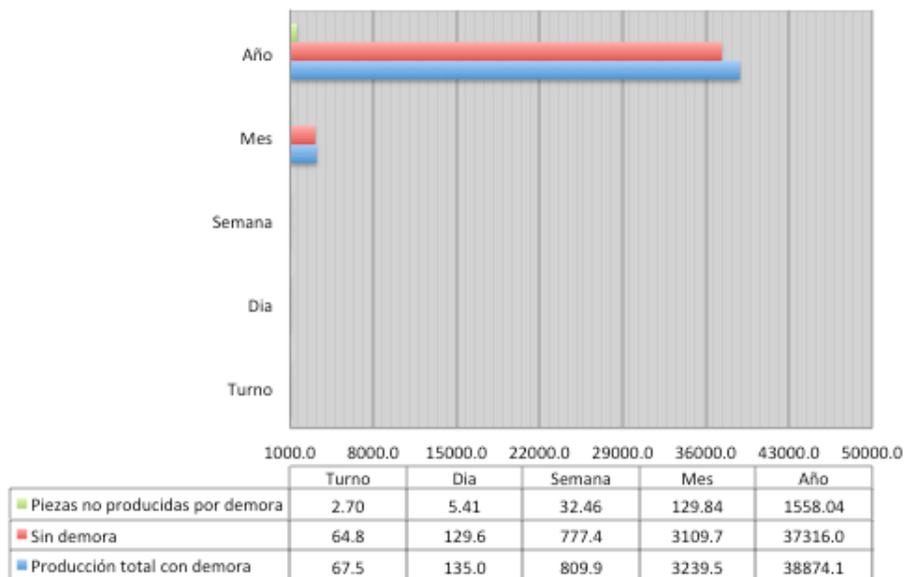


Ilustración 11 Comparación de Producción con demora y sin demora

Más adelante se hablará con más detalle sobre la propuesta para reducir las demoras y aumentas la capacidad de producción del área.

Una vez realizado el estudio de tiempo estándar, se efectuó un conteo de las herramientas registradas al inicio y al final del proyecto en el área de ensamble y de mantenimiento. Este registro se realizó con la finalidad de determinar la cantidad de piezas y qué herramientas son las que no concordaban durante ese lapso de tiempo, ya se por extravío o porque no se encontraban en el área a la que corresponden. Los resultados obtenidos se muestra a continuación en las siguientes tablas.

Ensamble

	Inicio	Fin	Diferencia
Brocas	24	23	1
Formon	2	4	2
Llave Allen	17	11	6
Llave	4	3	1
Pinzas	3	5	2
Desarmador	3	4	1
Martillo	1	4	3
Navaja	2	1	1

Mantenimiento

	Inicio	Fin	Diferencia
Llave	8	6	2
Flexometro	1	0	1

Tabla 2 Registro de herramientas al Inicio y Final del proyecto

A través del registro observamos la inconsistencia de la cantidad de herramientas con las que se cuentan en cada área al inicio y fin del proyecto, ya que no existe una manera evidente de identificar cuando una herramienta falta y no se tiene designado un lugar específico para cada una.

Mejoramiento de la productividad

Al conocer la información general sobre la materia prima que utiliza la fábrica para la fabricación de alcantarillas y el flujo del proceso de estas, se enfocan a los datos específicos de la interacción entre el proceso de extrusión y el proceso de enfriamiento.

Los polímeros se funden conforme se aumenta la temperatura alrededor de las moléculas ya que estas se mantienen en permanente movimiento lo que permite el deslizamiento contra otras moléculas y así el material cambia de forma. Las temperaturas para llegar al punto de fusión de los plásticos se manejan por rangos y no como puntos bien definidos ya que cada muestra lleva características propias tales como peso molecular y estructura atómica individual las cuales hacen

imposible la definición de temperaturas de transición precisas. La densidad es otra propiedad donde difiere lo teórico a lo práctico ya que factores como la temperatura y la presión la afectan. (González, 1995, pág. 46).

El comportamiento de los termoplásticos lineales y ramificados es común. Primero presentan una de reblandecimiento para después fluir en un intervalo variable de temperatura. En los polímeros parcialmente cristalinos es en donde se obtienen mejores resultados a los valores de los intervalos de temperatura (Tabla 6) de fusión y reblandecimiento (Horta, pág. 119).

Polímero	T °C
Polietileno	110-130

Tabla 3. Intervalo de temperatura de reblandecimiento del polietileno. (Horta, pág. 119).

A continuación, se presentan dos tablas con propiedades del polietileno, tanto sólido (Tabla 7) como líquido (Tabla 8), en las cuales nos basamos para desarrollar y describir la solución en la etapa de enfriamiento.

Propiedades físicas y mecánicas

Peso molecular medio	25.000
Viscosidad intrínseca (en tetranidronaftaleno a 75 °C),dlts/gr	1,0
Punto de Fusión, °C	110
Densidad	
a 20 °C	0,92
a 50 °C	0,90
a 80 °C	0,87
a 110 °C	0,81
Coefficiente de dilatación lineal entre 0 y 40 °C, por °C	0,0002

Tabla 4. Propiedades del Polietileno sólido, nov. 2017.

Densidad a T=120 °C	0,80.
Coefficiente de dilatación cúbica	0,0007 por °C.
Calor específico	0,70 (aprox.)

Tabla 5. Propiedades del Polietileno líquido, nov.2017.

Para resumir el comportamiento teórico de la materia prima de INJAL se puede decir con base en estas dos tablas que el polietileno es sólido a temperatura ambiente y que de acuerdo al incremento de temperatura comienza a suavizarse. Cuando es sometido a una temperatura de 110°C comienza a ser una masa maleable. Siendo 120°C la temperatura en donde el plástico se encuentra en estado líquido.

El sistema más común de enfriamiento utilizado en la industria, por su bajo costo y fácil mantenimiento, para este tipo de productos son los sistemas de recirculación abierta. En este sistema existe contacto con la atmósfera, por lo que existen pérdidas por vapor. Este sistema se clasifica por su funcionamiento. Se utilizan torres de enfriamiento o condensador para los sistemas de enfriamiento directo. En este tipo de sistema el agua es bombeada directamente al proceso para llevar a cabo el intercambio de calor. El agua caliente es retornada a la torre de enfriamiento para volver a repetir su ciclo.

La función de las tinas es remover el calor excedente de los moldes, evitando cualquier deformación posterior del producto ya que antes de que el plástico adquiera una temperatura de entre 50°C y 20°C aplicar cualquier fuerza o presión provoca una deformación permanente.

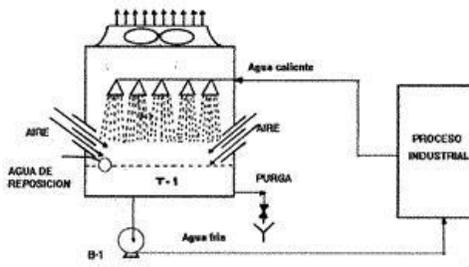


Ilustración 12. Sistema de enfriamiento del agua, nov. 2017.

Normalmente el agua que debe enfriarse, tiene una temperatura aproximadamente de 40°C. Al pasar por la torre de enfriamiento (Ilustración 6) el agua emite calor que se mezcla con el aire provocando un enfriamiento del agua de entre 10°C y 20°C a la temperatura a la que ingresa.

- Resultados del trabajo profesional

5S's

En la culminación de la primera "s", se utilizan los formatos de tarjeta roja para clasificar los objetos innecesarios y separados del área de ensamble, como en la ilustración:



Ilustración 13. Objetos innecesarios separados en ensamble.

La chatarra se envía a un depósito de desecho de metal, el cual se encuentra designado dentro del área de producción. En el caso de los equipos dañados, éstos ingresan al almacén para tomar sus partes y se utilicen como refacción en caso de que se dañe un equipo. Los artículos que no pertenecían al área fueron entregados a almacén para disponer de ellos cuando se necesitara. Una vez retirados todos los elementos que no pertenecían al área, se limpiaron los muebles y se guardó el resto de las cosas en su lugar habitual.

Se hace énfasis en no introducir elementos al área que no pertenecen ahí y se recalca un compromiso por parte de los trabajadores para mantener el cambio y comunicar a sus compañeros de trabajo de su área que no están presentes sobre lo que se intenta y como se pretende mantener.

Así mismo, en el área de mantenimiento se clasifican diversos botes que contenían basura o pintura inservible, como se muestra en la ilustración 8. La caja

de herramientas se queda con lo que en verdad son los instrumentos que ocupan en esa área.



Ilustración 14. Objetos innecesarios separados de mantenimiento

Todos los elementos que se depuran de la cabina se clasificaron por: basura común, no pertenece al área y desecho de metal, y se marcaron con formato de etiqueta roja, describiendo el contenido y la acción a tomar para cada uno de ellos.



Ilustración 15 Comparación cabina. Antes y Después



Ilustración 17. Herramientas acomodadas para panel de ensamble

Mientras tanto, el gabinete tiene unas medidas de 33 cm de alto y 33 cm de largo con 16 cm de profundidad. Sus cajas, las cuales son 20 en total, miden 4.5 cm de alto y 7.5 cm de ancho por 14.5 cm de profundidad, y están hechas de plástico de polipropileno.

En la mesa de ensamble caben tres gavetas de 27 cm de largo por 16.4 cm de altura por 12.4 cm de fondo. En estas tres gavetas se rellenan con los tornillos de 6, 7 y 8 pulgadas de izquierda a derecha de la imagen respectivamente.

Por último, en medio y por encima de la mesa larga de 4 metros, se coloca un pequeño panel con imán para colocar las navajas que utilizan en esta área para la limpieza de las tapas. Y el extintor es reacomodado hasta el extremo de la mesa, porque estorba a los empleados al momento de levantar el material.

La propuesta solución para el área de mantenimiento se muestra en la ilustración 11:

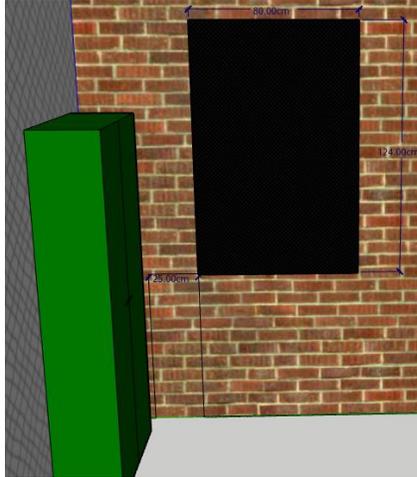


Ilustración 18. Propuesta solución para mantenimiento.

La propuesta para el área de mantenimiento es más simple, debido a que solo se necesita un tablero de herramientas para su área. Este tablero mide 80 cm de largo y 124 cm de alto, mientras está separado 25 cm de la cabina de la esquina en donde guardan herramientas muy grandes y líquidos. La manera en la que se acomodarían las herramientas se representa en la Ilustración 12:



Ilustración 19 Herramientas acomodadas para el panel de mantenimiento.

La inversión necesaria para las gavetas individuales y el gabinete que contiene 20 gavetas se muestra Tabla 9:

Consumible	Tipo Gaveta	Medidas (cm)	Unidades a Comprar	Precio Unitario (MX)
Seguros	No. 1	14 x 11 x 17	1	\$ 10.95
TOTAL				\$ 10.95
Tuercas	No. 2	21.5 x 12.2 x 9.8	1	\$ 17.64
Rondana	No. 2	21.5 x 12.2 x 9.8	1	\$ 17.64
Seguro de rondana	No. 2	21.5 x 12.2 x 9.8	1	\$ 17.64
Tornillo 1/4"	No. 2	21.5 x 12.2 x 9.8	1	\$ 17.64
Asas	No. 2	21.5 x 12.2 x 9.8	1	\$ 17.64
Taquete	No. 2	21.5 x 12.2 x 9.8	1	\$ 17.64
Espárrago	No. 2	21.5 x 12.2 x 9.8	1	\$ 17.64
TOTAL				\$ 123.48
Tornillo 6"	No. 10	27 x 16.4 x 12.4	1	\$ 28.77
Tornillo 7"	No. 10	27 x 16.4 x 12.4	1	\$ 28.77
Tornillo 8"	No. 10	27 x 16.4 x 12.4	1	\$ 28.77
TOTAL				\$ 86.31
Gabinete	20 gavetas	33 x 33 x 16	1	\$ 250.00
TOTAL				\$ 250.00
INVERSIÓN TOTAL				\$ 470.74

Tabla 6. Costos para las gavetas de consumibles para ensamble.

La inversión total es de \$470.74 que consiste en la compra de gavetas para el área de ensamble. El gabinete, en la página web "Mercado Libre", existe en la siguiente liga:

https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-594330552-gabinete-visible-20-gavetas-cajonera-exhibidor-anaquel-metal- JM#reco_item_pos=7&reco_backend=l7-l7-pp-ngrams-seller&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&reco_id=c1677032-6b51-4ad6-a7ce-7f1cad950090

El panel de herramientas se puede fabricar a partir de madera que ya no se necesite por parte de la misma empresa, a la medida propuesta, y con *poka yoke* incluido, lo mismo con el panel con imán para las navajas. Esto porque se posee el material necesario dentro de la misma empresa. Sin embargo, existe un panel de herramientas en la misma página web y de marca “Mikels” para 34 piezas (*ver anexo 10: Panel de herramientas Mikels*) el cual es la mitad del panel con las medidas propuestas, por lo que es necesario comprar dos de ellos para ensamble, y otros dos para mantenimiento. Su precio está en la Tabla 10:

Producto	Unidades a comprar	Medidas (cm)	Precio Unitario (MX)	TOTAL
Panel de herramientas Mikels	4	55.8 x 44.8	\$ 829.00	\$ 3,316.00

Tabla 7. Costo del panel de herramientas “Mikels”.

Y el producto se puede encontrar en la siguiente liga:

https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-567997800-panel-soporte-herramientas-34-pzas-mikels-_JM

Para el control de inventario del panel de herramientas se formuló un formato como propuesta para llevar un registro y control en cada área, que se llevará a cabo por el encargado de almacén, esto con la finalidad de que al finalizar cada turno se haga una constancia con los empleados de que todas las herramientas se encuentran en el panel y que no falta ninguna. El formato se muestra en la siguiente imagen.

Mejoramiento de la productividad

Al analizar los datos de las Tablas 8 y 9, se puede decir que, en la práctica, la temperatura promedio del agua que se encuentra en las tinas es 35.23°C. Este promedio incluye las tinas cuando trabajan al 100%, 50% e incluso las tinas en reposo por un periodo de tiempo corto. Esto significa que la temperatura del agua es proporcional a la carga que tengan. Tienen como máximo una temperatura de 38°C y una mínima de 30°C. Las tinas fuera de servicio no entran en los cálculos de promedio, debido a que son externas al flujo del proceso.

Medición de Temperatura del Agua en las Tinas		
Fecha	Temperatura °C	Observaciones
23 Sept.	35	
23 Sept.	35	
23 Sept.	37	
30 Sept.	35	
30 Sept.	38	
30 Sept.	30	parada
30 Sept.	36	
12 Oct.	30	día de la virgen
12 Oct.	32	día de la virgen
12 Oct.	22	fuera de funcionamiento
12 Oct.	21	fuera de funcionamiento
11 Nov.	37	
11 Nov.	38	
11 Nov.	37	
11 Nov.	38	
11 Nov.	22	fuera de funcionamiento
11 Nov.	21	fuera de funcionamiento

Tabla 8. Medición de temperatura del agua en las tinas de enfriamiento.

La tabla 9 representa el tiempo de enfriamiento de las alcantarillas que varía por el modelo y el sistema de enfriamiento. Estos datos los establece INJAL con base en sus mediciones y experiencia al sistema de enfriamiento previo.

Producto	Tiempo de enfriamiento de las alcantarillas según el modelo y el sistema de enfriamiento			
	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		SISTEMA ACTUAL	
	Broca	Tapa	Broca	Tapa
HALO	20 min	35 min	45 min	50 min
Titanium	20 min	35 min	40 min	60 min
6ta	15 min	30 min	30 min	50 min
Caja de Valvula	15 min	35 min	30 min	60 min

Tabla 9. Tiempo de enfriamiento de las alcantarillas, según el modelo y sistema de enfriamiento.

La tabla 10 expone la temperatura del polietileno fundido al momento de salir de la extrusora. Las muestras se tomaron en tres fechas distintas y pueden variar porque el láser mide solo la superficie.

Temperatura del Polietileno Fundido en cuanto sale de la Extrusora	
Muestra	T °C
1	143
2	135
3	100
4	103
5	144
6	138
7	165
8	130
9	115
10	130

Tabla 10. Temperatura del polietileno fundido al salir de la extrusora.

La temperatura promedio del fluido al salir de la boquilla de la extrusora es de 130°C y, posterior a la etapa de enfriamiento el plástico en estado sólido, tiene una temperatura promedio de 32°C inmediatamente después de ser desmoldado de los moldes de acero (Tabla 11). Con estos resultados se afirma que el proceso de INJAL arroja datos dentro de los márgenes definidos por la teoría del proceso y material que utiliza.

Temperatura del Plastico al ser desmoldado		
Molde	T°C	N. de Personas que desmoldaron
Brocal Halo	32	2
Brocal Sexta	33.5	2
Brocal Sexta	33	2
Tapa de Caja de Valvula	35	1
Brocal Sexta	36	2
Brocal Sexta	27	1
Tapa Sexta	36	1
Brocal Caja de Valvula	28	1

Tabla 11. Temperatura del plástico al momento de desmoldarse.

La propuesta que se plantea es: introducir un sistema de enfriamiento por medio de una torre de enfriamiento con el fin de mantener la temperatura del agua mínimo 10°C menos de la temperatura actual del agua en las tinas. Esto disminuye el tiempo que necesitan los moldes estar en el agua, porque el intercambio de calor entre el agua y los moldes será más rápido. Debido a la temperatura en la que el polietileno está en un estado sólido, se concluye que no es necesario manejar temperaturas más bajas a la temperatura ambiente, por lo que este sistema de enfriamiento es ideal para el proceso de INJAL. La propuesta se define de acuerdo a las necesidades del proceso de producción, sin embargo, se valora la viabilidad de la implementación al minimizar los costos del desarrollo de la propuesta.

La tabla de los componentes para el sistema de enfriamiento (Tabla 12) indica el equipo con el cual ya se cuenta y a los cuales se les necesita dar mantenimiento. Así, el material a comprar disminuye considerablemente, y se le da uso a material que ya tiene la empresa y estaba en desuso, a pesar del buen estado.

Comentado [VVFJ3]: En ningún lugar se sustenta que este sistema logre reducir los 10° y en cuánto tiempo lo consigue

	Ya lo tenemos	A Comprar	Reparación / Mantenimiento
Filtro de Impurezas del sistema :			
Criba	■		
Deposito	■		
Tubería de PVC de 3 plg (a medir)	■		
Tanque de almacenamiento:			
Tinaco	■		
Bomba para subir el agua a la torre de enfriamiento			
Bomba de 3 caballos	■		
Válvula check		■	
Control eléctrico (arrancador)		■	
Flotador (mide niveles)		■	
Tubería de 2 plg y puede ser en PVC y galvanizado, 12 metros.	■		
Torre de enfriamiento			
Condensador (ventilador)			■
Paneles			■
Acumulador de agua (tina)			■
Impermeabilizante			■
Control Eléctrico (arrancador)		■	
Flotador (mide niveles)		■	
Estructura metálica			
Pintura			■
Tubería de 2 plg y puede ser en PVC y galvanizado.	■		
Flujo del Agua			
Válvulas de paso		■	
Tubería de 2 plg y puede ser en PVC y galvanizado.	■		
Conexiones		■	
Valvula			
Válvulas reguladoras de flujo		■	
Termostatos		■	
Tubería de 1plg	■		
Conexiones		■	
Tubería de decantación al algibe			
Tubería de 3 pulg	■		

Tabla 12. Tabla de componentes para torre de enfriamiento.

Incorporar el sistema anterior disminuye el tiempo de enfriamiento considerablemente. Como ejemplo, la tapa de 50x50 pulgadas, al utilizar el tiempo promedio de enfriamiento actual y los 35°C del agua, se afina que, si mantener el agua a un promedio de 25°C de temperatura, el proceso de enfriamiento va a disminuir de 55 minutos a 37 minutos.

Ahora, se exponen las cotizaciones por el encargado de mantenimiento para la torre de enfriamiento (Tabla 13), el aljibe (Tabla 14) y las tinas de reposo de moldes (Tabla 15).

Torre de Enfriamiento			
	Mantenimiento	CANTIDAD	COSTO
1	Motor	1	\$ 15,000.00
2	Pintura	2 galones	\$ 1,000.00
3	Tornillería		\$ 500.00
4	Impermeabilizante	19 L	\$ 1,800.00
5	Arrcandador para el motor	1	\$ 1,500.00
6	Cables Cal 10	100 m	\$ 750.00
7	Cables Cal 14	100 m	\$ 400.00
8	Conexiones		\$ 5,000.00

Tabla 13. Costos para la torre de enfriamiento.

Aljibe (Renorno del Agua Caliente de las Tinas)			
	Mantenimiento Bomba	Cantidad	Costo
1	Sello Mecánico	1	\$ 450.00
2	Rodamiento	1	\$ 450.00
3	Flotador Eléctrico	1	\$ 2,000.00
4	Pichacha	1	\$ 1,500.00
5	Teflon	1 pza	\$ 100.00
6	Bypass	1	\$ 600.00
7	Conexiones		\$ 5,000.00
8	Arrancador	1	\$ 1,500.00

Tabla 14. Costos para el aljibe.

Tinas de Reposo de Moldes			
	Reactivar el sistema de retorno al nuevo Depósito	Cantidad	Costo
1	Romper piso para extraer los filtros		\$ 1,500.00
2	Romper piso para instalar al nuevo al nuevo regreso de agua		
3	Conexiones		\$ 5,000.00
4	Termostatos	6	\$ 350.00

Tabla 15. Costo para las tinas de reposo de moldes.

En este presupuesto no se incluyen materiales terceros como pegamento, llaves, válvulas, niples, codos, coples, tubos de PVC y mano de obra.

4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

- Aprendizajes profesionales

Víctor Martínez:

En este periodo utilicé distintas herramientas y programas que me ayudaron a completar las tareas del proyecto. Otra fuente de aprendizaje fue el trabajar con los ingenieros contratados por la empresa, de alguna manera sentí que estaba un poco más involucrado con un ambiente más profesional que sólo prácticas. El inicio del proyecto fue turbulento y había muchas ideas que queríamos implementar, pero luego nos dimos cuenta que era demasiado el trabajo para el tiempo que teníamos y aplicamos, entonces había que minimizar nuestras ganas y al menos dejar algo en la empresa.

También, me di cuenta lo difícil que es realizar las 5S's desde cero y ahora con esta experiencia, sé lo que tengo que hacer la próxima vez que deba realizar un proyecto 5S's en alguna otra empresa similar desde cero, es decir, ahora tengo un panorama más claro.

Samara de la Torre:

A lo largo del proyecto utilizamos distintas herramientas y metodologías que aprendimos a en la licenciatura, conforme más se recolecta información y se vive la situación dentro de una empresa, es más fácil detectar las necesidades y de donde radican los problemas. El trabajo en equipo fue vital para este proyecto, así como el trabajo en conjunto con el personal de la empresa. Al principio fue difícil saber cómo dirigirse hacia las diferentes personas dentro de INJAL, ya la vez nos diremos que es de suma importancia dar seguimiento y la capacitación necesaria para que los cambios se realicen, no dejar de fomentar la cultura del cambio. Todo lo que se propuso fue con buenos fundamentos, apoyada datos duros, análisis y ejercicios con los empleados, para que nuestra opinión tenga mayor peso e impacto.

Diana Rivas:

La elaboración de este proyecto me ayudo a conocer y desarrollar nuevas competencias, las cuales me ayudaran a tener un mejor desempeño en el ámbito laboral. Desafortunadamente el estudio de una licenciatura suele dar únicamente

conocimiento teórico, sin embargo, este tipo de actividades que ofrece el PAP ayuda a consolidar lo teórico con lo práctico. Solemos separar la empresa de su fuerza laboral cuando al final la fuerza laboral es la que conforma la empresa. Es fundamental trabajar con el personal con el fin de lograr un cambio, ya que sus acciones son las que hacen que la empresa este en la actual situación. Trabajar en el área de producción me obligo a desarrollar nuevas maneras de comunicación para lograr obtener los datos que requería para análisis y también descubrí que en el mayor de los casos en el área de producción no se tienen las mejores prácticas debido a la falta de información.

- Aprendizajes sociales

Víctor Martínez:

Este proyecto me ayudó a conformar un panorama más claro de cómo y cuánto tiempo se le puede dedicar a un proyecto completo de 5S's y quizás de cualquier otro proyecto. Algo que nos salió mal en el principio fue la planificación del cronograma, entonces hubo un momento en el que ya no seguíamos el cronograma, porque nos fuimos dando cuenta con el paso del tiempo la difícil situación de la empresa en cuanto a 5S's. En realidad, la iniciativa de hacer que la empresa implemente las 5S's y requiera de estudiantes para que realicen esta metodología en modo de prácticas es un proyecto muy interesante y difícil a la vez. Ahora sé que fuimos muy osados en querer proponer tantas cosas al principio y nos olvidamos que es mejor proponer pequeñas cosas que poco a poco van a inducir al cambio.

Samara de la Torre:

El enfoque y las razones por las cuales se eligen proyectos de esta índole, es con la intención de aprender, de brindar los conocimientos adquiridos para ayudar a las empresas a crecer, pero además de hacer algo para mejorar la economía del país ya aumentando la productividad, mejorando sus procesos, reduciendo costos o generando un control de inventario. Las empresas donde se fabrican productos mexicanos necesitan de apoyo, sobre todo las pequeñas y medianas que no tienen todo estructurado o establecido, para permanecer a flote y seguir adelante. Nuestra propuesta planteada sobre las 5's en INJAL nos hubiera gustado poder verla

implementada, pero esperamos que en el próximo proyecto se le dé seguimiento y la empresa tenga la oportunidad de seguir creciendo.

Diana Rivas:

En INJAL pude notar que existe el conocimiento de su déficit sin embargo no se aplican acciones para corregirlas. Probablemente esto es por falta de personal o recursos, pero es claro que la implementación de soluciones a sus problemáticas en nula. El enfoque que tiene la empresa es solucionar cuando ya me genera un paro en mi flujo del proceso de fabricación de cualquier artículo.

- Aprendizajes éticos

Víctor Martínez:

Había muchas formas de realizar este proyecto y muchas propuestas que le podrían servir a INJAL a establecer un programa 5S's. Nosotros tomamos la decisión de proponer las soluciones antes planteadas en este reporte. Tuvimos el asesoramiento dentro de la empresa de los dos ingenieros contratados por ella, pero ellos no iban a estar todo el tiempo dentro de la empresa, y creemos que muchas cosas que les dijimos a ellos, no llegaron a Carolina o a Mario, por lo que creo que había que mencionar esas mismas cosas a todos los participantes de este proyecto.

Samara de la Torre:

Con base en todo el análisis realizado y las soluciones planteadas que, aunque son difíciles de aplicarlas, se debe tomar en cuenta que la empresa no debe generar pérdidas, ya que en futuro los costos indirectos que tienen podrían generar problemas económicos para solventar gastos y subsistir. Es importante que el trabajo que se realiza o el lugar donde se trabaje tenga un impacto positivo para la sociedad, el hecho de que utilicen plástico reciclado ayuda a eliminar todo ese desperdicio que podría estar en depósitos de basura, esperando cientos de años para degradarse.

Diana Rivas:

Más que hacer una crítica negativa de la empresa, la reflexión respecto a cómo se maneja la empresa me ayudó a identificar actividades clave de mejora en toda la empresa y como ingenieros industriales esa es nuestra labor. Identificar

problemáticas y resolverlas, y donde no existe una problemática utilizar mejora continua. Las características de un ingeniero industrial pueden ser utilizadas en cualquier área de una empresa y eso fue lo más emocionante de realizar este proyecto junto a INJAL.

- Aprendizajes en lo personal

Víctor Martínez:

En lo personal, este PAP me mostró aspectos de mí que yo ya sabía desde siempre y que me es difícil corregirlos, pero que debo seguir trabajando en ello. Por otro lado, comprendí que el ambiente laboral no es un ambiente tan tenso y que a veces hablar con el de más arriba no es de tanto temor, y que si hay cosas que se necesitan hay que hablar y explicar claramente para que se necesitan, entonces así van a escuchar, entender y aceptar.

Samara de la Torre:

A lo largo del PAP aprendí a que no solo existe el trabajo de oficina tras un escritorio, sino que que se requieren de diferentes habilidades, además del conocimiento teórico, para obtener la información que se necesita, entablar una conversación con el personal de distintas áreas y que los otros verdaderamente escuchen lo que nos interesa transmitir. Este proyecto me mostró una de tantas facetas en las cuales son aplicables todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la licenciatura, y que todavía existen muchas áreas por explorar. La oportunidad de poder ayudar a otras empresas y otros negocios a seguir adelante, motiva a hacer lo que nos corresponde por nuestra parte de la mejor manera posible, y que tal vez en su momento nos motive a emprender de igual manera, con ideas innovadoras y buscando generar un impacto positivo en la sociedad.

Diana Rivas:

Estoy muy satisfecha con mi desempeño a lo largo de este proyecto y pude observar que mis habilidades son totalmente otras al graduarme de licenciatura que cuando entré. Este proyecto me ayudo conocer e identificar capacidades y competencias que tengo y desconocía y lo más importante a romper con la barrera del miedo a salir a un mundo laboral desconocido.

5. Conclusiones

5S's

Al inicio, desde nuestro primero encuentro con INJAL, tuvimos gran dificultad para determinar por donde se iba a empezar, debido a las grandes áreas de oportunidad que existen dentro de la empresa. El uso de las herramientas que aprendimos a lo largo de la licenciatura fueron de gran ayuda para estudiar la situación actual de cada área, además como los estudios que realizamos para validar nuestras propuestas. Al principio realizamos un diagrama de Gantt en donde se definieron los entregables que en ese momento se creyeron indicados para el proyecto. Sin embargo, como todo fue con base en un supuesto, conforme recolectábamos información y pasaba el tiempo, pudimos acotar en las 3 primeras "s", tomando como apoyo el análisis de tiempo estándar y las situaciones en cada área.

Para nosotros resultó muy evidente estando en la empresa día a día de la situación por la que atravesaba cada área, pero nos dimos cuenta que se necesitábamos datos duros para sustentar nuestras propuestas, por lo que realizamos un estudio de tiempo estándar para conocer la capacidad actual comparada con la teórica. Además del sustento y aplicación de las propuestas mencionadas a lo largo del reporte, es importante que la empresa genere una cultura de respeto a las normas y estándares definidos.

Dentro de los resultados realizados en el tiempo estándar se encontró que la capacidad de producción con demoras en comparación con la capacidad de producción teórica sin demoras, es del 4%. La cantidad de piezas en total que se dejan de producir por las demoras en un periodo de un año son 1558.

Todos los resultados de los análisis realizados y de la capacidad mostrados como Ingenieros Industriales los entendemos a la perfección y sabemos lo crítico de la situación, pero se debe traducir de manera a que personas no familiarizadas con las herramientas, conceptos u método, lo entiendan. Se espera que para el próximo PAP en INJAL se le de continuidad a las propuestas planteadas en este proyecto, así como finalizar la implementación de la metodología 5's, además para hacer mas evidente la necesidad de implementar los cambios y la detección de los procesos en los que se requiere trabajar, esto para cuantificar en costo las pérdidas que tiene la empresa, el retorno de inversión de las propuestas.

Mejoramiento de la productividad

De acuerdo al cronograma que se elaboró en los inicios del proyecto como el ideal, a lo largo de la implementación se tuvo que modificar a partir de la semana 7. En la primera presentación del proyecto para la empresa todos los puntos e información estaban de acuerdo a los datos de la empresa, tanto teóricos como prácticos. Sin embargo, para poder darle un soporte ingenieril se dedicó más tiempo al área de investigación de la materia prima ya que no se tenía bien identificado el por qué el sistema de enfriamiento que se proponía era el que cumplía con las características del producto y necesidades de producción de la empresa. Básicamente el cronograma se extendió cuatro semanas en total. Dos semanas para la investigación y dos semanas más posterior a la segunda exposición para la toma de evidencia en la línea de producción.

Para esta área de mejoramiento de la productividad fue de suma importancia las presentaciones que se hicieron para la empresa ya que las aportaciones y correcciones que se nos aportaron eran cruciales para un buen resultado. Tanto el soporte de los tutores del PAP e INJAL hicieron que el proyecto obtuviera el objetivo planeado y que las actividades a realizar no se desviaran sobre el objetivo final.

6. Bibliografía

González Madariagan, Francisco Javier. "Plásticos", Universidad Nacional Autónoma de México; 1995.

Horta Zubriaga, Arturo. "Los Plásticos más usados", Universidad Nacional de Educación a Distancia; Madrid, 2000.

Propiedades del Polietileno. Textos Científicos 25/08/2005.

<https://www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno/propiedades>

Sistemas de Enfriamiento del Agua. 25 abril 2006.

<https://www.quiminet.com/articulos/sistemas-de-enfriamiento-del-agua-2560810.htm>

Tecnología de los Plásticos. Extrusión de Materiales Plásticos. 15 de marzo 2011.

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

M. Beltrán y A, Marcilla. Tecnológico de Polímeros, Extrusión.

<http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

Cárdenas, A., López, A., & González, K. (2014). *Estudio del Trabajo II*. From Instituto Tecnológico de Tijuana:

<https://sites.google.com/site/2014estudiodeltrabajoii/>

Lagunas, J. (n.d.). *Universidad de Sonora*. From

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/17812/capitulo3.pdf>

Brady Worldwide Inc. (2014). *Brady América Latina*. From

<http://www.bradylatinamerica.com/es-mx/normatividad/f%C3%A1brica-visual/definici%C3%B3n-de-f%C3%A1brica-visual>

Galván, E., García, J., Cuevas, Y., Peña, R., & Venegas, R. (2005). *5S's Manual teórico y de implementación*. Piedras Negras: Universidad Autónoma del Noreste Campus Piedras Negras.

Manufactura Inteligente. (2008-2015). *manufacturainteligente.com*. From

<http://www.manufacturainteligente.com/poka-yoke-definition-mistake-proofing/>

Manufactus. (2017). *Manufactus: Manufacturing Solutions.com*. From

<http://www.kanban-system.com/es/sistema-kanban-y-control-de-inventario-pull/>

Sánchez, L. (15 de Marzo de 2014). *Caminatas Gemba (Gemba Walks) ¿Qué tienen de diferente?* From Blog Wordpress:

<https://lahuja.wordpress.com/2014/03/15/caminatas-gemba-gemba-walks-que-tienen-de-diferente/>

Sánchez, L. (2013). *¿Qué es Gemba?* From Blog Wordpress:

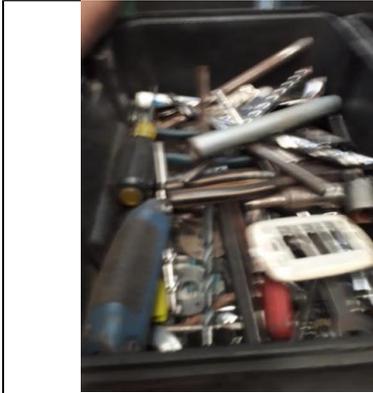
<https://lahuja.wordpress.com/que-es-gemba/>

Soto, R. (2007). El proceso de las 5'S en acción: la metodología japonesa para mejorar la calidad y la productividad de cualquier tipo de empresa. *Gestión y estrategia* (31), 91-94.

Soy Conta. (30 de Enero de 2015). *soyconta.com*. From
<http://www.soyconta.mx/que-es-y-que-contiene-el-reglamento-interno-de-trabajo/>
<http://www.grupotecnologia.com.mx/tadsa/productos/alcantarillas/>

Anexos

Anexo 1: Memoria fotográfica INJAL antes del proyecto



Anexo 2. Evaluaciones Gemba

Evaluación del GENBA de Ensamblaje						
Categoría	Elemento	10	7	4	1	Comentarios
Selección	¿Han sido eliminados todos los artículos innecesarios?				X	
	¿Están todos los artículos restantes correctamente arreglados?				X	
	¿Los corredores y áreas de trabajo son lo suficientemente limpias y señaladas?				X	
	¿Los artículos innecesarios están siendo almacenados en el almacén de tarjetas rojas y bajo las normas de buenas prácticas de manufactura?				X	
	¿Existe un procedimiento para disponer de los artículos innecesarios?			X		
Orden	¿Existe un lugar específico para todo, marcado visualmente y bajo las normas de buenas prácticas de manufactura?				X	
	¿Está todo en su lugar específico y bajo las normas de buenas prácticas de manufactura?				X	
	¿Son los estándares y límites fáciles de reconocer?				X	
	¿Es fácil reconocer el lugar para cada cosa?				X	
Limpieza	¿Se vuelven a colocar las cosas en su lugar después de usarlas?			X		
	¿Están las áreas de trabajo limpias y se usan detergentes y limpiadores aprobados?					Con aire
	¿El equipo se mantiene en buenas condiciones y limpio?			X		Al final del día
	¿Los limpiadores aprobados?					N/A
	¿Las medidas de limpieza utilizadas son inviolables?					N/A
Estandarizar	¿Las medidas de limpieza y horarios son visibles fácilmente?		X			
	¿Está toda la información necesaria de forma visible?				X	
	¿Se respetan consistentemente todos los estándares?			X		
	¿Están asignadas y visibles las responsabilidades de limpieza?		X			
	¿Están los basureros y los compartimentos de desperdicio vacíos y limpios?			X		
Seguimiento	¿No están los contenedores de productos y/o ingredientes en contacto directo con el				X	
	¿Los trabajadores observan los procedimientos estándar de BPM y seguridad?		X			
	¿Está siendo la organización, orden y limpieza regularmente observada?			X		
	¿Todo el personal se involucra en el nítido almacenamiento?			X		
	¿Son observadas las reglas de seguridad y limpieza?				X	
	¿Se respetan las áreas de no fumar y no comer?			X		
¿La basura y desperdicio están bien localizados y ordenados?			X			

Evaluación del GENBA de Mantenimiento						
Categoría	Elemento	10	7	4	1	Comentarios
Selección	¿Han sido eliminados todos los artículos innecesarios?				X	
	¿Están todos los artículos restantes correctamente arreglados?				X	
	¿Los corredores y áreas de trabajo son lo suficientemente limpias y señaladas?				X	
	¿Los artículos innecesarios están siendo almacenados en el almacén de tarjetas rojas y bajo las normas de buenas prácticas de manufactura?				X	
	¿Existe un procedimiento para disponer de los artículos innecesarios?			X		
Orden	¿Existe un lugar específico para todo, marcado visualmente y bajo las normas de buenas prácticas de manufactura?				X	
	¿Está todo en su lugar específico y bajo las normas de buenas prácticas de manufactura?				X	
	¿Son los estándares y límites fáciles de reconocer?				X	
	¿Es fácil reconocer el lugar para cada cosa?			X		
	¿Se vuelven a colocar las cosas en su lugar después de usarlas?			X		
Limpieza	¿Están las áreas de trabajo limpias y se usan detergentes y limpiadores aprobados?	X				Con jabón
	¿El equipo se mantiene en buenas condiciones y limpio?	X				
	¿Los limpiadores aprobados?	X				Con jabón
	¿Las medidas de limpieza utilizadas son invariables?		X			
	¿Las medidas de limpieza y horarios son visibles fácilmente?		X			
Estandarizar	¿Está toda la información necesaria de forma visible?				X	
	¿Se respetan consistentemente todos los estándares?				X	
	¿Están asignadas y visibles las responsabilidades de limpieza?		X			
	¿Están los basureros y los compartimentos de desperdicio vacíos y limpios?			X		
	¿No están los contenedores de productos y/o ingredientes en contacto directo con el				X	
Seguimiento	¿Los trabajadores observan los procedimientos estándar de BPM y seguridad?		X			
	¿Está siendo la organización, orden y limpieza regularmente observada?			X		
	¿Todo el personal se involucra en el nítido almacenamiento?			X		
	¿Son observadas las reglas de seguridad y limpieza?				X	
	¿Se respetan las áreas de no fumar y no comer?		X			
	¿La basura y desperdicio están bien localizados y ordenados?				X	

Anexo 3: Herramientas de ensamble.

Caja de herramientas									
Tipo	#	Herramienta	Tipo	#	Herramienta	Tipo	#	Herramienta	
B r o c a s	1	broca 1 in	L l a v e	1	desarmador plano rojo	A l l e n	4	llaves broca para taladro	
	1	broca 1/2		2	formón		1	martillo	
	1	broca 1/2 *6		1	kit llave allen estrella		2	pinzas	
	1	broca 1/4		1	kit llave allen hexagonal		1	pinzas para seguro	
	1	broca 21/32		1	llave 10 mm		1	sacatapap	
	1	broca 5/8		1	llave 11/16				
	1	broca 7/16		1	llave 17.4 mm				
	2	broca 7/8		1	llave 3/4				
	1	broca 7/8 * 6		1	llave 5/8				
	9	brocas de acero		1	llave 7 mm				
	5	brocas de acero 1/2		1	llave allen 1/4				
	1	cortador		1	llave allen 10 mm				
	D a d o s	2		dado 11/16	1		llave allen 3/8		
		1		dado 3/4	1		llave allen 4.5 mm		
		2		dado 5/8	1		llave allen 5 mm		
1		dado 7/16	3	llave allen 5/32					
1		dado 9/16	1	llave allen 5/8					
1		desarmador cruz	2	llave allen mini					
	1	desarmador plano amarillo	1	llave para dado					

Anexo 4. Formato de tarjeta roja

No. _____

TARJETA ROJA 5'S
Información Gen-

Propuesta por _____ Responsable de área _____
 Área / Depto. _____
 Descripción de artículo _____

CATEGORIA

Máquina/Equipo Material gestable
 Herramienta Materia prima
 Instrumento Trabajo en proceso
 Partes eléctricas Producto terminado
 Partes mecánicas Otros

OTROS/COMENTARIO _____

RAZON DE TARJETA

Inecesario Defectuoso
 Fuera de especificaciones Otros
 Otros _____

ACCION REQUERIDA

Eliminar
 Agrupar en espacio separado
 Retornar

Otros: _____
 Fecha inicio ___/___/___ Final de la acción ___/___/___

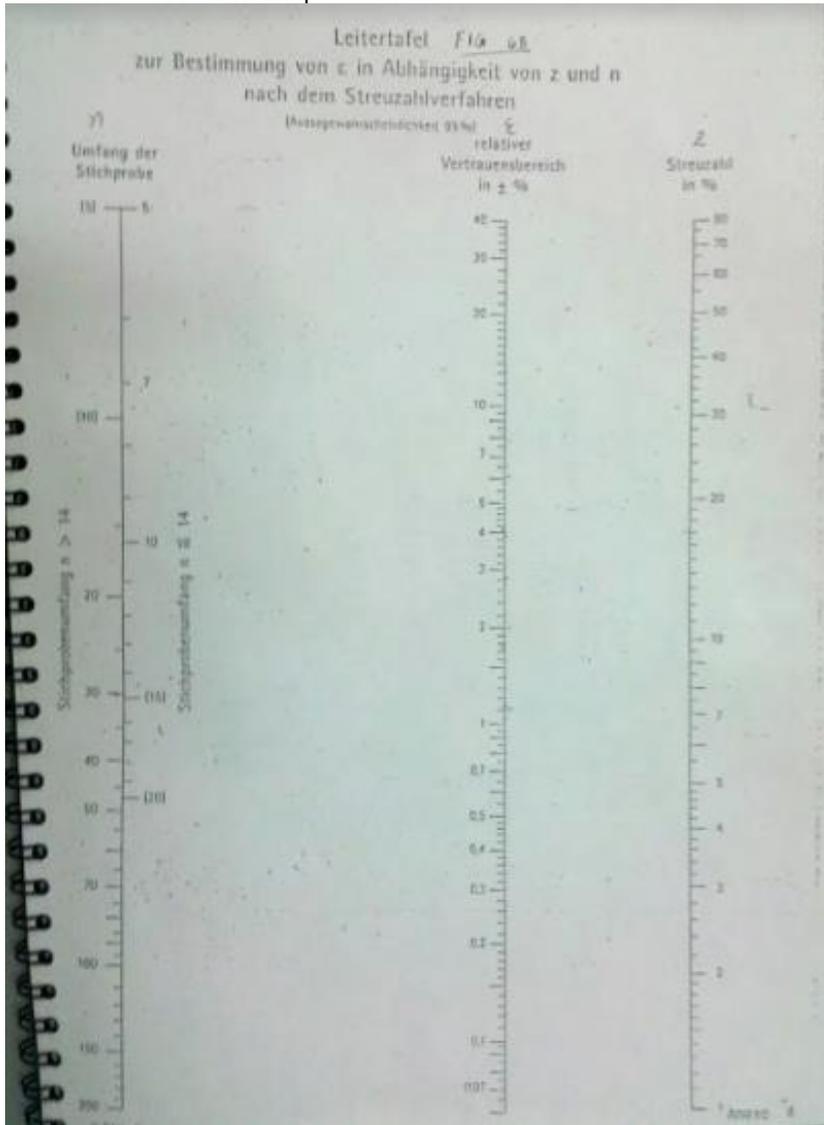
Anexo 5: Herramientas en mantenimiento

Caja de herramientas					
Tipo	#	Herramienta	Tipo	#	Herramienta
	1	Arco		1	machuelo
	1	Cepillo de alambre		3	Pinzas de presión
	1	Llave de 1/8		2	Martillos
	1	Llave de 15/16		7	Brocas
	1	Llave de 7/8		2	Escuadras
	1	Llave de 1 1/2/ 5/8		1	
	1	Llave 5/16		1	
	1	Llave 1 1/2		1	
	1	Llave 5/8		1	
	1	Llave de 3/4		1	
	1	Flexómetro		1	
	2	Careta		1	
	1	Careta para soldar		1	
	1	Chispa para soldar		1	
	1	Llave para dado		1	
	6	Llave Allen		3	
	1	Formón		1	
	2	Pinzas		2	
	1	lámpara		1	

Anexo 6. Ayudas Visuales.



Anexo 8: Calculo error tiempo estándar



Anexo 9: Suplementos Tiempo estándar

Instituto de Administración Científica de las Empresas
Curso de "Técnicas de organización"

Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales.

1. Suplementos constantes		Hombres	Mujeres
Suplementos por necesidades personales		5	7
Suplementos base por fatiga		4	4

2. Suplementos variables		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incómoda		0	1
Incómoda (inclinado)		2	3
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			
Peso levantado por kilogramo			
2.5		0	1
5		1	2
7.5		2	3
10		3	4
12.5		4	6
15		5	8
17.5		7	10
20		9	13
22.5		11	16
25		13	20 (máx.)
30		17	—
33.5		22	—
D. Mala iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0
Bastante por debajo		2	2
Absolutamente insuficiente		5	5

E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)			
Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de - Suplemento			
Kata (milicalorías/cm ² /segundo)			
16	0		
14	0		
12	0		
10	3		
8	10		
6	21		
5	31		
4	45		
3	64		
2	100		

F. Concentración intensa		Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precisión		0	0
Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5	5

G. Ruido		Hombres	Mujeres
Continuo		0	0
Intermitente y fuerte		2	2
Intermitente y muy fuerte		5	5
Estridente y fuerte			

H. Tensión mental		Hombres	Mujeres
Proceso bastante complejo		1	1
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		4	4
Muy complejo		8	8

I. Monotonía		Hombres	Mujeres
Trabajo algo monótono		0	0
Trabajo bastante monótono		1	1
Trabajo muy monótono		4	4

J. Tedio		Hombres	Mujeres
Trabajo algo aburrido		0	0
Trabajo aburrido		2	1
Trabajo muy aburrido		5	2

FIGURA 2.20 Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos normales.

Anexo 10: Panel de herramientas Mikels



Anexo 11: Memoria fotográfica de la toma de temperatura en molde.



