



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ANÁLISIS DE FALLAS DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE ELECTRODOS

Arturo Eda Alvarez

Piura, abril de 2013

Universidad de Piura

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Eda, A. (2013). *Análisis de fallas de una máquina extrusora de electrodos*. Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



“Análisis de fallas de una máquina extrusora de electrodos”

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Arturo Eda Alvarez

Asesor: Dr. José Luis Calderón Lama

Piura, Abril 2013

Para madre,

Padre y

abuelos

RESUMEN

El objetivo de esta tesis es localizar las causas que originan las fallas dentro del proceso de prensado. Así mismo presentar planes de acción que permitan obtener resultados en un corto plazo. Se quiere demostrar a la empresa que un adecuado análisis de fallas, debidamente estructurado, puede ser implementado con éxito en cada proceso productivo de planta.

El método empleado es el procedimiento del análisis de fallas, el cual presenta una serie de pasos detallados que nos facilitan encontrar las causas de los problemas. Para que este análisis funcione se necesita información minuciosa acerca de las paradas no programadas; ésta se obtiene a través de entrevistas a los supervisores y técnicos que están relacionados con el proceso de prensado.

Como resultado se obtuvo las causas de una serie de fallas relacionadas a las paradas no programadas; para cada falla se desarrolló un plan de acción que permitió neutralizar la causa del problema. Este tipo de análisis nos presenta de forma diferente las fallas, para así poder llegar a una mejor solución.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

1. Capítulo 1. Análisis de fallas en las organizaciones	6
1.1 Introducción	6
1.2 Análisis de fallas en los distintos tipo de organizaciones	6
1.2.1 Análisis de fallas en las organizaciones de servicio	7
1.2.2 Análisis de fallas en las organizaciones de manufactura	8
1.3 Problema del análisis de fallas en las organizaciones	9
1.4 Beneficios del análisis de fallas en las organizaciones	9
1.5 Cómo realizar un efectivo análisis de fallas	10
2. Capítulo 2. Análisis de fallas en las empresas manufactureras	11
2.1 Tipos de fallas de los equipos	11
2.1.1 Falla por factores humanos	11
2.1.2 Falla por factores técnicos	12
2.1.3 Falla por factores organizacionales	12
2.2 Conceptos previos	13
2.2.1 Confiabilidad	13
2.2.2 Herramientas de la confiabilidad	17
2.2.2.1 Curva de bañera	17
2.2.2.2 MTBF	19
2.2.2.3 MTTR	19
2.2.3 Disponibilidad	20
2.3 Análisis de fallas	21
2.3.1 Objetivos	21
2.3.2 Herramientas del análisis de fallas	21
2.3.2.1 Lista de chequeo	21
2.3.2.2 Diagrama de Pareto	21
2.3.2.3 Histograma	23
2.3.2.4 Gráfica de control	23
2.3.2.5 Diagrama de causa – efecto	25
2.3.3 Etapas del análisis de fallas	26
3. Capítulo 3. Implementación del análisis de fallas en la empresa	35
3.1 Soldexa S.A.	35
3.2 Proceso de elaboración de electrodo	36

3.3 Problema	39
3.4 Observaciones	40
3.5 Implementación del análisis de falla	40
3.5.1 Descripción	40
3.5.1.1 Definición del hecho observado	40
3.5.1.2 Descripción del problema	51
3.5.2 Análisis	60
3.5.2.1 Diferencias encontradas	60
3.5.2.2 Cambios en estas diferencias	66
3.5.2.3 Conducir a la causa más cercana	70
3.5.3 Solución	72
3.5.3.1 Toma de decisiones	72
3.5.3.2 Proceso de implementación de mejora	75
3.5.4 Documentación	76
3.5.4.1 Revisar resultados	76
3.5.4.2 Aplicar soluciones estandarizadas	78
3.5.4.3 Validación oficial	80
3.6 Análisis de los indicadores de disponibilidad	80
4. Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones	82
4.1 Objetivo logrados	82
4.2 Conclusiones generales	83
4.3 Mejoras alcanzadas	84
4.4 Recomendaciones finales	85
5. Bibliografía	86
6. Apéndices	87

INTRODUCCIÓN

Trabajar sobre el análisis de fallas permitirá encontrar con mayor exactitud la causa raíz de los errores del sistema. De este modo podremos analizar a profundidad las fallas que impiden que el sistema cumpla con los objetivos, para posteriormente eliminarlas.

Para llevar a cabo este análisis, se necesitará de la colaboración del personal involucrado que proporcione información veraz y adecuada para la evaluación.

Actualmente son numerosas las empresas que utilizan este mismo sistema bajo diferentes nombres. Procter & Gamble es un ejemplo; esta empresa usa este mismo sistema para sus procesos de calidad, logística, mantenimiento y producción. La estructura es utilizada para conocer por qué un determinado sistema no está logrando los resultados esperados o por qué está decayendo en éstos.

Soldexa S.A. pretende implementar un sistema de análisis de fallas en las tres áreas de producción: trefilado y corte, prensado y embalaje.

Para preparar este proceso, la empresa requiere de un proyecto piloto que sirva como plan guía. Por ello se empezará con la implementación del análisis de fallas para el área de prensado, la cual cuenta con cuatro tipos de prensas.

Para facilitar este estudio se enfocará el proceso en el análisis de la prensa dos, para posteriormente replicar el mismo estudio al resto de ellas.

A continuación, se describirá la estructura del proyecto que permitirá conocer mejor las cuatro fases del mismo:

Primera Fase.- Especificar cómo se realiza un análisis de fallas según el tipo de organización, así como los inconvenientes y beneficios de realizarla.

Segunda Fase.- Explicar la estructura del análisis de fallas, así como las herramientas que se utilizará para llegar a las conclusiones correctas.

Tercera Fase.- Implementar el análisis de fallas; mostrar los procesos de producción de las tres áreas de la planta, así como el paso a paso de la implementación.

Cuarta Fase.- Indicar las conclusiones y recomendaciones; expresando los objetivos logrados y todas las recomendaciones para la empresa.

CAPITULO 1

ANÁLISIS DE FALLAS EN LAS ORGANIZACIONES

1.1. INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se explica el análisis de fallas en los distintos tipos de organizaciones y se menciona cuáles son los beneficios al realizar un adecuado análisis de fallas.

Antes de comenzar este capítulo se explica qué es una falla: “Hecho no previsible inherente a un sistema que desvía su comportamiento respecto al descrito en su especificación, que en la mayoría de los casos impide que éste cumpla su misión” (9).

1.2. ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS DISTINTOS TIPOS DE ORGANIZACIONES

No es necesario decir que las organizaciones no aprenden de las fallas si no las discuten y las analizan; sin embargo esto continúa siendo solamente un pensamiento importante. El potencial del aprendizaje disponible no se obtiene a menos que la falla se analice y se discuta profundamente; mayormente lo que suele pasar en las organizaciones a la hora de presentarse una “falla”, es ver si ésta afecta mucho el correcto funcionamiento del sistema,

luego se reúnen los involucrados en el problema para dar ideas y posibles razones que la originaron, encontrando una solución rápida; sin embargo, al utilizar estos métodos de análisis no pueden identificar y aprender de las fallas menores a pesar de que pueden encontrar soluciones a las fallas mayores.

Un efectivo análisis de fallas requiere un gran número de horas para ingresar datos y analizarlos; así se puede entender qué fue lo que sucedió exactamente y qué se puede aprender. Es bueno comparar este tipo de análisis con lo que sucede en la mayoría de las organizaciones después de una falla.

1.2.1 ANÁLISIS DE FALLAS EN LAS ORGANIZACIONES DE SERVICIOS

En las organizaciones de servicios, el análisis de fallas se centra, generalmente, en los clientes o en los empleados que tienen un contacto directo con los clientes. A continuación se presenta un ejemplo (2):

En un banco se demostró el valor de un análisis profundo y de cuestionamiento en el área de pérdida de clientes. El hecho de que la mayoría de los clientes se perdían, se atribuía a "las tasas de intereses", como la razón de cambiar de banco que aparentaba sugerir que las tasas de interés de la institución no eran competitivas. Sin embargo, investigaciones adicionales demostraron que no existían diferencias significativas en las tasas de interés entre los bancos. Un análisis cuidadoso a través de entrevistas arrojó que muchos clientes se salían porque estaban enojados ante el hecho de que habían sido agresivamente asediados para que solicitaran una tarjeta de crédito bancaria de este banco, y posteriormente sus solicitudes no eran aceptadas. Un análisis superficial de la pérdida de clientes hubiera concluido que las tasas de interés no eran competitivas. Un estudio más profundo llevó a una conclusión diferente: se requería por parte del departamento de mercadotecnia del banco, una mejor selección anticipada de los clientes a los cuales se les ofrecía la tarjeta bancaria.

1.2.2 ANÁLISIS DE FALLAS EN LAS ORGANIZACIONES DE MANUFACTURA

En este tipo de organizaciones, el análisis de fallas está enfocado, generalmente, en el proceso de producción de un determinado producto. En otras palabras, saber por qué un producto no cumple con los estándares pre-establecidos. En estos casos incluso se puede

salvar un determinado insumo que no cumple con las especificaciones. Por ejemplo: en una empresa de pastas se tuvo un problema con la materia prima, en este caso la harina. Esta había llegado de Ucrania y no se podía obtener un fideo que esté acorde con las especificaciones dadas. La alta gerencia iba a desechar todo el lote de harina ucraniana y comprar otro lote a mayor costo; sin embargo un grupo de producción y calidad realizaron un análisis de dicha harina llegando a concluir que ésta debía ser procesada a mayor temperatura para poder llegar a obtener un producto que esté al nivel estándar requerido. Los resultados fueron aceptables y se evitaron grandes pérdidas.

En la industria farmacéutica, dentro de la fase experimental fallan aproximadamente un 90% de los medicamentos recién desarrollados, razón por la que las empresas farmacéuticas tienen bastantes oportunidades de analizar fallas. Las empresas que son creativas al analizar logran dos principales beneficios: primero, el análisis de fallas de medicamentos demuestra en algunas ocasiones que el medicamento puede tener un uso viable alternativo. Por ejemplo, Pfizer desarrolló Viagra para hacer un tratamiento de angina de pecho, una condición del corazón bastante dolorosa. De la misma manera, Eli Lilly descubrió que un fallido medicamento contraceptivo podría curar osteoporosis y se desarrolló un medicamento que luego tuvo ventas de un billón de dólares anuales.

En segundo lugar, una investigación profunda puede salvar un medicamento cuyo objetivo original fracasó, como puede ilustrarse en el caso de Alimta de Eli Lilly. Después de que fracasaron las pruebas de este medicamento experimental para quimioterapia, la empresa estaba por rendirse. El doctor que condujo las pruebas de Alimta decidió investigar más profundamente la falla utilizando a un matemático cuya labor en Lilly era la investigación de fallas. Juntos descubrieron que los pacientes que sufrían los efectos negativos de Alimta generalmente tenían una deficiencia de ácido fólico. Investigaciones más profundas demostraron que simplemente el dar a los pacientes ácido fólico, junto con Alimta, solucionaba el problema. De esta manera, se rescató un medicamento a punto de desecharse.

1.3. PROBLEMA DEL ANÁLISIS DE FALLAS EN LAS ORGANIZACIONES

El problema del análisis de fallas en las organizaciones está en los sistemas sociales que tienden a desalentar este análisis por las siguientes causas (2):

- Primero: los individuos tienen emociones negativas al examinar sus propias fallas, y esto puede dañar la autoestima y autoconfianza. La mayoría de las personas prefieren dejar en el olvido los errores pasados, más que revisarlos y disgregarlos para lograr un mayor entendimiento.
- Segundo: la conducción de un análisis de fallas requiere de un espíritu de búsqueda y apertura, paciencia y tolerancia a la ambigüedad. Sin embargo, a la mayoría de los gerentes se le admira y premia por su capacidad de decisión, eficiencia y acción, más que por una reflexión profunda y un análisis que pueda resultar doloroso.
- Tercero: los psicólogos, por décadas, han documentado prejuicios psicológicos, así como los errores que reducen la exactitud de la percepción de los humanos, el sentido de las cosas, la estimación y el dar crédito. Esto puede inhibir la capacidad humana de analizar fallas de una manera efectiva. Las personas tienden a sentirse más cómodas analizando la evidencia,
- lo que les permite creer lo que quieren creer, negando responsabilidad por las fallas y atribuyéndole el problema a los otros, o al "sistema". Preferimos movernos hacia algo más placentero o cómodo.

1.4. BENEFICIOS DEL ANÁLISIS DE FALLAS EN LAS ORGANIZACIONES

Además de los beneficios técnicos de un análisis sistemático, el discutir fallas tiene importantes beneficios sociales y organizacionales, a saber (2):

- La discusión ofrece la oportunidad de que otros aprendan, sobre todo si no estuvieron involucrados en la falla.
- Estas personas pueden contribuir con diferentes perspectivas y puntos de vista para hacer un análisis más profundo, que ayude a contrarrestar los prejuicios y subjetividades de aquellos que estuvieron involucrados en la falla. Después de haber experimentado una falla, las personas generalmente atribuyen mucho de la culpa a otra gente y a fuerzas más allá de su control. Si esta tendencia no se cuestiona, se reduce la capacidad de la organización para identificar el aprendizaje clave que se podría obtener de la experiencia.
- Al analizar y discutir errores simples, que generalmente son subestimados, se puede rescatar un aprendizaje.

1.5. CÓMO REALIZAR UN EFECTIVO ANÁLISIS DE FALLAS

Un riguroso análisis de fallas requiere que las personas, por lo menos temporalmente, hagan a un lado todos sus complejos y prejuicios para explorar las no tan cómodas verdades y asumir la responsabilidad personal (2).

Para asegurar un análisis efectivo y contar con diversos puntos de vista, se requiere de foros o procesos formales para discutir, analizar y aplicar las lecciones aprendidas en otras áreas. Estos grupos son más efectivos cuando las personas tienen habilidades técnicas, experiencia en análisis y diversos puntos de vista, permitiendo una lluvia de ideas y explorar diferentes interpretaciones de razones por las que ocurrió la falla, así como de sus consecuencias.

Si no se cuenta con una estructura de análisis riguroso y de cuestionamiento profundo, los individuos tienden a saltar a conclusiones prematuras sin fundamento y a no entender problemas complejos.

CAPITULO 2

ANÁLISIS DE FALLAS EN LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS

2.1. TIPOS DE FALLAS DE LOS EQUIPOS

En el capítulo anterior se explicó que en las empresas manufactureras el análisis de fallas se enfoca en fallas originadas por el proceso de elaboración de productos. En estos procesos pueden intervenir factores humanos (supervisores, operarios, jefes de producción), factores técnicos (máquinas, dispositivos mecánicos y electrónicos, etc.) o factores organizacionales. En su mayoría, cuando ocurre una falla en el proceso de productos, se debe a uno de estos tres factores, o en algunos casos a alguna combinación de estos.

2.1.1. FALLAS POR FACTORES HUMANOS

Cuando ocurren fallas por el factor humano, no se puede afirmar que siempre va a ocurrir este error por parte de los operarios. En algunas situaciones son necesarios los errores. Por ejemplo, cuando se instala una nueva máquina para poder producir cierto producto, se ingresa a la primera etapa de la “curva de la bañera”, ver página 18. En esta etapa las fallas son muy altas; pero no es por culpa del operador sino que recién está aprendiendo a utilizar apropiadamente dicha máquina y saber cuáles son los “pequeños detalles” para su correcto funcionamiento.

Las fallas más comunes por factores humanos las cometen operarios sin experiencia o por falta de capacitación. Estas fallas suelen ocasionar daños a las máquinas durante su funcionamiento. Los supervisores o jefes de producción pueden estar involucrados en el origen de la falla de una forma indirecta por no tener conocimientos sobre las restricciones de sus máquinas.

Sea el caso que sea por el cual ocurra la falla, tiene que ser documentada de la forma más explícita posible, describiéndola y detallando cuál fue la razón de dicha falla; esta práctica es primordial para un efectivo análisis de fallas.

2.1.2. FALLAS POR FACTORES TÉCNICOS

Las fallas ocasionadas por factores técnicos tienen múltiples orígenes y si no son correctamente interpretadas se podría estar incurriendo en terribles decisiones para el futuro de una máquina. Para citar un ejemplo: una determinada máquina empieza a ocasionar demasiadas paradas, creando así un efecto negativo para la producción. La alta gerencia supervisa a los técnicos si están haciendo el correcto mantenimiento a dicha máquina y se responde afirmativamente. Luego averiguan los años de utilización, y si esta máquina sobrepasa el límite de años de uso la consideran chatarra y la desechan. La pregunta ahora es: ¿tomaron la decisión correcta?, ¿cómo saberlo?

Para poder saber si una máquina llegó a la última parte de la “curva de la bañera”, no solamente se tiene que confiar de los años de uso y de su creciente números de fallas; es muy necesario utilizar otras herramientas para poder confirmar dicha suposición.

2.1.3. FALLAS POR FACTORES ORGANIZACIONALES

Este tipo de fallas, mayormente no son conocidas como “fallas organizacionales”, sino que son conocidas como síntomas de deficiencia estructural. Esto tiene su fundamento en que las fallas de este tipo son localizadas en las mismas estructuras organizacionales de las empresas debido a que estas no están acorde con las metas u objetivos de la empresa.

Para poder detectar este tipo de fallas tenemos que tener en cuenta los “síntomas” que están ocurriendo dentro de la empresa.

- La toma de decisiones se demora o carece de calidad: las personas que toman las decisiones pueden estar sobrecargadas porque la jerarquía les envía demasiados

problemas y decisiones. La delegación de autoridad puede ser insuficiente. Otra causa posible de la mala calidad de las decisiones es que la información no llega a las personas correctas.

- La organización no responde de forma innovadora a un entorno cambiante. Una razón de la carencia de sentido innovador es que los departamentos no están coordinados en sentido horizontal. Hay que coordinar la identificación de necesidades de los clientes (a cargo del departamento de Mercadotecnia) con la identificación de los avances tecnológicos (responsabilidad del departamento de Investigación). La estructura organizacional también tiene que especificar la responsabilidad departamental, la cual incluye la supervisión del entorno y la innovación.
- La evidencia de mucho conflicto: la estructura organizacional debe permitir que los objetivos departamentales en conflicto se combinen en un conjunto de metas para toda la organización. Cuando los departamentos actúan con propósitos encontrados o están bajo presión para alcanzar las metas departamentales a costa de los objetivos organizacionales, es frecuente que la estructura tenga la culpa. Los mecanismos de alcance horizontal no son adecuados.

2.2. CONCEPTOS PREVIOS

Para poder tomar decisiones correctas acerca del futuro de las máquinas se necesita de una serie de herramientas.

2.2.1. CONFIABILIDAD

Se define como la probabilidad de que un componente, máquina o sistema funcione sin fallar por un periodo de tiempo determinado bajo condiciones de entorno preestablecidas.

- **Condiciones de entorno:**
 - ✓ Temperatura.
 - ✓ Humedad.
 - ✓ Polución.

Cuando se fijan estas características, la confiabilidad resulta sólo función del tiempo, y sus características dependen de las leyes de probabilidad según las cuales las fallas pueden ocurrir en el tiempo.

La probabilidad de que un componente falle en un instante dado se calcula con el área bajo la función densidad de probabilidad (fdp). En la Tabla 2.1. se muestran las fallas de enero a octubre de un componente.

Tabla 2.1. Fallas de enero a octubre.

MES	FALLAS
Enero	2
Febrero	5
Marzo	7
Abril	8
Mayo	7
Junio	6
Julio	5
Agosto	4
Septiembre	3
Octubre	1
	48

En la Figura 2.1. se muestra mediante un gráfico de columnas el número de fallas que ha tenido un componente de enero a octubre. En la Figura 2.2. se muestra el área bajo la cual el componente termina fallando inevitablemente.

El **histograma** lo podemos ajustar a una función densidad de probabilidad (fdp). Dado que inevitablemente el componente termina fallando, el área bajo la curva es la unidad.

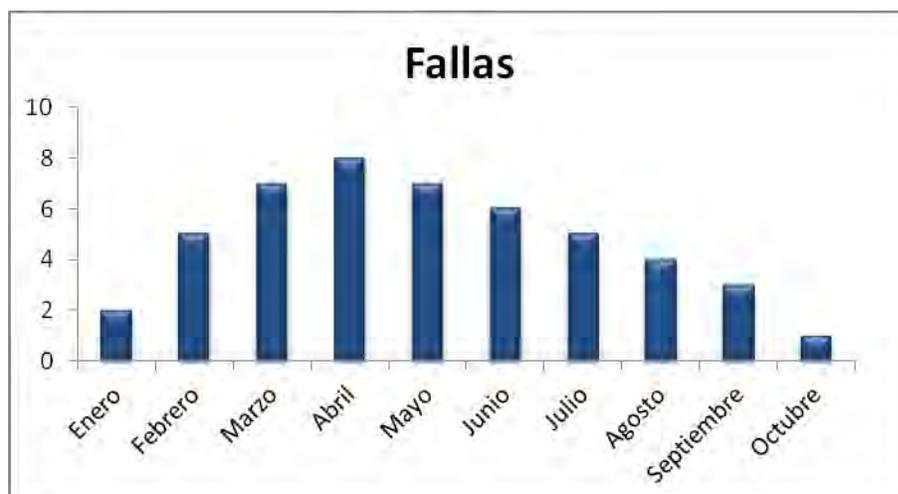


Fig. 2.1. Número de fallas de un componente de enero a octubre.

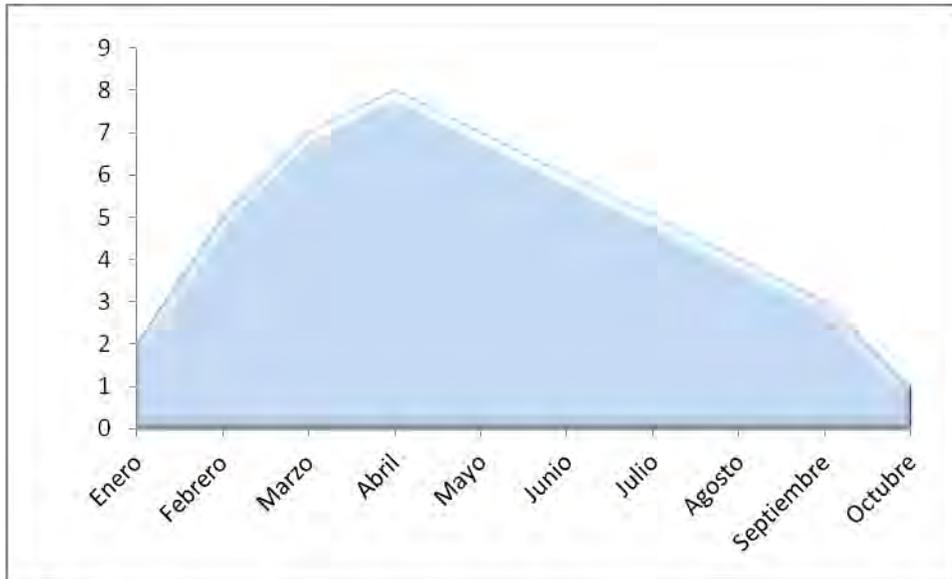


Fig. 2.2. Área bajo la cual el componente termina fallando inevitablemente.

Definimos también la probabilidad de que, un elemento que al instante inicial estaba funcionando, falle en el tiempo t , representada por la ecuación.

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

En la Figura 2.3. se muestra $F(t)$ gráficamente.

La confiabilidad, es decir, la probabilidad de supervivencia (entendida como funcionamiento correcto) al tiempo t vendrá dada por:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

En la Figura 2.4. se muestra $R(t)$ gráficamente.

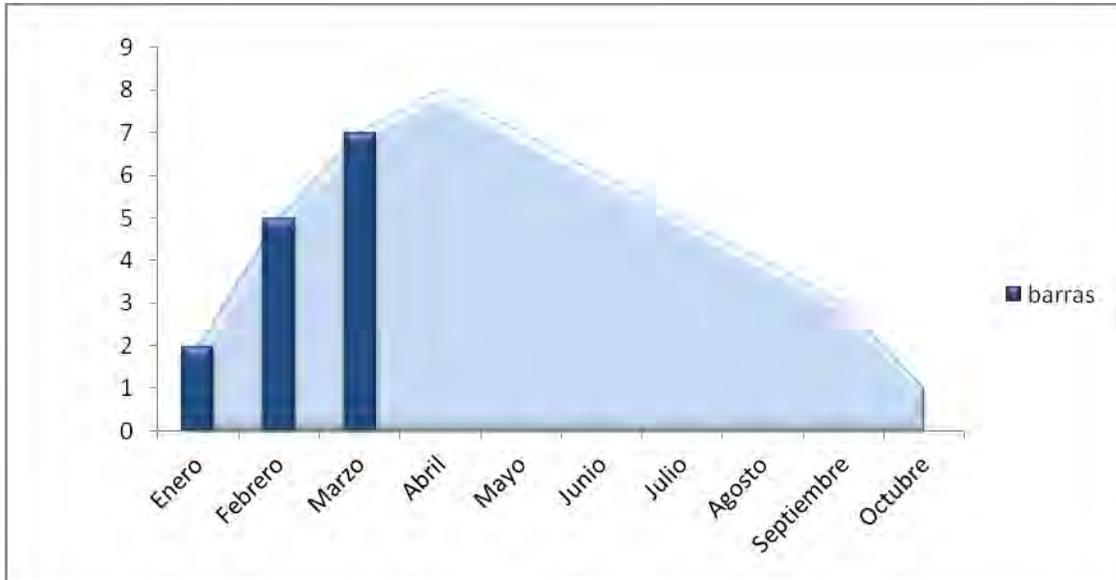


Fig. 2.3. Gráfica de $F(t)$.

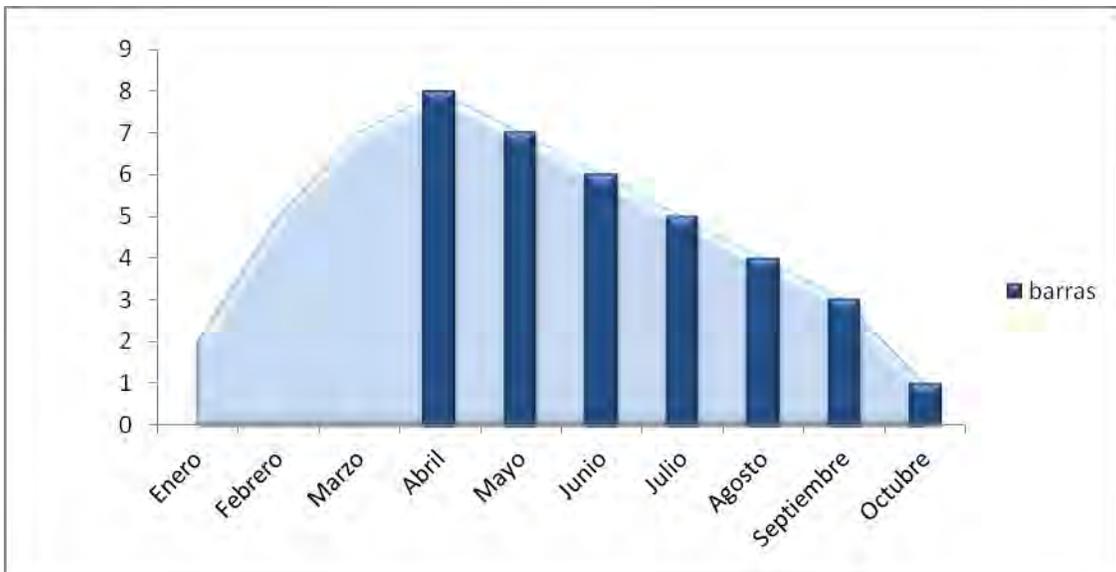


Fig. 2.4. Gráfica de $R(t)$.

Se puede deducir fácilmente que:

$$F(t) + R(t) = 1$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

La tasa de fallas es:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Por definición:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt}$$

$$f(t)dt = -dR(t)$$

$$-R(t) \lambda(t)dt = dR(t)$$

Por lo tanto:

$$\ln R(t) - \ln R(0) = - \int_0^t \lambda(t) dt$$

De donde se obtiene:

$$R(t) = e^{\left[- \int_0^t \lambda(t) dt\right]}$$

$$f(t) = \lambda(t) * e^{\left[- \int_0^t \lambda(t) dt\right]}$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

2.2.2. HERRAMIENTAS DE LA CONFIABILIDAD

2.2.2.1. Curva de la bañera

La curva de la bañera es un gráfico que nos permite representar la tasa de fallas durante la vida útil de un determinado sistema o máquina. Recibe este nombre porque tiene una forma de bañera cortada de forma transversal; en la Figura 2.6 se muestra la curva de bañera.

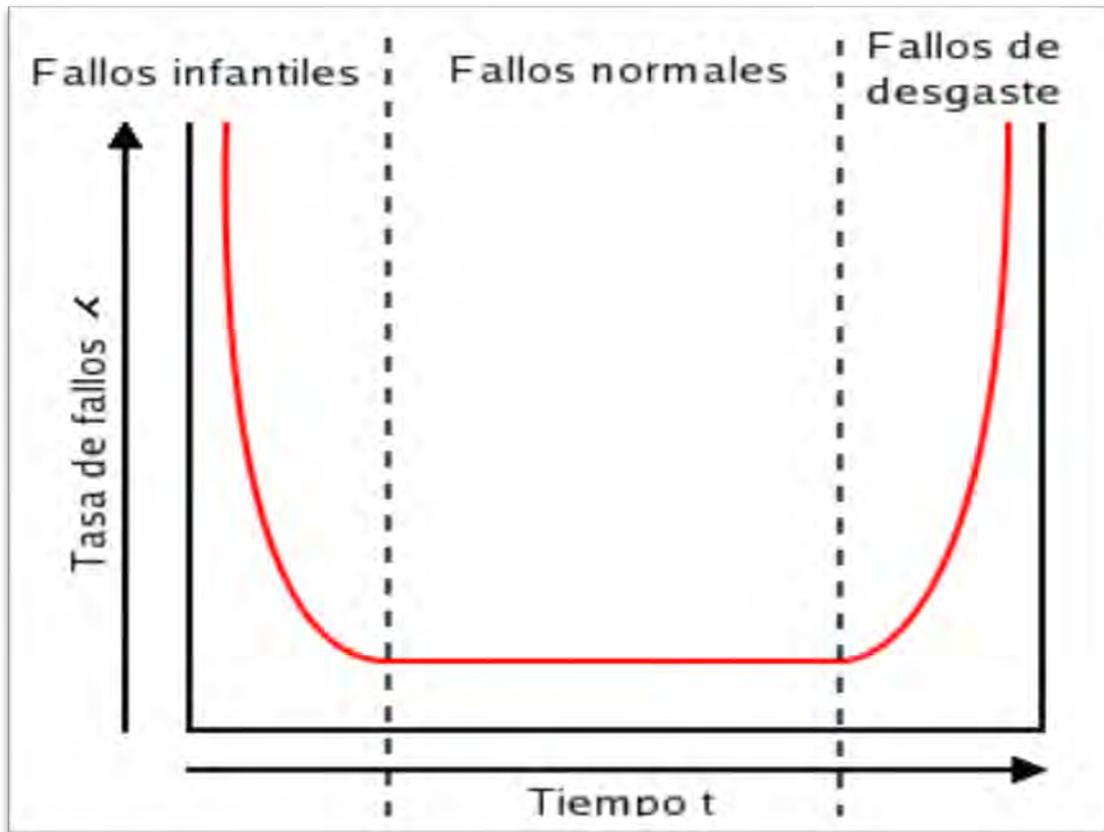


Fig.2.6. Curva de bañera.

Fase I:

En esta fase ocurren fallos “infantiles”. Estos se deben a:

- Errores de diseño.
- Errores de fabricación.
- Errores de montaje.
- Selección de material.

Conforme pasa el tiempo, la tasa de fallas va disminuyendo considerablemente, hasta volverse una tasa de fallas constante.

Se comporta según esta función:

$$\lambda(t) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) * \left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

Fase II:

En esta fase la tasa de fallas se mantiene constante. Esto se debe a que ahora sólo presenta fallas aleatorias, propias del proceso, que no tienen relación alguna con las fallas de la primera fase. Esta fase es conocida como vida útil.

Se comporta según esta función:

$$\lambda(t) = Cte.$$

Fase III:

En esta última fase se aprecia cómo la tasa de fallas va en aumento. Esto ocurre al término de la vida útil del sistema en la mayoría de los casos. A esta etapa también se le llama desgaste.

Se comporta según esta función:

$$\lambda(t) = \frac{e^{-0.5\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\int_t^{\infty} e^{-0.5\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt}$$

2.2.2.2. MTBF

Este indicador mide el tiempo medio entre fallas; en otras palabras es el tiempo promedio en que un equipo, máquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla (3). Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paros por fallas.

Obedece a la siguiente fórmula:

$$MTBF = TTO / N^{\circ}F$$

TTO = Tiempo total de operación en el periodo.

N[°]F = Número total de fallas.

El MTBF presenta mejoras al transcurrir el tiempo.

2.2.2.3. MTTR

Este indicador señala el tiempo promedio para restaurar la función de un equipo, maquinaria, línea o proceso después de una falla (3). Incluye tiempo para analizar y diagnosticar la falla, tiempo para conseguir la refacción, tiempo de planeación, etc. Es también un indicador de la mantenibilidad de un equipo.

Este indicador se obtiene dividiendo el tiempo total de las reparaciones entre el número total de fallas en un sistema. Obedece a la siguiente fórmula:

$$MTTR = TTR / N^{\circ}F$$

TTR = Tiempo total empleado en restaurar la operación después de cada falla.

N^oF = Número de fallas totales.

El MTTR presenta mejoras cuando disminuye en el tiempo.

2.2.3. DISPONIBILIDAD

La disponibilidad refleja la posibilidad de utilización de una instalación desde el punto de vista técnico, excluyendo las paradas no originadas por fallas.

La disponibilidad viene definida como relación entre el tiempo en el cual la instalación puede ser utilizada y el tiempo total, que incluye el tiempo precedente más el tiempo de la reparación.

$$A = \frac{UT}{UT+DT}$$

UT (Up Time).- tiempo en que el sistema está realmente disponible para el funcionamiento.

DT (Down Time).- representa el tiempo fuera de servicio por causas técnicas.

También hay una **disponibilidad intrínseca** donde:

MTBF, es el tiempo medio entre fallas.

MTTR, es el tiempo medio de reparación.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

Estos índices consideran sólo las paradas por fallas. En el caso más general, el tiempo fuera de servicio de una instalación industrial durante un cierto periodo es el resultado de la suma del tiempo empleado en las intervenciones de mantenimiento preventivo y el tiempo empleado en las intervenciones de mantenimiento correctivo.

2.3. ANÁLISIS DE FALLAS

Se presenta un método de análisis de fallas, que es funcional y sencillo de seguir, para que pueda adaptarse a su organización y pueda resolver problemas tanto en empresas de servicios como de manufactura.

La función principal es conocer de manera efectiva la causa que origina una falla y garantizar que la solución que se lleve a cabo sea la correcta.

2.3.1. OBJETIVOS

- Conocer la causa verdadera que origina la falla.
- Buscar la mejor solución de la falla.
- Evitar que la falla ocurra nuevamente.

2.3.2 HERRRAMIENTAS DEL ANÁLISIS DE FALLAS

Se definirá el concepto de las cinco herramientas básicas para el correcto desarrollo del análisis de fallas.

2.3.2.1. LISTA DE CHEQUEO

Es una forma de registrar la información en el momento en que se está recabando. Esta puede consistir como una tabla o gráfica donde se registre, analice y presente resultados de una manera sencilla y directa. Tiene las siguientes finalidades:

- Proporcionar un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis.
- Proporcionar registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo.
- Facilitar el inicio del pensamiento estadístico.
- Ayudar traducir las opiniones en hechos y datos.
- Confirmar las normas establecidas.

2.3.2.2 DIAGRAMA DE PARETO

El Diagrama de Pareto es una gráfica de barras que ilustra las causas de los problemas por orden de importancia y frecuencia (porcentaje) de calidad, costo, entrega o seguridad.

El Diagrama de Pareto permite además comparar la frecuencia y costo de varias categorías de un problema. En la Figura 2.7. se muestra un ejemplo de Diagrama de Pareto en función de las causas de paradas de prensa.

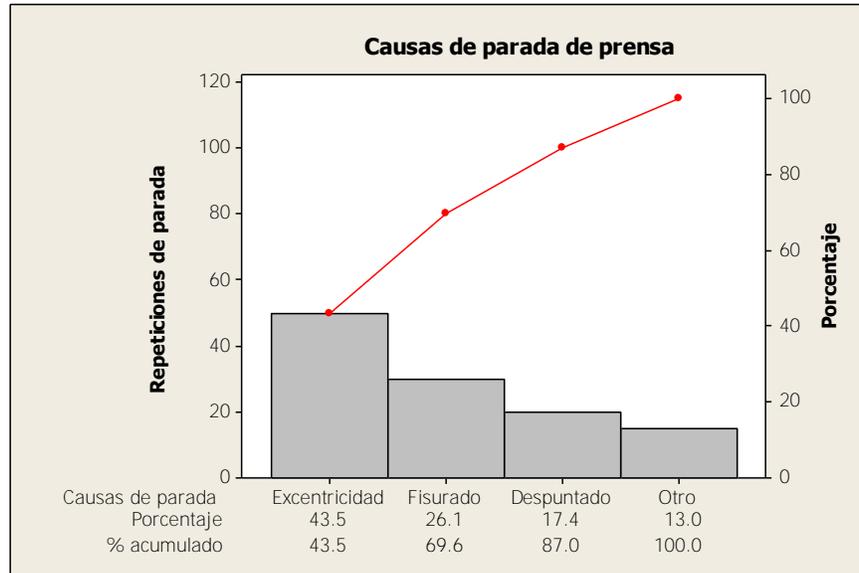


Fig.2.7. Causas de parada de prensa.

El Diagrama de Pareto debe ser implantado en los siguientes casos:

- Cuando las causas/categorías de un problema puedan cuantificarse.
- Cuando un equipo de trabajo necesite identificar las causas/categorías más significativas de un problema.
- Cuando un equipo de trabajo necesite decidir sobre cuáles causas trabajará primero.

Este diagrama presenta las siguientes ventajas:

- Canaliza los esfuerzos hacia los 'pocos vitales'.
- Ayuda a priorizar y a señalar la importancia de cada una de las áreas de oportunidad.
- Es el primer paso para la realización de mejoras.
- Se aplica en todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora, en cualquiera de los componentes de la Calidad Total: la calidad del producto/servicio, costos, entrega, seguridad y moral.

- Permite la comparación antes/después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- Promueve el trabajo en equipo ya que se requiere la participación de todos los individuos relacionados con el área para analizar el problema, obtener información y llevar a cabo acciones para su solución.
- Se utiliza también para expresar los costos que significa cada tipo de defecto y los ahorros logrados mediante el efecto correctivo llevado a cabo a través de determinadas acciones.

2.3.2.3. HISTOGRAMA

Es una descripción gráfica de los valores medidos individuales agrupados en paquetes de datos y que está organizado de acuerdo a la frecuencia o frecuencia relativa de ocurrencia. Los histogramas ilustran la forma de la distribución de valores individuales agrupados en rangos de datos en conjunción con la información referente al promedio y variación.

Para poder implantarlo se siguen los siguientes pasos:

- Desplegar la distribución de datos en barras, graficando el número de unidades de cada categoría.
- Adentrarse en la naturaleza de la variación del proceso (por ejemplo, determinar si sólo una variación está presente).

La forma de un histograma depende de la distribución de las frecuencias absolutas de los datos. Algunas de las formas más comunes pueden verse en la Figura 2.8. (un histograma normal y otro sesgado a la derecha), asimismo en la Figura 2.9. puede verse un histograma sesgado izquierda y otro en forma de u (ver en la siguiente página).

2.3.2.4. DIAGRAMA DE CONTROL

Diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para indicar que el proceso está en una condición inestable. Proporciona un método estadístico adecuado para distinguir entre causas de variación comunes y especiales mostradas por los procesos. El objetivo de estos gráficos es detectar en tiempo real los defectos que se cometen y así es más fácil determinar las causas asignables de los defectos. En la Figura 2.10. se muestra un diagrama de control.

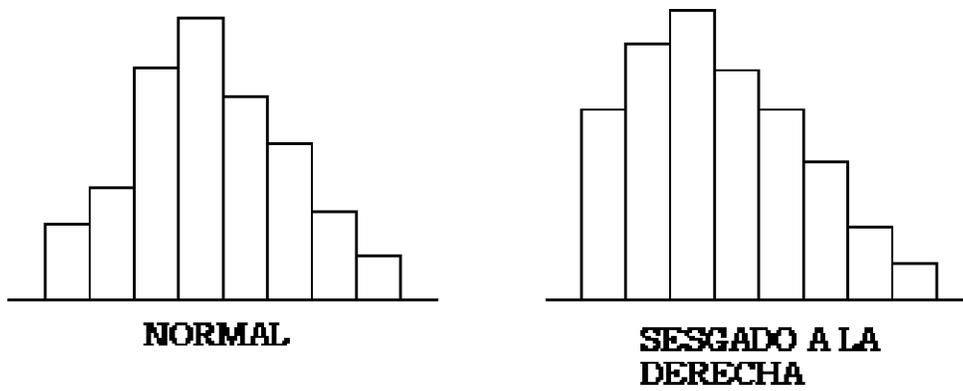


Fig.2.8. Histograma normal - sesgado a la derecha

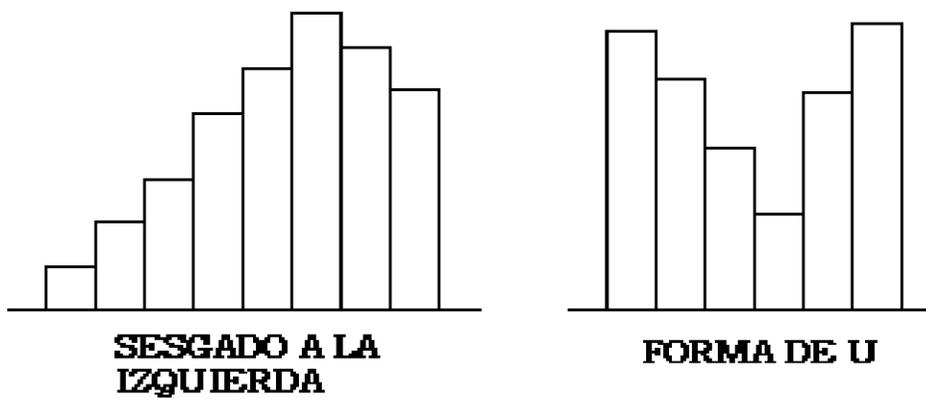


Fig.2.9. Histograma sesgado izquierda – forma de u.

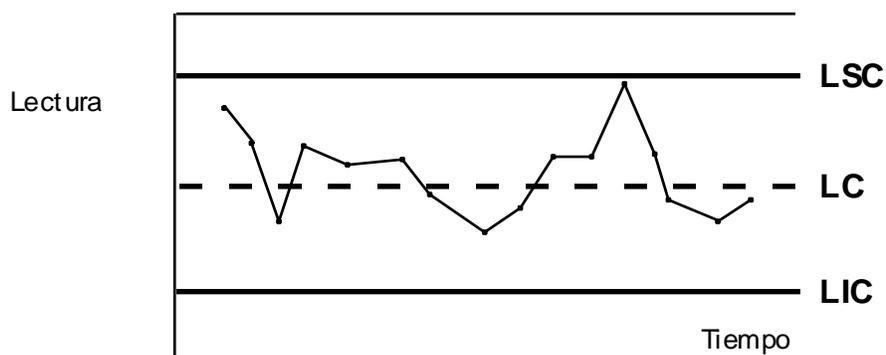


Fig. 2.10. Diagrama de Control.

Un diagrama se encuentra bajo control cuando la característica de control presenta variaciones aleatorias dentro de unos límites estadísticamente aceptables (límites de

control). Por otro lado, una gráfica se encuentra fuera de control cuando esta presenta variaciones no aleatorias y/o fuera de unos límites estadísticamente aceptables.

Un gráfico está fuera de control cuando presenta las siguientes características:

- Un punto fuera de los límites fuera de control.
- Una racha.
- Una tendencia.
- Acercamiento a los límites de control.
- Acercamiento a la línea central.
- Periodicidad.

2.3.2.5. DIAGRAMA DE CAUSA - EFECTO

Esta herramienta es útil en la identificación de las posibles causas de un problema, y representa las relaciones entre un efecto y sus causas. En la Figura 2.11. se muestra un diagrama de causa – efecto y en la Figura: 2.12. se muestra una aplicación del diagrama causa - efecto.

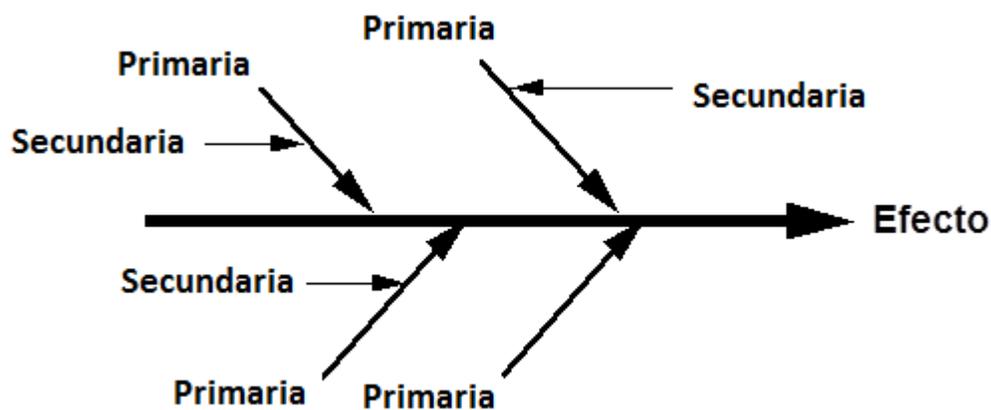


Fig.2.11. Diagrama Causa – Efecto.

A continuación un ejemplo del diagrama:

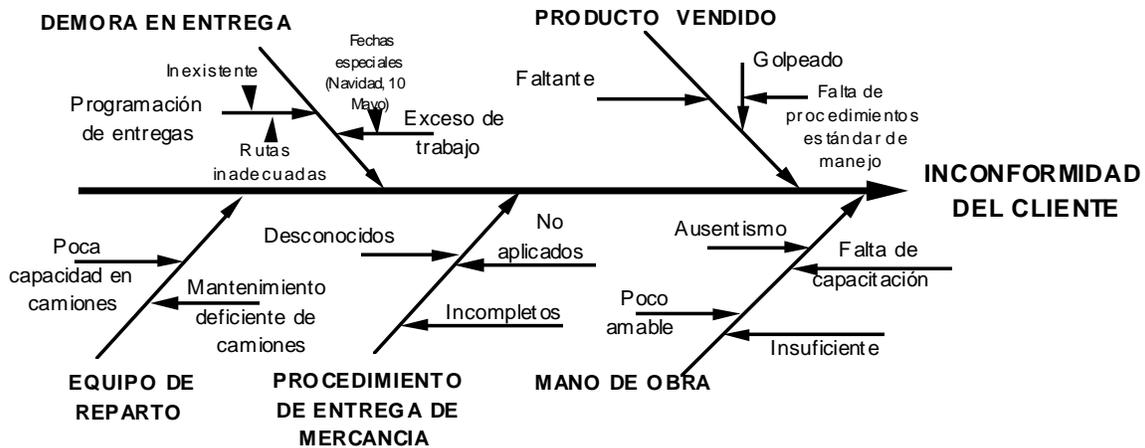


Fig. 2.12. Aplicación del Diagrama Causa – Efecto.

2.3.3. ETAPAS DEL ANÁLISIS DE FALLAS

Para realizar un correcto análisis de fallas se necesita realizar las siguientes cuatro etapas (4):

Etapas I: Descripción

Paso 1: Definición del hecho observado.

Objetivo:

Seleccionar un área o lugar donde se buscará fallas.

Acciones:

- Busca conocer los hechos tal como ocurrieron al presentarse la falla.
- Dar nombre a la falla, indicar en qué consiste y conocer los elementos involucrados.
- Ser objetivo y no confundir el propósito.

Herramientas que pueden ser utilizadas:

- ✓ Observación directa.
- ✓ Tormenta de ideas.
- ✓ Diagrama de Pareto.
- ✓ Gráficas de control.
- ✓ Diagrama de flujo.

✓ Lista de chequeo.

Paso 2: Descripción del problema.

Objetivo:

Definir de forma detallada la falla.

Acciones:

- Identificar la falla, lo que está pasando y lo que no, pero que podría haber sucedido.
- Para descubrir mejor la falla hay que conocer los hechos observados y los hechos comparativos. En la Tabla 2.1. se muestra el detalle del suceso.

Tabla 2.1. Detalle del suceso.

	Lo que está pasando	Lo que debería haber sucedido
¿Qué?	¿En qué unidad se observa el defecto? ¿Qué es exactamente lo que está mal?	¿Qué unidad debería tener defectos pero no los tiene? ¿Qué defectos podríamos esperar?
¿Dónde?	¿Dónde aparece el defecto sobre la unidad?	¿Dónde en la unidad podríamos ver el defecto?
¿Cuándo?	¿Cuándo se observó el problema? ¿Con qué frecuencia se presenta?	¿Cuándo podríamos haber observado el problema? ¿Qué debemos esperar y no se presenta?
¿Magnitud?	¿Qué tanto del objeto es defectuoso? ¿Cuántos objetos están defectuosos? ¿Cuál es la tendencia? (aumento, disminución o estable)	¿Cuántas unidades defectuosas deberían estar y no lo están?

Herramientas que pueden ser utilizadas:

- ✓ Tormenta de ideas.
- ✓ Diagrama de Pareto.
- ✓ Lista de chequeo.
- ✓ Histogramas.
- ✓ Gráficas de control.
- ✓ Diagramas de flujo.

Etapa II: Análisis

Paso 1: Diferencias encontradas.

Sus objetivos son:

- a) Reducir el campo de búsqueda en el que se encuentran las fallas.
- b) Buscar nueva información más enfocada.
- c) Conducir a variaciones significativas.

Acciones:

- ¿Qué hace la diferencia entre lo que pasó y que no pasó?
- ¿Qué se distingue que lo hace único, especial, para compararlo con lo que no sucede?

Herramientas que pueden ser utilizadas:

- ✓ Tormenta de ideas.
- ✓ Observación directa.
- ✓ Lista de chequeo.
- ✓ Gráficas de control.
- ✓ Diagrama de Pareto.

Paso 2: Cambios en estas diferencias.

Objetivo:

Buscar el por qué de la falla.

Acciones:

- Preguntar el por qué de la falla para encontrar la causa de raíz.
- ¿Qué ha variado o qué cambios han surgido en cada diferencia?
- Usar sinónimos de las palabras variación, cambio, alterado, transformando, mejorado, renovado, aumentado.

Herramientas que pueden ser utilizadas:

- ✓ Tormenta de ideas.
- ✓ Observación directa.
- ✓ Lista de chequeo.
- ✓ Gráficas de control.
- ✓ Gráfica causa – efecto.

Paso 3: Probables causas, comprobación de causas más probables.

Objetivo:

Conducir a la causa más probable.

Acciones:

- Desarrollar una o varias ideas en relación a las causas de la falla.
- Redactar lo mejor posible y lo más completa las probables causas para realizar su comprobación.
- Acudir al lugar de los hechos antes de tomar una acción definitiva.

Herramientas que pueden ser utilizadas:

- ✓ Tormenta de ideas.
- ✓ Lista de chequeo.
- ✓ Gráficas de control.
- ✓ Diagrama causa – efecto.
- ✓ Histograma.
- ✓ Diagrama de Pareto.

Etapa III: Solución.

Paso 1: Toma de decisiones.

Objetivo:

Generar alternativas de solución, decidir sobre la mejor.

Acciones:

- Cuando las causas se conocen es necesario generar las posibles soluciones.
- Apoyarse en las cuatro maneras para tomar decisiones.
- La mejor decisión es la que nos da los máximos beneficios.
- Considerar consecuencias. ¿Qué riesgos hay? ¿Que podría salir mal?
- Tomar la decisión y asegúrese de que tenga éxito.

Herramientas que pueden ayudar:

- ✓ Las cuatro maneras de tomar decisiones; en la Tabla 2.2. se muestran las herramientas para las decisiones.

Tabla 2.2. Herramientas para las decisiones.

Tipo	Estilo	En donde aplicarse	Desventajas
Menor Participación	Directivo El líder decide.	Crisis. Datos confidenciales.	Asfixia la iniciativa y el involucramiento.
	Colaborativo El líder pregunta a todos los miembros, luego decide.	Equipos bloqueados. Fecha límite inaplazable.	Fomenta la independencia.
Mayor Participación	Democrático: votos por mayoría, la mayoría rige.	Compromiso no necesario.	Situación de ganar – perder. Sabotaje.
	Consenso: todos los miembros participan y apoyan la decisión.	Interdependencia. Compromiso necesario.	Toma tiempo. Requiere habilidad.

Sin importar la manera de tomar decisiones, siga las siguientes fases:

Creación de la idea:

Especificar el propósito de la decisión.

Análisis de alternativas:

Comparar las características de cada una de ellas contra los beneficios esperados.

Selección de la mejor solución:

Describir el desempeño de cada opción en términos de los beneficios y decidir.

Paso 2: Proceso de implementación de mejora.

Objetivo:

Propiciar todas las facilidades necesarias para implantar la solución.

Acciones:

- Hacer un plan para poder ejecutar la idea con fechas, responsables y elementos necesarios.
- Realizar una lista de elementos necesarios para la aplicación.
- Identificar los puntos que puedan poner en peligro su realización.
- Anticipar dificultades ¿Qué puede salir mal?

Etapa IV: Documentación.

Paso 1: Revisar resultados.

Objetivo:

Saber los resultados obtenidos de la implementación; saber si fue exitosa y el grado de mejora.

Acciones:

- Verificar que la implementación corresponda a lo planeado.

- Comparar los resultados obtenidos al operar con la mejora, en comparación con los existentes sin la mejora.
- Reconocer la presencia de efectos malos e incluso la no solución de la falla.

Herramientas que pueden ayudar:

- ✓ Diagrama causa – efecto.
- ✓ Lista de chequeo.
- ✓ Gráficas de control.
- ✓ Histograma.
- ✓ Diagrama de Pareto.

Paso 2: Aplicar soluciones estandarizadas.

Objetivo:

Es posible que existan soluciones para corregir nuestras fallas. Si se documenta y estandarizan las causas y soluciones de fallas y se difunden, se ayudará a otros compañeros a solucionar fallas similares.

¿Qué lograremos si estandarizamos y definimos las causas y soluciones?

- Facilitar el entrenamiento y comprensión de la solución.
- Establecer niveles de desempeño en las operaciones.
- Determinar elementos críticos por controlar.

Acciones:

- Registrar la secuencia de aplicación de la mejora.
- Indicar las variables críticas que influyeron.
- Registrar la información en un formato oficial; si no existe, proponer uno.
- Transmitir a todas las personas que resulten afectadas o involucradas en la solución.

Herramientas:

- ✓ Gráficas de control.
- ✓ Diagrama de flujo.
- ✓ Hojas de registro.

Paso 3: Validación oficial.

Objetivo:

Obtener la aprobación de la gerencia para proseguir con la implantación de la solución y lograr que se respeten todas las condiciones de funcionamiento y la existencia de las facilidades necesarias. En la Figura 2.13. se muestra la estructura del análisis de fallas de forma resumida (ver en la siguiente página).

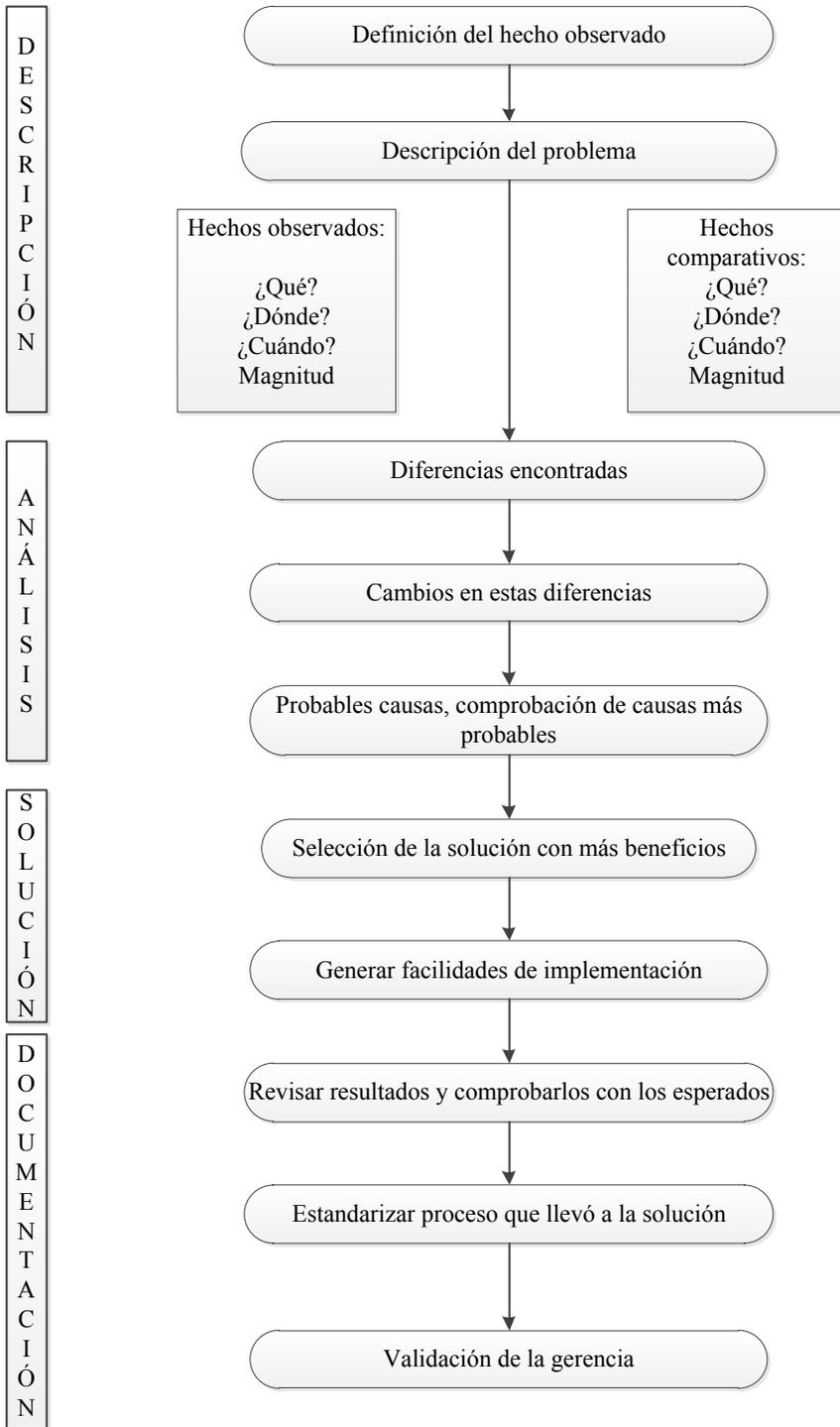


Fig. 2.13. Estructura de análisis de fallas resumida.

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN DEL ANÁLISIS DE FALLAS EN LA EMPRESA

3.1. SOLDEXA S.A.

Soldexa es una empresa dedicada a la elaboración de electrodos de corte y soldadura bajo la licencia de Oerlikon, por ende, pertenece al rubro metal-mecánico.

Soldexa no cuenta solo con la elaboración de soldaduras de calidad para la obtención y fidelidad de clientes sino que también genera un valor agregado a sus productos, el cual consiste en un servicio de capacitación técnica en un centro tecnológico. En este centro se adiestra a todo el personal enviado por sus clientes, quienes son entrenados en las técnicas de corte y soldadura. Así mismo, este personal capacitado recibe un certificado que los avala como soldadores, el cual varía dependiendo del grado de instrucción recibido. Cabe señalar que este servicio de adiestramiento es totalmente gratuito.

Soldexa elabora más de 250 tipos de electrodos y re-ensava más de 500 productos diferentes. En la Figura 3.1. se muestra el diagrama del proceso en la planta.

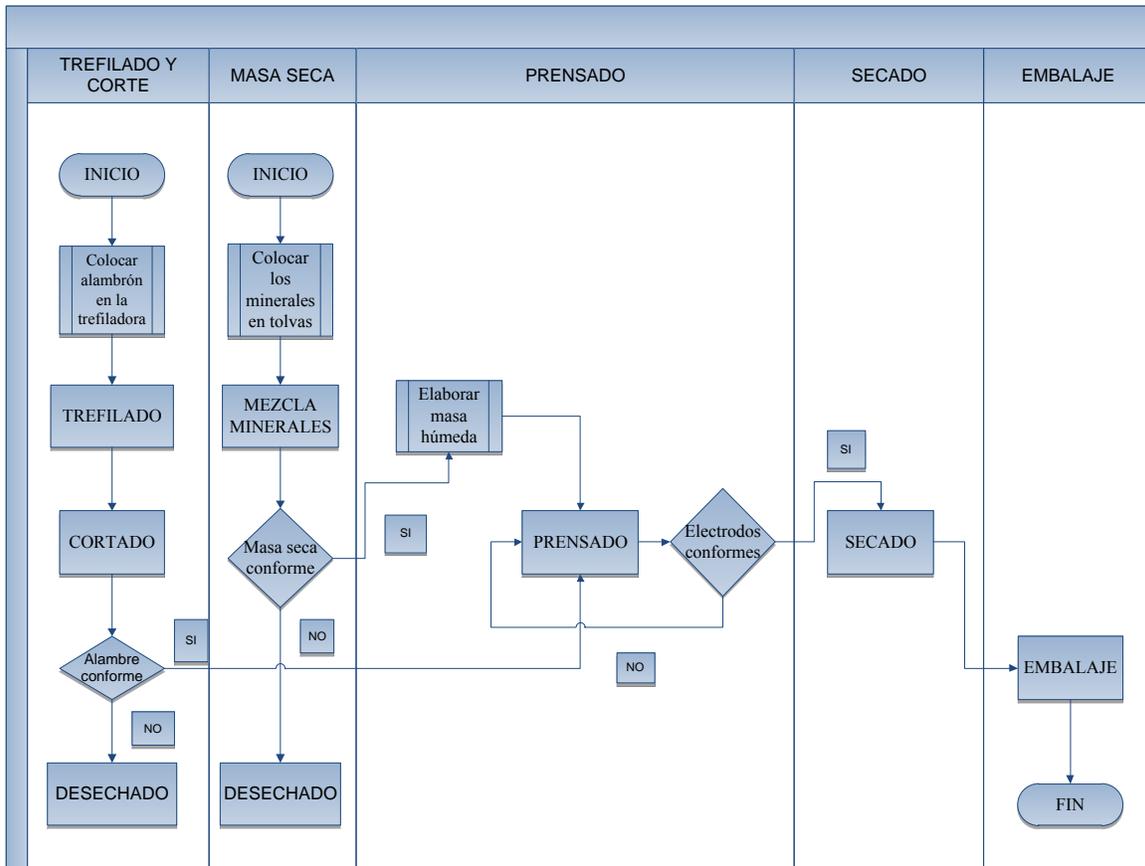


Fig. 3.1. Diagrama del proceso en la planta.

3.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE ELECTRODO

Para iniciar este proceso se debe contar con el alambre y masa seca.

Para elaborar alambre, se comienza con la trefilación del alambón. Este proceso consiste en la deformación del alambre en su diámetro y longitud. Para lograr este efecto se utiliza máquinas de tiro directo o indirecto (acumulación) con el principio de caudal constante. Los diámetros del alambre varían desde 1.60mm hasta 6.30mm en varios pases dependiendo del tipo y diámetro del alambón. Así mismo, se emplea como consumibles dados de trefilación (de carburo de tungsteno), refrigerados exteriormente por agua, y lubricantes sólidos (estearatos). La calidad del alambre trefilado está relacionado con el diámetro final, la ovalidad, la cantidad de lubricante y el aspecto superficial, (ver el Apéndice A).

Luego de la trefilación se procede a realizar el corte; es en esta etapa donde el alambre es sometido a un proceso propiamente dicho de enderezado y corte en máquinas de alta velocidad (más de 1000 piezas por minuto) (ver el Apéndice B). La longitud nominal del

alambre cortado para electrodo tiene valores de 250,350 y 450 mm, mientras que la calidad del alambre está en función del:

- Diámetro.
- Ovalidad.
- Longitud y calidad de corte.
- Presentación final.

Después de todo este proceso, si se obtiene un alambre conforme, es enviado al prensado, que se explicará más adelante. En caso de que el alambre no se encuentre en las condiciones requeridas es desechado. Cabe resaltar que la planta cuenta con 2 trefiladoras-cortadoras, 2 trefiladoras y 4 cortadoras.

Para la elaboración de masa seca, se mezclan los minerales (los cuales componen el revestimiento del electrodo) en un recipiente. Luego, los minerales son pesados (ver los apéndices C y D), pasan por el tamiz y luego por el mezclador “Y” para ser homogenizados (ver el Apéndice E). Cabe resaltar que la fórmula del revestimiento del electrodo aporta en la soldadura final propiedades de protección gaseosa, cebado y estabilidad del arco eléctrico, aporte de materiales aleantes a la unión y mejora de las propiedades metálicas y metalúrgicas.

Si la masa seca es conforme, se procede al “mezclado húmedo”, el cual consiste en la combinación de la masa seca con agua, aglutinante y otros agregados (ver el Apéndice G), los cuales son acondicionados a un tiempo establecido de mezclado. Después del proceso de mezclado húmedo se procede a elaborar briquetas, las cuales son cilindros elaborados a partir de la masa húmeda (ver el Apéndice H); los moldes son elaborados en las máquinas briqueteras.

Una vez terminados los procesos de trefilado, corte y masa húmeda, se procede a extruir el alambre con la masa húmeda para poder elaborar el electrodo húmedo. Esta operación se realiza en prensas extrusoras (ver el Apéndice F) con la acción de una alimentadora de alambre (ver el Apéndice I) y de un pistón hidráulico en una cámara cilíndrica en forma simultánea (ver el Apéndice J). Dentro del proceso de extrusión se realiza el control de calidad de los electrodos donde se evalúa la excentricidad (ver el Apéndice K) como una de las propiedades más importantes del electrodo.

Otros controles de calidad que son medidos en el prensado son:

- Diámetro del núcleo.
- Longitud del electrodo.
- Presentación visual .
 - Cepillado (ver el Apéndice L)
 - Impresión.

- Acabado superficial.

El proceso de secado consiste en reducir la humedad del electrodo hasta valores estándares que aseguren la calidad de conservación del producto fabricado, así como de la soldabilidad y del cordón depositado.

La planta cuenta con 4 sistemas diferentes de prensas:

- Prensa 2, conformado por dos prensas en paralelo.
- Prensa 3, conformado por dos prensas en paralelo.
- Prensa 4, conformado por una prensa.
- Prensa 5, conformado por una prensa.

El secado comprende las etapas de:

- **Intemperizado:**
Es una etapa de secado natural a temperatura ambiental con auxilio o no de aire forzado (ver el Apéndice M).
- **Presecado:**
Es una etapa de eliminación parcial de la humedad dentro de cámaras para asegurar la homogenización de la humedad y tonalidad del revestimiento, así como acortar el tiempo de la etapa posterior al horneado. En la actualidad se posee pre-secadoras.
- **Horneado:**
Es la etapa final de secado del electrodo que se realiza en horno eléctrico o de combustión, y que le confiere características de soldabilidad y humedad al producto terminado (ver el Apéndice N).
La planta posee ocho hornos.

El proceso final es el embalaje, el cual acondiciona los productos terminados de soldaduras dentro de los envases, como medio de protección y conservación contra la humedad y el manipuleo (deterioro físico y/o químico) durante el almacenamiento y entrega.

Antes del eventual embalaje de un lote final, Control de Calidad evalúa: la soldabilidad, el diámetro del núcleo, el diámetro del revestimiento, la apariencia y la excentricidad determinando el estado final.

La operación de embalaje se realiza empleando una línea estándar que comprende básicamente: cerradora automática, etiquetadora automática, contador electrónico de varillas, entre otros. Durante todo el proceso de embalaje se realiza un control constante de excentricidad y del aspecto de presentación de los electrodos con patrones de calidad.

Los electrodos son colocados dentro de envases de hojalata herméticamente cerrados y se entregan al mercado con pesos netos estandarizados de 2kg, 5kg, 20 kg y 25 kg (ver el Apéndice T) debidamente identificados.

Resumiendo el proceso de elaboración de electrodos se puede ver la Figura 3.2. donde se muestra un diagrama del proceso simplificado:

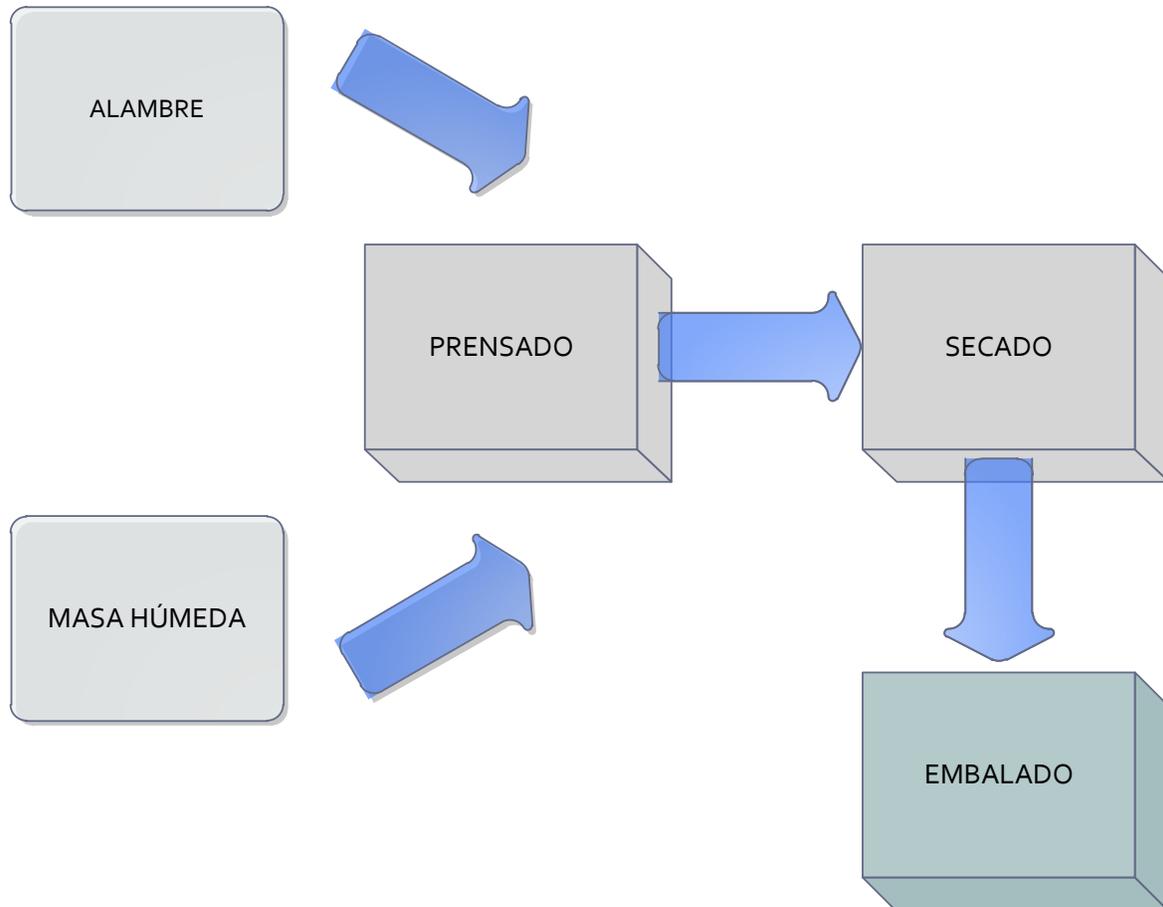


Fig. 3.2. Diagrama de proceso simplificado.

3.3. PROBLEMA

La producción no sabe qué ocasiona las paradas de máquina en pleno proceso de prensado, generando así el incumplimiento del plan de producción diario. Para poder cumplir con el plan se necesita utilizar horas extras. En este caso la empresa usa dos modalidades: horas extras pagadas que tienen un límite del 20% de las horas totales de trabajo o por “canje”, el cual consiste en que el trabajador se quede las horas necesarias y posteriormente éstas son retribuidas en forma de horas libres que podrán ser utilizadas en “cualquier momento”.

El pago por “canje” es el más utilizado, debido a que el trabajador necesita permiso de la empresa para poder utilizar sus horas libres y a la vez poder retenerlas.

En resumen, producción tiene un problema con las paradas no programadas en el área de prensado, el cual no puede solucionar. La primera hipótesis consiste en que el área de mantenimiento no realiza correctamente el mantenimiento preventivo y correctivo a las prensas, generando así un incremento de paradas no programadas, decreciendo la disponibilidad de máquina y aumentando los costos de producción de forma alarmante y descontrolada.

3.4. OBSERVACIÓN

El tesista tuvo como trabajo la elaboración e implementación de un análisis de fallas por parte de la gerencia de operaciones, el cual tuvo como objeto de estudio las cuatro prensas que conforman el área de prensado. A continuación se detallará el estudio de una de ellas: la prensa 2.

La prensa 2 está conformada por dos prensas que trabajan en paralelo, prensa 2-1 y prensa 2-2, estas deben de trabajar a la vez pero también pueden trabajar por separado. En la figura 3.3. se tiene una mejor apreciación (ver la siguiente página).

Para poder detectar el problema, se tomó el tiempo de parada y el número de paradas de la prensa 2 en los meses de setiembre y octubre.

Para realizar un adecuado estudio de la prensa, se necesitó una estructura que pueda agrupar distintos tipos de fallas en el menor número de categorías o “secciones” como se les ha llamado en este caso. Cada sección está conformada por un número determinado de fallas y estas pueden ser generadas por diferentes causas. El nombre de cada sección corresponde al área responsable de identificar y corregir la falla, lo cual no significa que cualquier otro operario de otra área no pueda corregirla y/o identificarla.

3.5. IMPLEMENTACIÓN DEL ANÁLISIS DE FALLAS

3.5.1, DESCRIPCIÓN

3.5.1.1. Definición del hecho observado

La prensa 2 presenta paradas inesperadas con tiempos de reparación muy variables y, si en caso no se presentan paradas por alguna otra razón, no cumplen con el plan.

El tiempo de paradas del mes de setiembre se muestra en la Tabla 3.1., y en la Figura 3.4. se presenta el Diagrama de Pareto correspondiente a las horas de parada por sección en el mismo mes.

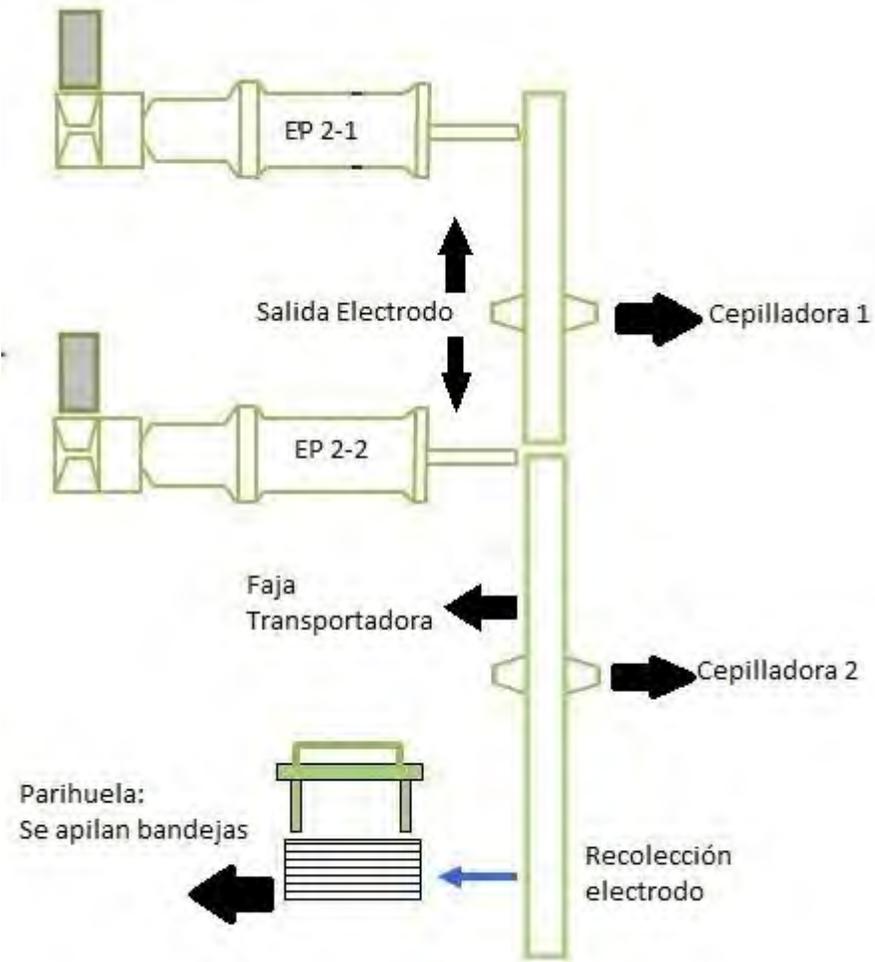


Figura 3.3. Vista aérea de la prensa 2.

Tabla 3.1. Tiempo de paradas en setiembre.

SETIEMBRE		
SECCIONES	T(h)	PARADAS
Producción	25.92	26
Material	11.85	17
Calidad	11.21	7
Mantenimiento	8.09	8
Otros	4.98	5
	62.04	63

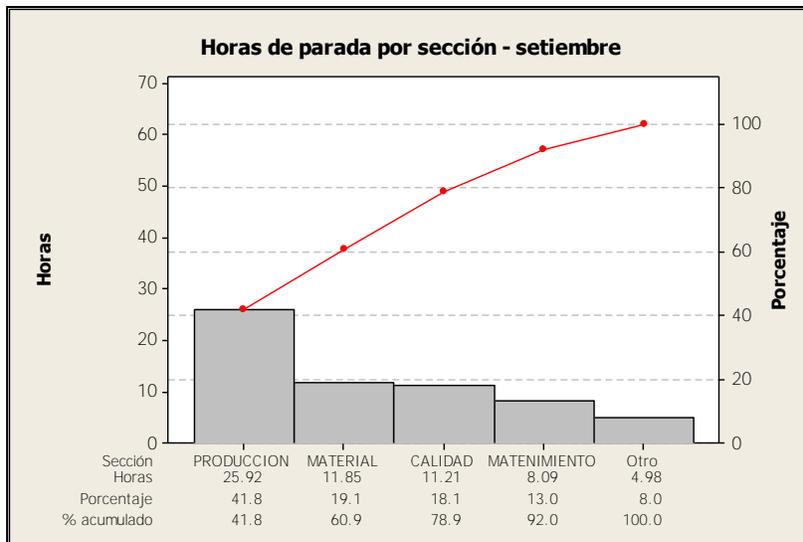


Fig. 3.4. Parada por sección en setiembre.

El tiempo de paradas de octubre se muestra en la Tabla 3.2., y en la Figura 3.5. se presenta el Diagrama de Pareto correspondiente a las horas de parada por sección en el mismo mes.

Tabla 3.2. Tiempo de paradas en octubre.

OCTUBRE		
SECCIÓN	T(H)	PARADAS
Producción	40.77	46
Material	21.78	20
Calidad	20.75	15
Mantenimiento	4.88	4
Otros	3.88	5
	92.06	90

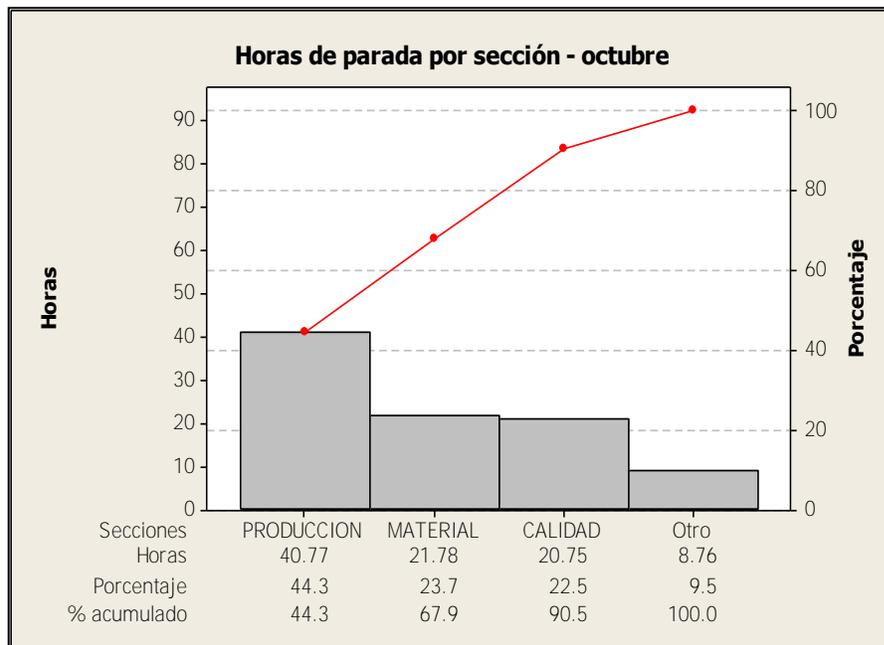


Fig. 3.5. Horas de parada por sección en octubre.

A continuación se nombran las fallas dentro de cada sección.

Producción:

Las fallas de la sección producción del mes de setiembre se presentan en la Tabla 3.3., y las de octubre se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.3. Fallas de la sección producción en setiembre.

Setiembre	
Producción	T(h)
Demora en cambio de producción	18.29
Trabaja una prensa	6.63
Falla operario	1
	25.92

Tabla 3.4. Fallas de la sección producción en octubre.

Octubre	
Producción	T(h)
Demora cambio de producción	29.39
Falla operario	4.88
Falta de hojas de producción	2.45
Se trabajó una prensa	1.75
Se colocó filtro	1.23
Se demoró la mezcla	0.84
Distribución de personal	0.23
	40.77

Material:

Las fallas de la sección material de los meses de setiembre y octubre se presentan en la Tabla 3.5. y Tabla 3.6. respectivamente. Además, se analizaron las fallas respectivas a estos meses. Así, tenemos las fallas por semi elaborado y falta de consumibles en ambos meses.

Tabla 3.5. Fallas de la sección materiales en setiembre.

Setiembre	
Materiales	T(h)
Falla semi elaborado	5.71
Falta consumible	5.4
Falta semi elaborado	0.74
	11.85

Tabla 3.6. Fallas de la sección materiales en octubre.

Octubre	
Materiales	T(h)
Falta consumibles	10.38
Falla semi elaborado	6.74
Falla consumibles	3.16
Falta semi elaborado	1.5
	21.78

En las tablas 3.7. y 3.8. se muestra la falta de semi elaborado de setiembre y octubre respectivamente. La falta de semi elaborado fue considerada como una falla porque, al no estar en la línea de prensado en el momento que empieza la producción, ocasiona una parada.

Tabla 3.7. Fallas semi elaborado en setiembre.

Setiembre	
Falla semi elaborado	T(h)
Alambre	0.50
Alambre	0.93
Masa dura	1.20
Masa dura	0.75
Masa dura	0.22
Masa dura	1.49
Masa dura	0.62
	5.71

Tabla 3.8. Fallas semi elaborado en octubre.

Octubre	
Falla semi elaborado	T(h)
Alambre corto	0.46
Alambre recuperado	1.69
Alambre recuperado	1.55
Alambre recuperado	1.14
Alambre corto	0.90
Alambre	1.00
	6.74

La falta de consumible es otra falla encontrada en setiembre y octubre. Se le consideró como falla debido a que contribuye directamente con la parada de la máquina por no tener el consumible a tiempo en la línea de prensa (ver las tablas 3.9. y 3.10. respectivamente). El factor es un tipo de consumible cuya función es darle el diámetro húmedo al electrodo y la masa húmeda es la masa que reviste al electrodo (ver las tablas 3.11. a 3.13.).

Tabla 3.9. Falta consumible en setiembre.

Setiembre	
Falta consumible	T(h)
Factor	0.50
Factor	0.62
Factor	0.5
Factor	0.24
Factor , boquilla	1.28
Tubo guía de 3.25	1.22
Anillos moleteados	1.04
	5.40

Tabla 3.10. Falta consumible en octubre.

Octubre	
Falta consumibles	T(h)
Factor	0.75
Factor	1.02
Factor	1.86
Factor	1.46
Factor	2.45
Boquilla – factor	1.11
Boquilla – factor	1.73
	10.38

Tabla 3.11. Falta semi elaborado en setiembre.

Setiembre	
Falta semi elaborado	T(h)
Masa	0.06
Masa	0.60
Masa	0.08
	0.74

Tabla 3.12. Falla consumible octubre.

Octubre	
Falla consumible	T(h)
Faja transportadora	0.75
Factor	0.85
Factor	0.55
Anillos	1.01
	3.16

Tabla 3.13. Falta semi elaborado octubre.

Octubre	
Falta semi elaborado	T(h)
Masa húmeda	0.75
Masa húmeda	0.75
	1.5

Calidad:

En las tablas 3.14. y 3.15. se muestran las fallas de calidad de setiembre y octubre respectivamente.

Tabla 3.14. Fallas de la sección calidad en setiembre.

Setiembre	
Calidad	T(h)
Excentricidad	2.66
Presentación - despuntado	1.58
Excentricidad	2.19
Excentricidad	1.45
Excentricidad	1.32
Excentricidad	0.96
Excentricidad	1.05
	11.21

Tabla 3.15. Fallas de la sección calidad en octubre.

Octubre	
Calidad	T(h)
Excentricidad	0.75
Excentricidad	0.67
Excentricidad	2.03
Excentricidad	2.34
Excentricidad	1.50
Excentricidad	1.38
Excentricidad	0.98
Excentricidad	0.58
Excentricidad	2.25
Excentricidad	0.64
Excentricidad	1.00
Excentricidad	1.66
Excentricidad	0.50
Excentricidad	1.00
Presentación - fisurado	3.47
	20.75

Mantenimiento:

En las tablas 3.16. y 3.17. se muestran las fallas de sección mantenimiento correspondientes al mes de setiembre y octubre respectivamente.

Tabla 3.16. Fallas de la sección mantenimiento en setiembre.

Setiembre	
Mantenimiento	T(h)
Falla mecánica	7.31
Falla eléctrica	0.78
	8.09

Tabla 3.17. Fallas de la sección mantenimiento en octubre.

Octubre	
Mantenimiento	T(h)
Falla mecánica	3.94
Falla eléctrica	1.5
	5.44

En las tablas 3.18. y 3.19. se presentan las fallas mecánicas de los meses de setiembre y octubre respectivamente.

Tabla 3.18. Fallas mecánicas en setiembre.

Setiembre	
Falla mecánica	T(h)
Falla de la cepilladora	1
Falla de la cepilladora	2.96
Se salió la tapa circular de la rueda Simpson	0.42
Salida de cadena (de la unión de ambas prensas)	0.63
Se atora la compuerta	0.80
Falla la válvula de prensa	1.00
Cambio de tapa cap (consumible que forma parte de la compuerta de la prensa)	0.50
	7.31

Tabla 3.19. Fallas mecánicas en octubre.

Octubre	
Falla mecánica	T(h)
Se detiene EP2-2 a cada momento	1.00
Problema con la rueda caída de la Simpson	0.56
Problemas compuerta	1.25
Se estancó la compuerta EP 2- 2	1.13
	3.94

En las tablas 3.20. y 3.21. se presentan las fallas eléctricas de los meses de setiembre y octubre respectivamente.

Tabla 3.20. Falla eléctrica en setiembre.

Setiembre	
Falla eléctrica	T(h)
Falla de la bomba - faja transportadora	0.78
	0.78

Tabla 3.21. Falla eléctrica en octubre.

Octubre	
Falla eléctrica	T(h)
Reparación del tablero electrónico	1.5
	1.5

Otros:

En las tablas 3.22. y 3.23. se presentan las fallas por otros motivos de los meses de setiembre y octubre respectivamente.

Tabla 3.22. Paradas por otros motivos en setiembre.

Setiembre	
Otros	T(h)
Charla	1.00
Charla seguridad	1.40
Charla calidad	0.92
Charla calidad	1.41
Reunión general	0.25
	4.98

Tabla 3.23. Paradas por otros motivos en octubre.

Octubre	
Otros	T(h)
Simulacro	0.80
Charla	0.50
Charla	1.00
Simulacro	0.58
Charla	1.00
	3.88

En los meses de setiembre para octubre, se obtuvo una disminución de la disponibilidad de la prensa 2, en la Tabla 3.24. se muestra la disponibilidad de prensa setiembre – octubre. Se mostró un aumento tanto en número de paradas como de horas en las secciones de producción, calidad y materiales.

Tabla 3.24. Disponibilidad de prensa en setiembre – octubre.

Mes	Horas disponibles	Horas paradas	Número de paradas	MTBF	MTTR	% Disponibilidad
Setiembre	254.95	62.04	63	3.06	0.98	75.67
Octubre	312.06	92.06	90	2.44	1.02	70.50

3.5.1.2 Descripción del problema

¿Qué está pasando?

Se produjo un incremento de horas de parada en el mes de octubre con respecto al mes de setiembre. Esto se debe al aumento de horas de parada en tres secciones: producción, materiales y calidad. Cada una de estas se ha incrementado de forma acelerada, generando un aumento de 30 horas más de parada con respecto al mes anterior.

Sección Producción:

- Demora cambio de producción: se muestra un incremento de 18.29 h a 29.39 h (47.36%).
- Se trabaja una prensa: con respecto al mes anterior, muestra una disminución de 6.63 h a 1.75 h.
- Falla operario: esta falla aumenta con respecto al mes anterior de 1 h a 4.88 h.
- Faltan hojas de producción: esta falla es nueva con respecto al año pasado.
- Se colocó filtro a bandejas: esta falla es nueva con respecto al año pasado.
- Se demoró mezcla: falla que recién aparece en el mes de octubre.

Sección Material:

- Falta de consumibles: presenta un aumento de 5.4 h a 10.38 h (52.02%), este número se duplica por la falta de factores y boquillas.
- Falla semi elaborado: se presenta un aumento del (18.04%), sin embargo, el elaborado que falló en el mes de octubre fue el alambre recuperado y no la masa a diferencia del otro mes.
- Falta semi elaborado: se presenta un ligero aumento con respecto al mes pasado de 0.74 h a 1.5 h pero las causas son las mismas, falta de masa.
- Falla consumibles: esta falla recién aparece en el mes de octubre.

Sección Calidad:

- Excentricidad: presenta un aumento de 9.63 h a 17.28 h (79.44%). Este aumento no solo es de horas sino del número de paradas.
- Presentación: presenta un aumento de 1.58 h a 3.47 h, teniendo en cada mes dos fallas de presentación diferentes una por despuntado y otra por fisura.

Sección Mantenimiento:

Se puede ver una disminución con respecto al mes anterior, de 8.09 h en setiembre a 4.88 h en octubre. En esta sección las fallas son muy variadas en ambos meses, sin embargo, se encuentra una falla repetitiva, el problema de la compuerta en ambas prensas (prensa 2-1 y prensa 2-2).

Sección otros:

Se muestra una disminución con respecto al mes pasado de 4.98 h a 3.88 h, estas fallas corresponden a una mala comunicación entre producción y las áreas que proporcionan las charlas.

¿Qué defectos deberíamos esperar?

En este tipo de producción solo debería presentar fallas por parte de un mantenimiento correctivo propio del desgaste de algunas partes de la prensa que no fueron debidamente “reparadas” durante el mantenimiento preventivo. También podríamos añadir fallas por excentricidad y/o presentación del producto, pero al principio de la producción como parte de la alineación previa a cualquier producto que va ser elaborado. Cualquier otro tipo de falla no debería estar ocurriendo.

¿Dónde está ocurriendo?

Sección Producción:

- Demora de cambio de producción: se presenta en todo el sistema de prensado (mezcladora y prensa).
- Se trabajó una prensa: se presenta en la misma programación de producción.
- Falla del operador: se presenta en la compuerta de ambas prensas.
- Falta de documentación: ocurre en la oficina de producción.
- Colocación de filtro: ocurre sobre las mismas bandejas donde se colocan electrodos.
- Retraso de la mezcla: ocurre en la misma mezcladora.
- Demora en distribuir el personal: ocurre en la programación.

Sección Material:

- Falta consumible: ocurre en la misma prensa.
- Falta consumible: ocurre en la misma prensa.
- Falta semi elaborado: ocurre en la mezcladora o alimentadora de alambres dependiendo de qué semi elaborado sea.
- Falta semi elaborado: ocurre dentro de la prensa en tubo guía si es alambre o en la faja transportadora de electrodo si es por la masa húmeda.

Sección Calidad:

- Excentricidad: es detectada en el medidor de excentricidad.
- Presentación: es detectada en la faja transportadora o en las bandejas.

Sección Mantenimiento:

- Falla de las acepilladoras: ocurren en la misma faja transportadora de electrodos.
- Salida o mal funcionamiento de las ruedas circulares de las mezcladoras: ocurren en el interior de las mezcladoras.
- Salida de la cadena conectora de ambas prensas: ocurre en el punto de unión de la faja transportadora de la primera prensa con la segunda.
- Aforo de compuertas: ocurren en la misma compuerta de la prensa.
- Cambio de tapa cap: ocurre en el interior de la prensa, en la compuerta.
- Falla de válvula: ocurre en la parte externa de la prensa; es la que está unida a la compuerta.
- Falla de bomba de la faja transportadora: ocurre en la misma faja transportadora.

Sección otros:

Estas fallas se presentan en las mismas áreas responsables de las charlas.

¿Dónde se debería encontrar estas fallas?

Sección Producción:

- Todas las fallas de la sección producción ocurren en el lugar donde deberían ocurrir.

Sección Material:

- Las fallas de consumible deberían detectarse en el taller de rectificado, donde todos los consumibles son revisados y ajustados según las necesidades de la producción.
- La falla de alambre no debe ser detectada en la prensa sino antes de llegar a ésta, es en el área de trefilado y corte donde es elaborada y, por ende, debe ser detectada la falla antes de ser traspasada a otra área.

Sección Calidad:

La excentricidad sí debe ser detectada en donde se indica (medidor de excentricidad). Sin embargo, podría ser detectada en el proceso de embalaje que es posterior al prensado, lo mismo ocurre con la presentación.

Sección Mantenimiento:

Todas las fallas son detectadas en el lugar correcto.

Sección otros:

Se debería detectar en la oficina de producción.

¿Cuándo se observó el problema?

Sección Producción:

- Demora cambio de producción: ocurre cuando el tiempo máximo de cambio de producción excede lo esperado.
- Falla operario: ocurre en el momento de abrir la compuerta de una forma incorrecta cada vez que se necesita realizar una recarga de briquetas.
- Falta de hojas de producción: ocurre cuando al inicio del turno no hay hojas de producción en el área de prensas.
- Se trabaja una prensa: ocurre cuando falta personal por cualquier razón inesperada.
- Se puso cinta de filtro: ocurre al acabarse las bandejas que tienen cintas de filtro.
- Se demoró la mezcla de masa: ocurre por la demora en el inicio de mezclado.
- Demora distribución de personal: ocurre al principio de la producción diaria al no haber personal suficiente.

Sección Material:

- Falta consumibles: ocurre en el momento de cambio de producción, si al realizar el cambio de diámetro no se tienen los consumibles al alcance.
- Falta consumibles: ocurre cuando el consumible utilizado tiene una falla en pleno proceso de producción y no se tiene un repuesto al alcance.
- Falta semi elaborado: ocurre cuando no se tiene uno de los dos semi elaborados o ambos, esto sucede en el cambio de producción o en plena producción.

- Falla semi elaborados: ocurre en plena producción, uno o ambos semi elaborados pueden estar fallados.

Sección Calidad:

- Excentricidad: se presenta en plena producción del electrodo cuando se mide en el medidor de excentricidad.
- Presentación: se presenta en el momento de producción y es detectado por el prensista u otro operario que lo observa al momento de ser transportado por la faja transportadora.

Sección Mantenimiento:

- Falla acepilladora: cuando el electrodo entra por la acepilladora y sale con mal acabado.
- Salida de la tapa circular de la rueda Simpson: ocurre en pleno funcionamiento de la mezcladora.
- Salida de cadenas conectoras que unen ambas prensas: ocurre en pleno funcionamiento de las fajas transportadoras.
- Se atora compuerta: ocurre en el momento que el prensista intenta abrir la compuerta de la prensa para así poder recargarla con más briquetas.
- Falla válvula de la prensa: ocurre en la parte externa de la prensa ocurre en el momento de abrir la compuerta.
- Cambio de tapa cap: ocurre cuando este consumible se desgasta antes de tiempo y tiene que ser reemplazado.
- Falla de la bomba de la faja transportadora: ocurre en pleno funcionamiento de la faja transportadora.

Sección otros:

- Estas fallas ocurren en el momento de ser comunicadas (a última hora).

¿Cuándo podríamos haber observado estas fallas o qué deberíamos esperar y no pasa?

Sección Producción:

- Todas las fallas son detectadas en los momentos que les corresponden.

Sección Material:

- Falta consumibles: se debió saber antes de iniciar la producción, en otras palabras, al planificar la producción se debió haber previsto.
- Falta consumibles: al realizar la programación, se debió ver si se tenía consumibles de repuestos.
- Falta semi elaborado: se debió observar en el momento de planeamiento si se va a tener suficiente semi elaborado.
- Falta semi elaborados: se debió observar el momento de producción del mismo semi elaborado, ya sea en las trefiladoras o en las mezcladoras.

Sección Calidad:

- Ambas fallas son detectadas en los momentos que les corresponden.

Sección Mantenimiento:

- Todas las fallas son detectadas en los momentos correspondientes.

Sección Otros:

- Estas fallas ocurren en el momento de ser comunicadas (a última hora).

Magnitud:

Sección producción:

- Demora cambio de producción: esta demora, a pesar de no generar productos defectuosos, genera horas de parada de máquina, lo que aumenta el costo de producción. Su tendencia está en aumento.
- Alineamiento de máquina: si está mal alineada puede generar excentricidad, por lo tanto, un producto defectuoso que tiene que ser reprocesado. Tiene una tendencia de aumento.
- Falta operario: esta falla ocasiona dos efectos, la mala utilización de la prensa, disminuyendo la vida útil de esta y la generación de electrodos que no cumplen con las normas de calidad. Este tipo de falla creció con respecto al mes de setiembre.
- Falta de hojas de producción: no genera productos defectuosos.

- Se trabajó una prensa: genera una disminución de producción al 40%, no genera producto defectuoso.
- Colocar filtro: no genera producto defectuoso.
- Demora de mezcla: no genera productos defectuosos.
- Distribución de personal: no genera producto defectuoso.

Sección Material:

- Falta de consumible: genera productos defectuosos siempre y cuando al no tener consumibles óptimos se tenga que utilizar un consumible en un estado no óptimo. Tiene una tendencia en aumento con respecto al mes anterior.
- Falla semi elaborados: esta falla tiene dos consecuencias dependiendo de qué semi elaborado se trate. Si el semi elaborado defectuoso es la masa húmeda generará producto defectuoso, el cual tendrá que ser reprocesado. Si el semi elaborado es el alambre, ocasionará una parada en la producción debido a que el alambre se quedará estancado dentro de la prensa. Esta falla se encuentra en crecimiento.
- Falta de consumible: la falla de consumible sí genera producto defectuoso, puede generar excentricidad, una mala presentación como despuntado o raspado sin dejar de mencionar una parada de producción para poder cambiar dicho consumible.
- Falta semi elaborados: no genera productos defectuosos.

Sección Calidad:

- Excentricidad: esta falla es una razón de producto no conforme y genera un reproceso del electrodo. Si esta falla no es detectada puede generar inconformidad para el cliente. Esta falla tiene una tendencia de aumento.
- Presentación: al igual que la excentricidad, esta es una falla que genera un producto no conforme y tiene que ser reprocesado. Si en todo caso no lo es, puede ocurrir un problema de disconformidad para el cliente. Esta falla tiene una tendencia de aumento con respecto al mes anterior.

Sección Mantenimiento:

- Falta de acepilladora: genera producto defectuoso en lo que respecta a la presentación y debe ser reprocesado para no generar futuras inconformidades a los clientes.

- Se salió la tapa circular de la Simpson: genera masa dura debido a un mal procesamiento de la masa húmeda y debe ser reprocesada para no generar electrodos excéntricos ni con mala presentación.
- Salida de cadena: genera una parada de producción y unos cuantos electrodos no conformes, ya que algunos se quedan atascados en las acepilladoras.
- Se atora la compuerta: genera el deterioro de la compuerta con mayor rapidez y aumenta las probabilidades de que esta falla ocurra; no genera productos defectuosos.
- Falla de válvula de la prensa: genera una parada en la producción al no poder cerrar bien la compuerta; no genera productos defectuosos.
- Cambio de tapa cap: no genera productos defectuosos.
- Falla de bomba de la faja transportadora: no genera producto defectuoso, sin embargo, detiene la faja generando producto defectuoso en la parte de las acepilladoras.

Sección otros:

- Todas estas fallas no generan productos defectuosos.

¿Cuántas unidades defectuosas deberían estar y no lo están?

Sección Producción:

- Falla operario: se debería tener una determinada cantidad de electrodos defectuosos si el operario está en capacitación.

Sección Material:

- Este tipo de fallas siempre genera un número indefinido de electrodos defectuosos por lo que no deberían de suceder.

Sección Calidad:

- Excentricidad: esta falla solo debería originarse al principio de la producción o en el peor de los casos, en la primera carga a extruir.
- Presentación: los electrodos defectuosos generados por esta falla solo deberían presentarse en una cilindrada de toda la producción, debido que una vez que ocurre se hacen los arreglos respectivos en la mezcladora.

Sección Mantenimiento:

- Falla de acepilladora (máquina que lija los extremos de los electrodos): la cantidad de producto defectuoso generado por esta falla es el permitido.
- Salida de cadena: la cantidad de producto defectuoso generado por esta falla es el permitido.
- Falla de bomba de la faja transportadora: la cantidad de producto defectuoso generado por esta falla es el permitido.

Sección otros:

- Todas estas fallas no generan productos defectuosos.

3.5.2. ANÁLISIS

Para esta parte del análisis de fallas, se necesitó el apoyo conjunto de supervisores de producción, mantenimiento y calidad, así como la intervención de operarios de la misma prensa.

La idea de diversificar el equipo de trabajo es poder tener sobre la mesa todos los puntos de vista y no solo un determinado enfoque.

3.5.2.1. Diferencias encontradas

En esta parte se tendrá que realizar una diferenciación de las fallas más representativas y así poder elaborar un estudio más detallado.

Se realizan Diagramas de Pareto en ambos meses para analizar las diferencias de los dos casos. En la Figura 3.6. se muestra horas de parada por sección de setiembre y en la Figura 3.7. se muestra horas de parada por sección de octubre.

En estos diagramas se muestra un incremento en el mes de octubre con respecto a setiembre, lo cual se ha mencionado previamente en la parte de descripción de la falla.

Para reducir el campo de búsqueda, se tomó las 3 secciones más representativas del mes de octubre ya que entre las 3 superan el 80% del tiempo total de parada.

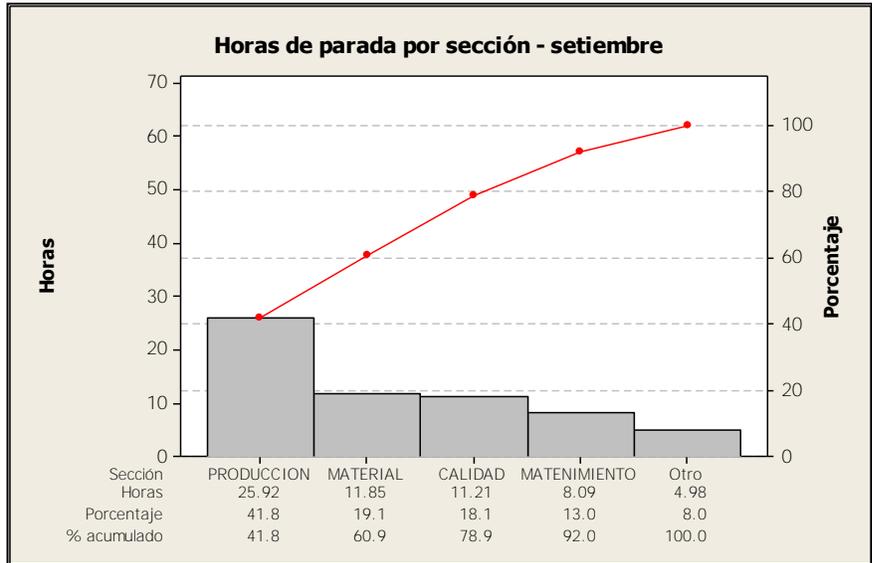


Fig. 3.6. Horas de parada por sección – setiembre.

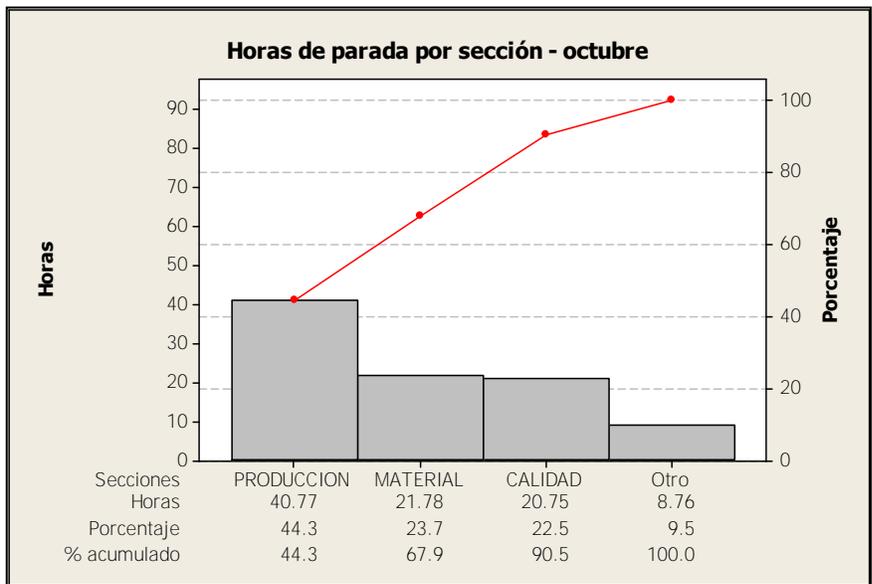


Fig. 3.7. Horas de parada por sección – octubre.

Producción:

A continuación se presentan los Diagramas de Pareto en función de las horas de parada por falla de producción. En la Figura 3.8. se muestra las horas de parada por fallas en producción de setiembre y en la Figura 3.9. se muestra las horas de parada por fallas en producción de octubre.

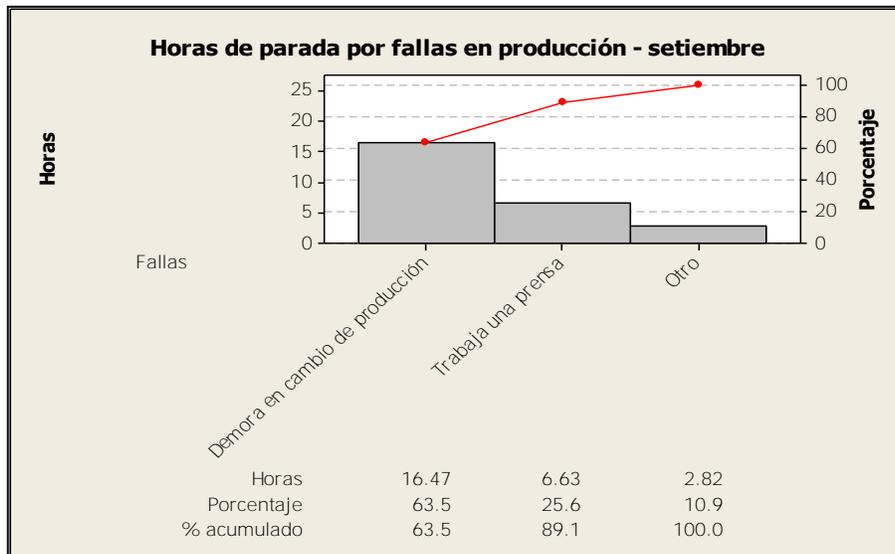


Fig. 3.8. Horas de parada por fallas en producción – setiembre.

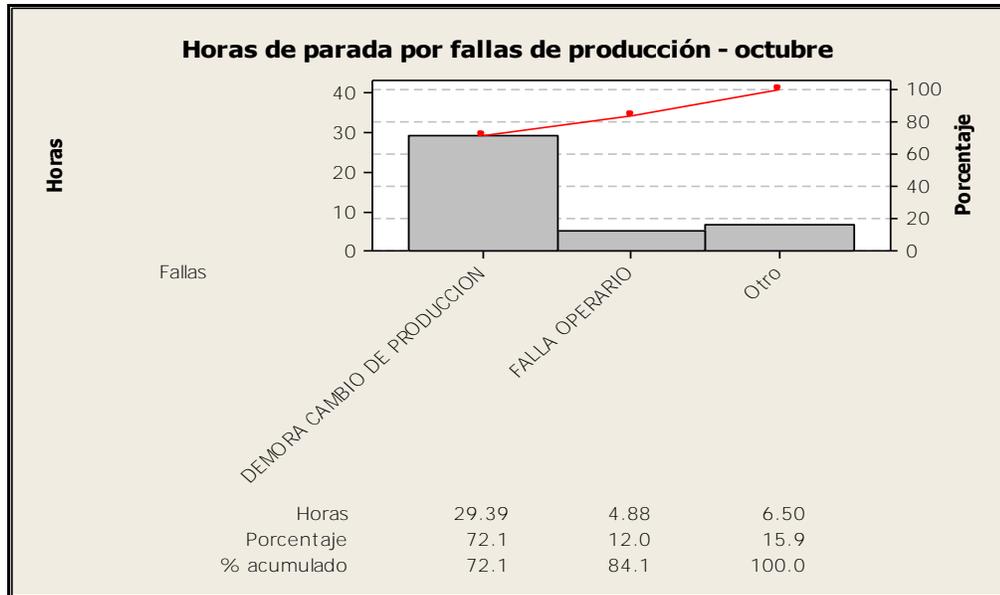


Fig. 3.9. Horas de parada por fallas en producción – octubre.

En la sección producción se aprecia un cambio con respecto al mes de setiembre en el aumento de horas de parada así como la aparición de nuevas fallas.

Se tienen 3 fallas en el mes de octubre que rebasan el 80 % de las horas totales de parada:

- Demora de cambio de producción.
- Falla de operario.

Materiales:

A continuación se presentan los Diagramas de Pareto en función de las horas de paradas por fallas en materiales. En la Figura 3.10. se muestra las horas de parada por fallas en materiales del mes setiembre y en la Figura 3.11. se muestra las horas de parada por fallas en materiales del mes octubre.

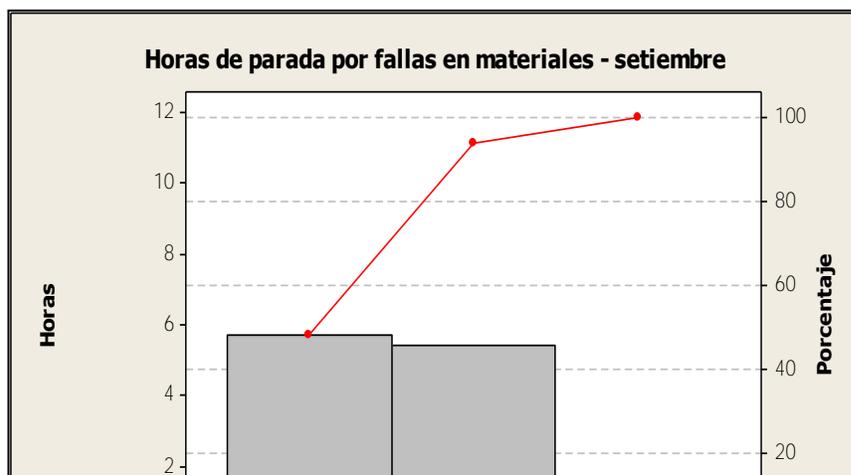


Fig. 3.10. Horas de parada por fallas en materiales - setiembre.

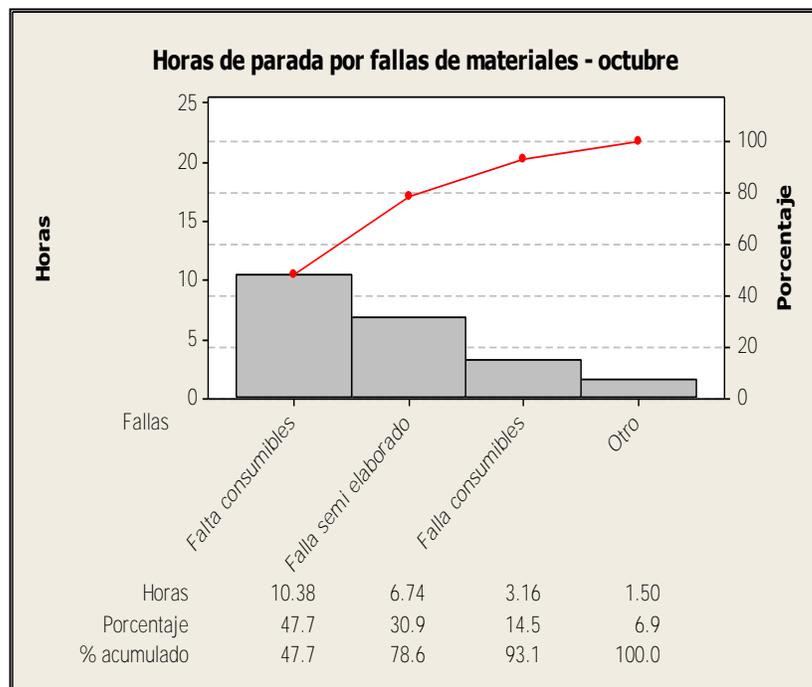


Fig. 3.11. Horas de parada por fallas en materiales - octubre.

En el mes de octubre las fallas más representativas con respecto al mes de setiembre son:

- Falta consumibles.
- Falla semi elaborado.
- Falla consumibles.

Calidad:

A continuación se presentan los diagramas de Pareto en función de las horas paradas por fallas de calidad. En la Figura 3.12. se muestra las horas de parada por fallas de calidad en el mes de setiembre y en la Figura 3.13. se muestran las horas de parada por fallas de calidad en el mes de octubre.

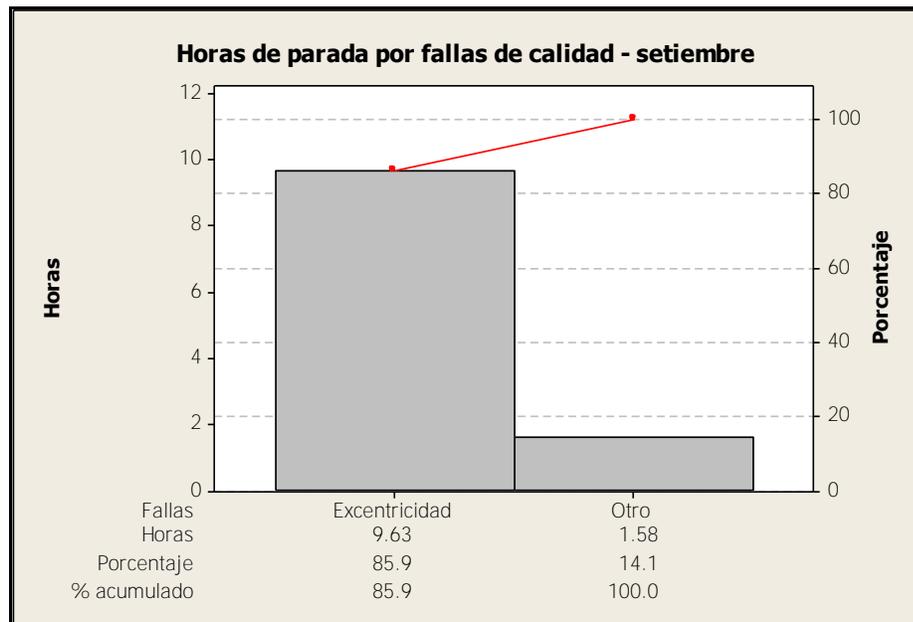


Fig. 3.12. Horas de parada por fallas de calidad – setiembre.

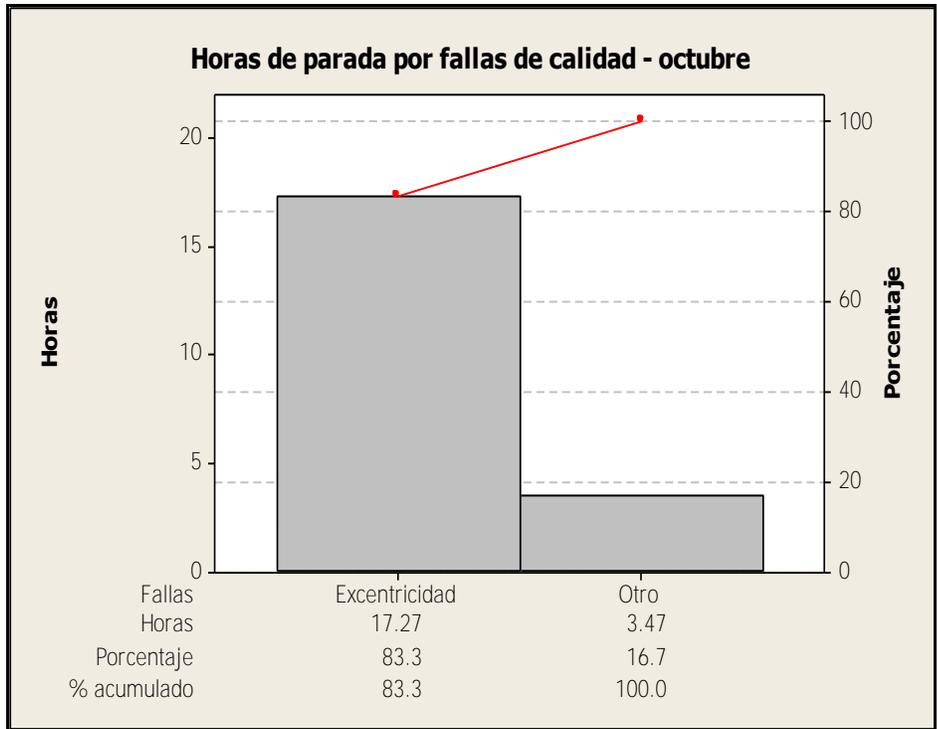


Fig. 3.13. Horas de parada por fallas de calidad – octubre.

La falla más representativa en ambos meses es la excentricidad, presentando en el mes de octubre un aumento notable de esta falla.

3.5.2.2. Cambios en estas diferencias

Producción:

A continuación se presenta el Diagrama Causa – Efecto de las fallas correspondientes a la sección producción. En la Figura 3.14. se muestra el diagrama por la demora en el cambio de producción. En la Figura 3.15. se muestra el diagrama por fallos de operarios.

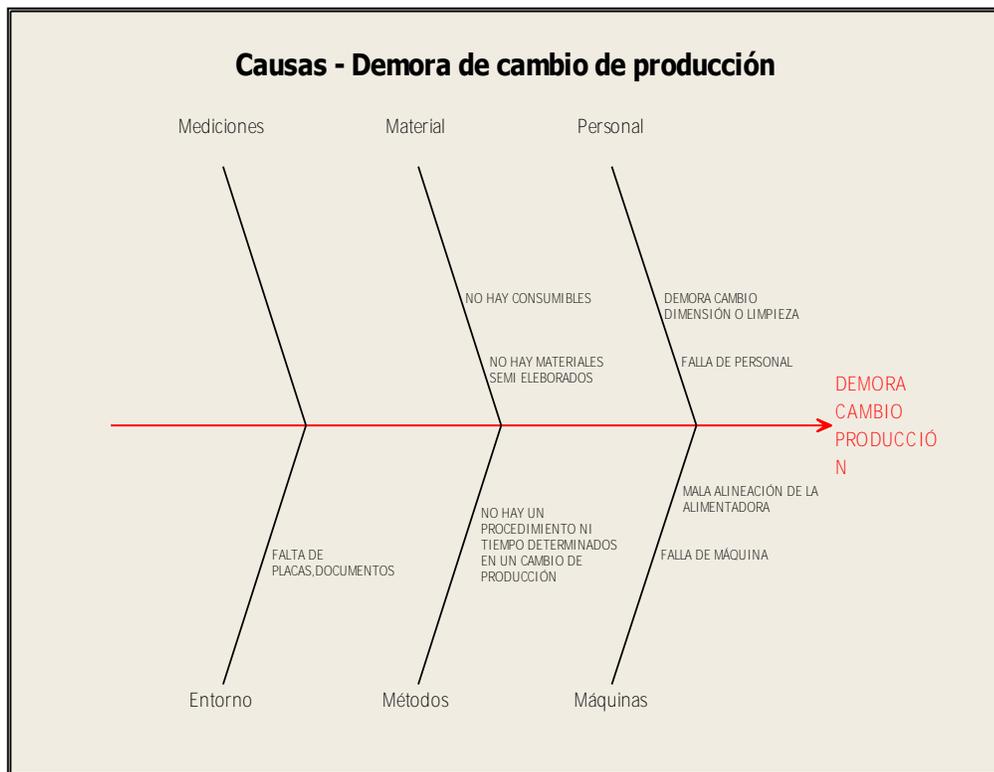


Fig. 3.14. Causas – Demora de cambio de producción.

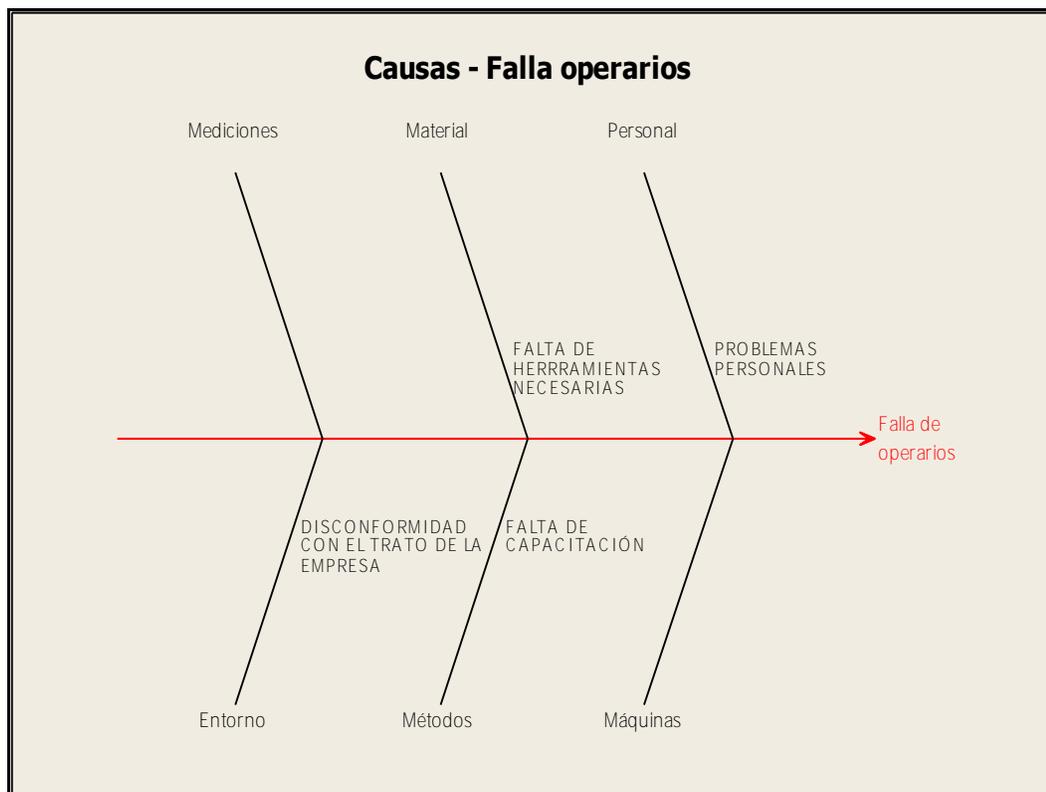


Fig.3.15. Causas – Falla operario.

Materiales:

A continuación se presentan los Diagramas Causa – Efecto de las fallas correspondientes a la sección materiales. En la Figura 3.16. se muestra las causas que generan la falta de consumibles, en la Figura 3.17 se muestra las causas que generan la falla semi elaborados y en la Figura 3.18. se aprecia las causas generadoras de fallas de consumibles.

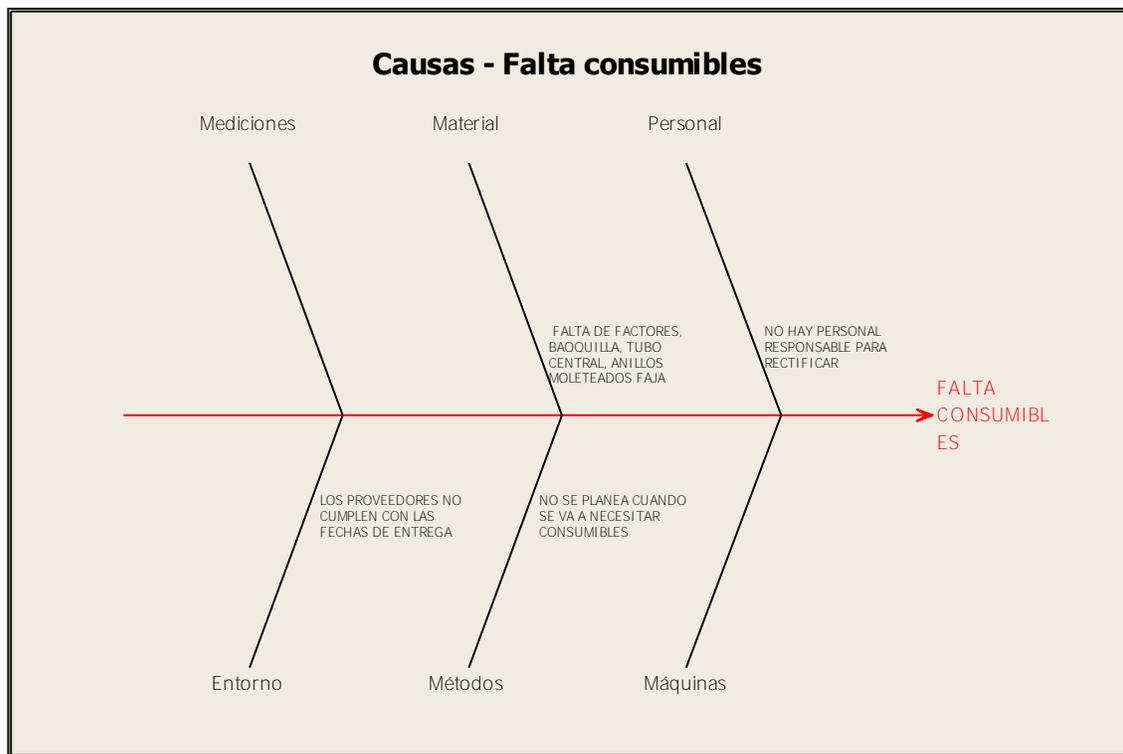


Fig. 3.16. Causas – Falta consumibles.

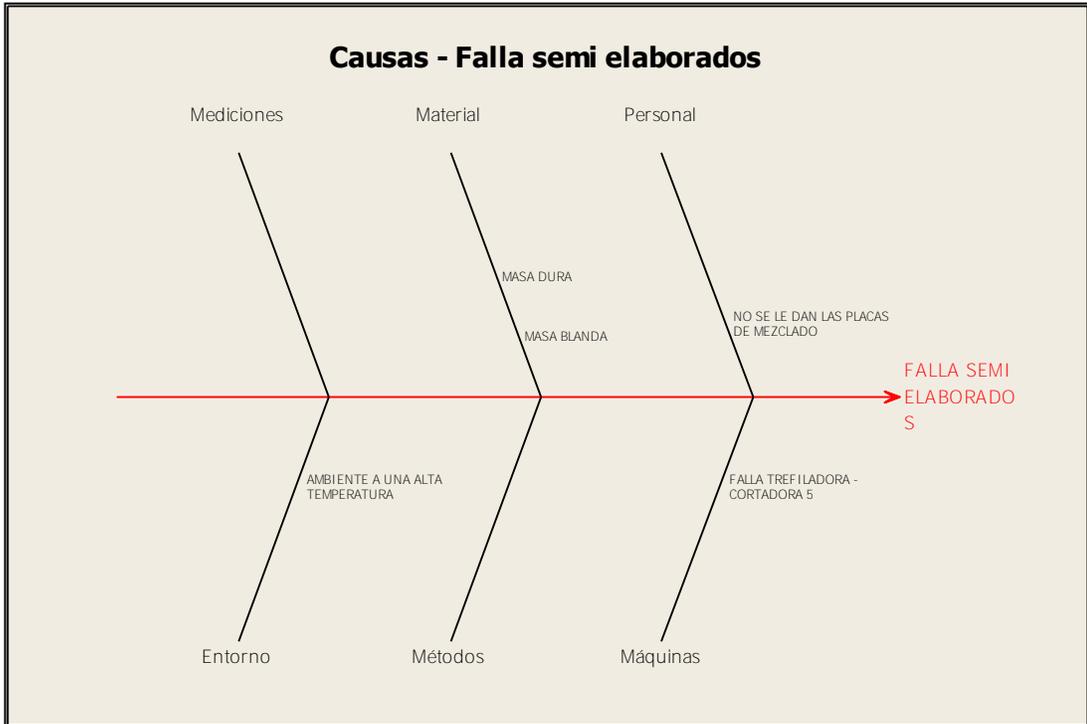


Fig. 3.17. Causas – Falla semi elaborados.

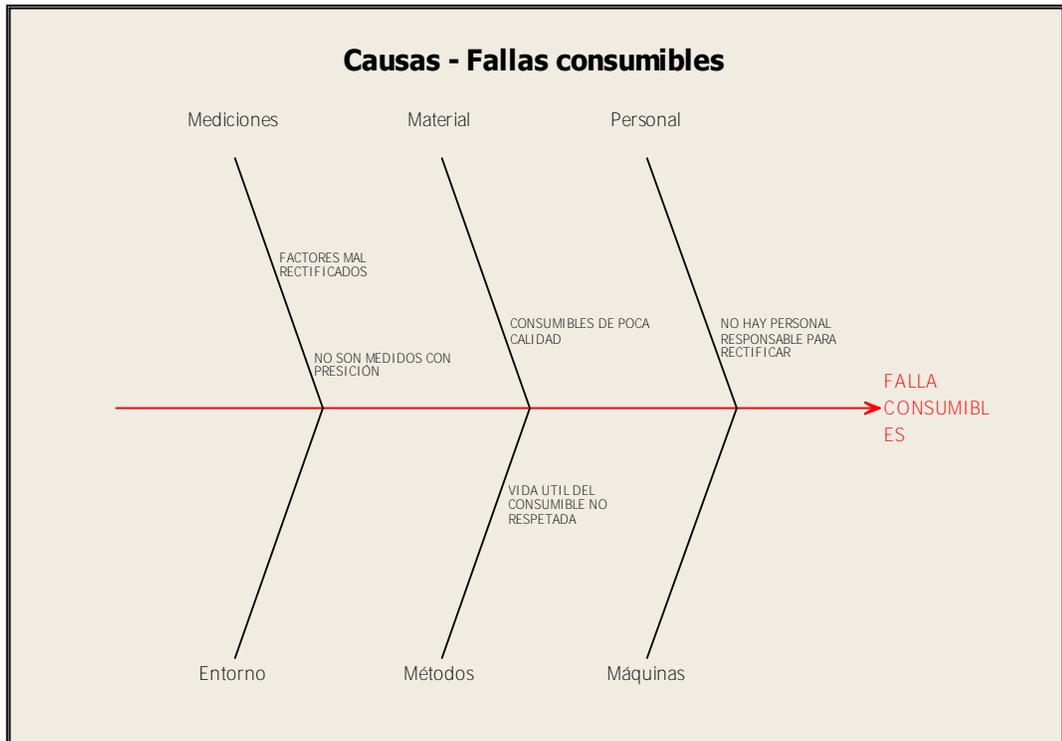


Fig. 3.18. Causas – Falla consumibles.

Calidad:

A continuación se presenta el Diagrama Causa – Efecto de las fallas correspondientes a la sección calidad. En la Figura 3.19. se muestra el diagrama causas de excentricidad.

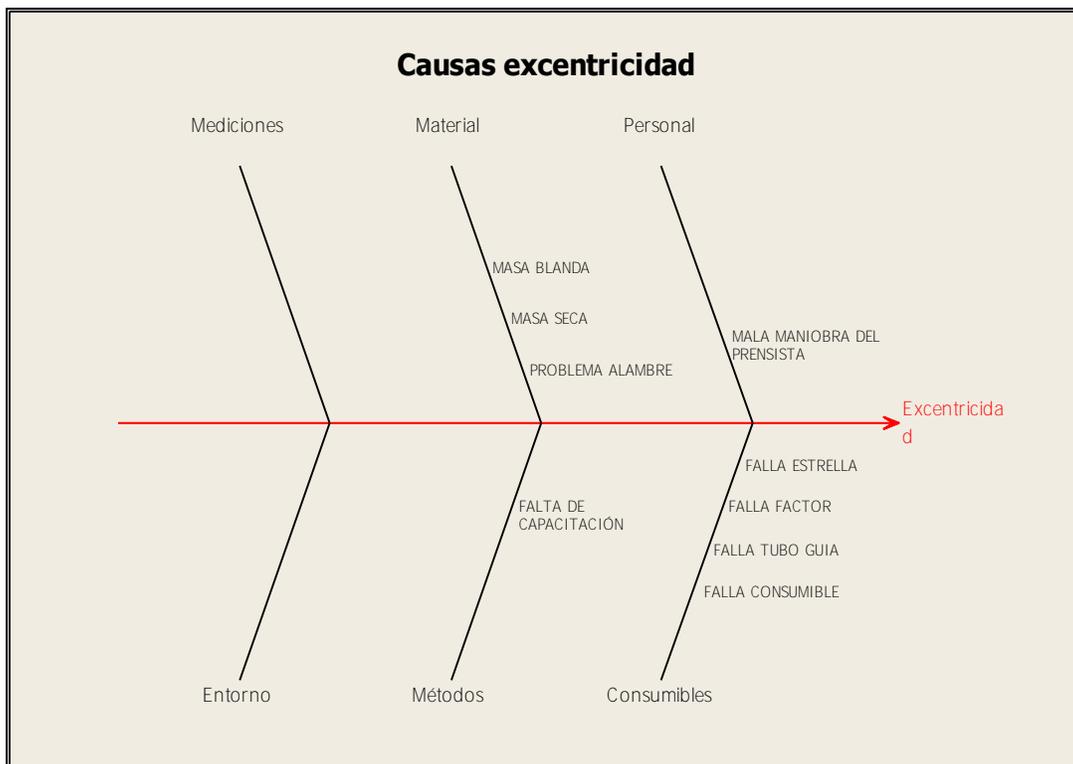


Fig. 3.19. Causas excentricidad.

3.5.2.3. Conducir a la causa más cercana

Luego de identificar las posibles causas de las fallas más representativas, se pudo determinar cuáles serían las que causan dichas fallas.

Para poder realizar un buen análisis, se estudió las causas de forma independiente. Si algunas causas se presentaron como fallas en otras secciones, entonces fueron analizadas como fallas en sus respectivas secciones.

Cada causa fue analizada por un grupo conformado por supervisores de producción, mantenimiento y técnicos.

Todos los análisis se realizaron en dos partes. La primera, en el mismo lugar donde ocurren las fallas y la segunda, recogiendo la información de campo. Con esto, se podrá realizar una serie de supuestos que nos permitirán descartar las causas e identificar las principales.

Producción:

✓ **Demora de cambio de producción:**

Se seleccionaron tres causas para su respectivo análisis:

- Demora en el cambio de dimensión o limpieza
- Falta de documentos, placas (manual de mezclado para un determinado producto), personal
- No hay procedimientos ni un tiempo de estándar para un cambio de producción

Las otras causas fueron descartadas debido a que en las otras secciones se encuentran como fallas.

Para elegir la causa principal, se realizó un análisis de las tres y se eligieron las siguientes:

- Falta de documentos, placa.
- No hay procedimientos ni un tiempo de estándar para un cambio de producción.

La primera causa mencionada no se incluye entre las causas principales porque esta está incluida dentro de la falta de procedimientos en el cambio de producción.

✓ **Falla de personal:**

Se seleccionaron dos causas para su respectivo análisis:

- Disconformidad por el trato recibido por la empresa.
- Falta de herramientas adecuadas.

Materiales:

✓ **Falta de consumibles:**

- Falta de personal responsable para la rectificación de los consumibles.

- No se planea en qué momento se va a utilizar los consumibles.

El resto de causas fueron descartadas.

En esta falla ambas causas son las que generan directamente la falla.

✓ **Falla de semi elaborado:**

- Falla de la máquina trefiladora – cortadora 5.
- Falla de masa (dura – blanda).

Estas son las causas que causan directamente las fallas de semi elaborado.

✓ **Falla consumible:**

- No se respeta la vida útil de los consumibles.
- Esta causa influye directamente con esta falla.

Calidad:

✓ **Excentricidad:**

- Mala maniobra del prensista.

El resto de causas sí afectan directamente a esta falla pero son analizadas en sus respectivas secciones.

3.5.3. SOLUCIÓN

3.5.3.1 Toma de decisiones

Se elaboraron diferentes planes de acción para luego ser presentados a la gerencia de operaciones para ser aprobados. Los planes fueron:

Producción:

✓ **Demora de cambio de producción:**

- **Falta de procedimientos y tiempo estándar en el cambio de producción:**

Se propuso crear un grupo conformado por un supervisor técnico y dos asistentes para que puedan medir los tiempos de cambio de producción para cualquier tipo de diámetro y electrodo, debido a que no todos los cambios de producción toman el mismo tiempo.

Este grupo estuvo encargado de medir los tiempos de cambio de producción, así como establecer estándares en los procedimientos de cambio de producción.

Se debe tener en cuenta que dicho equipo debe estar avocado en su totalidad a esta tarea debido a que cualquier detalle dentro del procedimiento del cambio de producción debe ser registrado tal como ocurre para así poder estandarizar el proceso de cambio de producción.

- **Falta de documentos, placas:**

Se propuso colocar un asistente de planificación de producción en el turno de noche, de modo que al iniciar el turno de mañana ya tenga los documentos y placas listas. Este sistema sí funcionó porque es lo que se realiza en el turno de mañana: el asistente de dicho turno deja todos los documentos y placas para el turno noche.

- ✓ **Falla de personal:**

- **Disconformidad por el trato recibido por la empresa:**

Para saber en qué no están conformes los operarios con relación al trato recibido por la empresa, se debió de trabajar en conjunto con Recursos Humanos y realizar focus groups donde los operarios puedan expresarse abiertamente sobre sus quejas con respecto al trato recibido por la empresa.

Este tipo de actividades toma tiempo, por ende, se le dio un periodo de un mes o dos para saber qué es lo que aqueja más a los operarios.

- **Falta de herramientas adecuadas:**

Colocar las herramientas adecuadas para la línea de prensa 2. Esto se realizó del siguiente modo:

- Preguntar al operario qué herramientas necesita de forma permanente y que no puede compartir con las otras prensas.
- Preguntar qué herramientas tienen uso esporádico o que pueden ser compartidas con las otras prensas.
- Colocar las herramientas de uso permanente en el casillero de la prensa 2 para que solo sea utilizado por los operarios de dicha prensa.

Materiales:

- ✓ **Falta de consumibles:**

- **Falta de personal responsable para la rectificación de los consumibles:**

Se necesitó asignar a un responsable permanente en el área de rectificado para que pueda tener todos los consumibles a tiempo. Este responsable pudo tener un asistente para que pueda agilizar el proceso de rectificación porque no solo estará avocado a los consumibles de la prensa 2 sino a los de todas las prensas.

- **No se planea en qué momento se va a utilizar los consumibles:**

El planeador de producción tuvo que trabajar en conjunto con el rectificador para que éste tenga el tiempo suficiente para tener listos todos los consumibles necesarios.

Si se produjo cualquier cambio de producción inesperado, el planificador tuvo que avisar al rectificador dicho cambio y no esperar al último momento.

✓ **Falla de semi elaborado:**

- **Falla de la máquina trefiladora – cortadora 5:**

Esta máquina presentaba una serie de fallas crónicas. Se recomendó formar un grupo técnico especializado, debido al complicado funcionamiento de la máquina, Por ello, se necesitó un estudio profundo. El estudio debió durar como máximo dos meses.

El grupo técnico estuvo conformado por un técnico de producción y dos de mantenimiento. Estas tres personas son las que más conocen esta máquina y, por ende, pudieron llegar a mejores resultados en un periodo más corto en comparación a cualquier otro grupo que se puedo formar.

Se colocó un ingeniero para supervisar el análisis, quien entregaba los resultados sobre los progresos de dicha máquina a gerencia.

- **Falla de masa (dura – blanda):**

Esta falla debió ser controlada por calidad, estandarizar los indicadores de presión de la prensa al extruir la masa y los índices de humedad de la masa antes de ingresar a la prensa.

Este análisis se debió realizar para todos los productos que se fabrican en la prensa 2.

✓ **Falla consumible:**

- **No se respeta la vida útil de los consumibles:**

Se tuvo que llevar un control del tiempo de utilización de los consumibles. Para ello, el encargado de rectificado tuvo que verificar el tiempo de utilización de cada consumible después de ser usado y así llevar el debido control de los consumibles y reemplazarlos antes de que estos lleguen al tiempo máximo de vida útil.

Calidad:

✓ Excentricidad:

- **Mala maniobra del prensista:**

Se necesitó una mejor capacitación para los operarios prenseros y entrenar adecuadamente a sus reemplazos para cualquier tipo de situación.

Para poder realizar todos estos planes de acción, se tuvo que realizar una elección en función de las herramientas de decisiones del tipo de menor participación y de estilo directivo, debido que el responsable directo era el gerente de operaciones.

El gerente de operaciones solo aceptó los siguientes planes de acción para estas causas:

- Falta de herramientas adecuadas.
- Falta de personal responsable para la rectificación de los consumibles.
- No se planea en qué momento se va a utilizar los consumibles.
- No se respeta la vida útil de los consumibles.

Las razones por las cuales el gerente de operaciones no quiso realizar el resto de planes de acción fueron tres:

- La mayoría de los planes de acción necesitaban al menos un mes para dar resultados.
- Los planes que incluían grupos de personas trabajando a tiempo completo sobre la causa de falla no eran viables por la falta de personal que se tiene actualmente.
- No era factible una rápida coordinación con otras áreas (RR.HH. y Calidad) para un trabajo en conjunto a corto plazo, esa decisión estaba a cargo de gerencia general para “acelerar” esta coordinación.

3.5.3.2. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA

Al tener la aceptación de la gerencia de operaciones solo quedaba realizar unos arreglos para que todo el proceso de implementación de las soluciones fuera de la forma más rápida posible.

- **Falta de herramientas adecuadas:**

Se le asignó a un técnico exclusivamente la prensa 2 para que este pudiera realizar las preguntas correspondientes a los 2 prensistas de dicha máquina. El tiempo para realizar estas preguntas es 1 día.

- **Falta de personal responsable para la rectificación de los consumibles:**

Al tener un taller donde se rectifica los consumibles, se asignó un operario que tenía una gran experiencia rectificando. Así mismo, se le dio la potestad de escoger a su asistente.

- **No se planea en qué momento se va a utilizar los consumibles:**

El planeador de producción recibió la orden de comunicar al rectificador la producción diaria y por turno de la prensa 2 así como proporcionarle la información sobre cualquier cambio en la producción diaria.

- **No se respeta la vida útil de los consumibles:**

El rectificador recibió el encargo de medir el tiempo de uso de cada consumible después de ser utilizado, en el taller de rectificado tenía las herramientas necesarias para realizar dichas mediciones.

3.5.4 DOCUMENTACIÓN

3.5.4.1. Revisar resultados

Luego de implementar los planes de acción aceptados por la gerencia de operaciones se hizo un seguimiento de la prensa 2 por los siguientes 2 meses. En la Figura 3.20. se muestra el Diagrama de Pareto en función de las horas paradas por sección del mes de noviembre y la Figura 3.21. se muestra el Diagrama de Pareto en función de las horas paradas por sección del mes de diciembre. En los apéndices U y W se puede apreciar el origen de las gráficas.

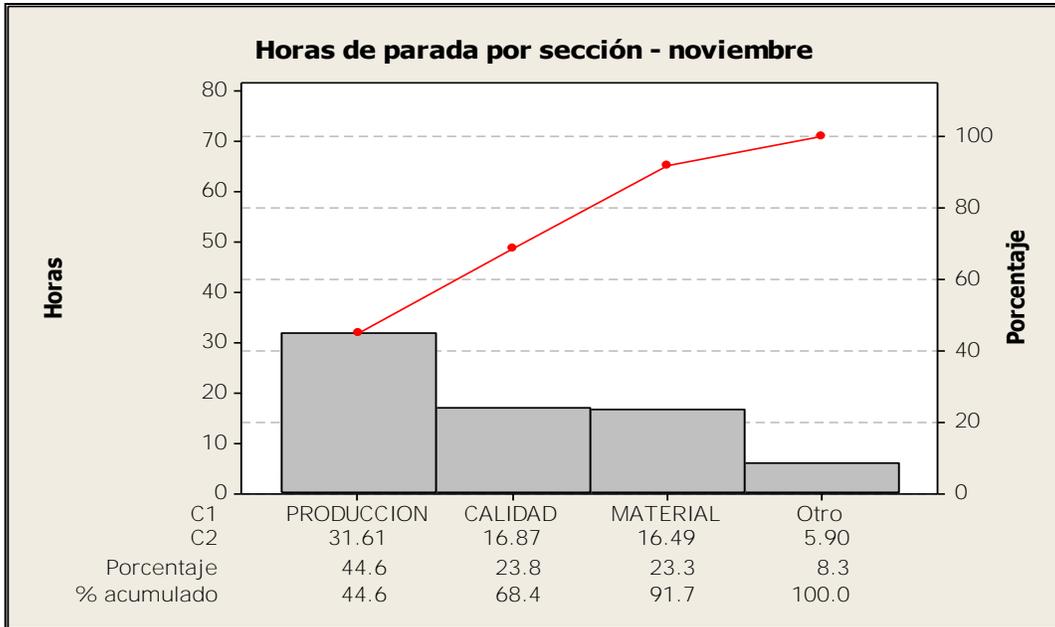


Fig. 3.20. Horas de parada por sección – noviembre.

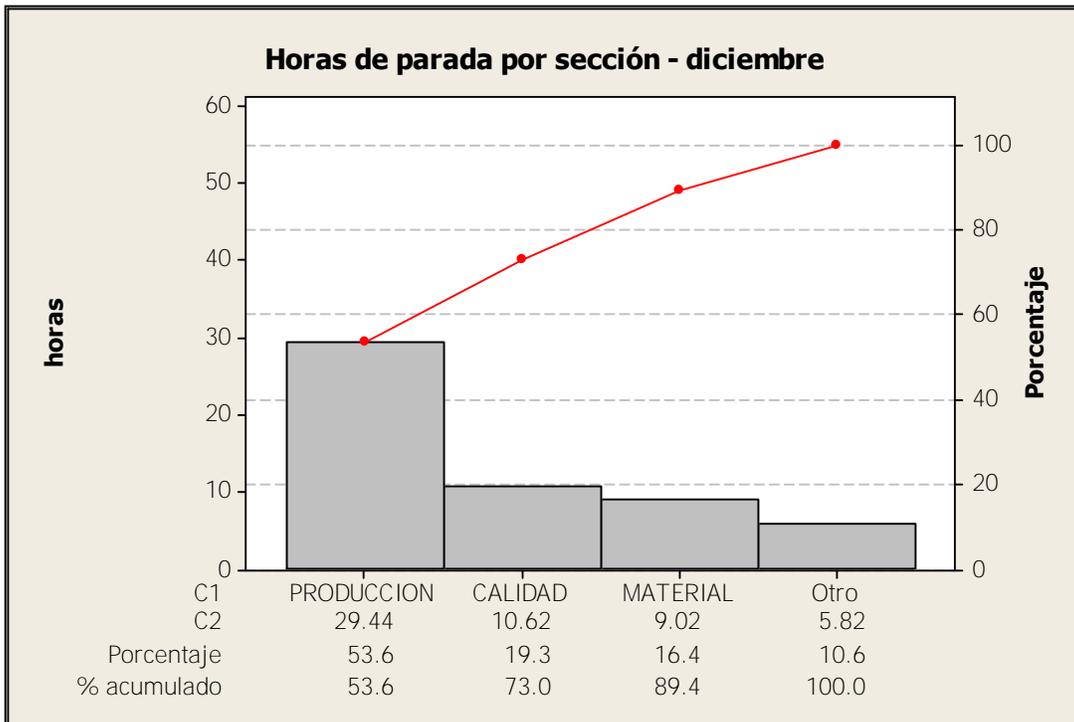


Fig. 3.21. Horas de parada por sección – diciembre.

Al ver estas gráficas podemos asegurar que los planes de acción dieron resultados desde el mes de noviembre y mejoraron en diciembre. En la Tabla 3.25. se ve la disponibilidad de noviembre y diciembre.

A pesar de que no se realizaron todos los planes de acción, se pudo alcanzar una mejora en todas las secciones siendo las secciones materiales y calidad las más beneficiadas.

La razón por la cual la sección producción tiene un descenso en sus horas de parada es porque una de las causas de la demora en el cambio de producción, la falta de consumibles, ha sido controlada.

La sección de calidad también mejoró con respecto al mes de octubre. Esto se debe a que una de las causas de las fallas de excentricidad era los consumibles fuera de medida o que tenían cualquier otro desperfecto.

En comparación con el mes de octubre se obtiene un aumento de disponibilidad de máquina, de 70.72% a 81.52% en el mes de diciembre.

Estos resultados demuestran que las causas de fallas halladas son las correctas.

Tabla 3.25. Disponibilidad noviembre - diciembre

Mes	Horas disponibles	Horas paradas	Número de paradas	MTB F	MTT R	%Disponibilidad
Noviembre	318.35	70.85	87	2.84	0.81	77.74
Diciembre	297	54.9	64	3.78	0.86	81.52

3.5.4.2 Aplicar soluciones estandarizadas

En este paso se necesitó realizar la estandarización de todos los planes de acción efectuados exitosamente, de manera que el plan de acción implementado se vuelva un hábito para los operarios a la hora que se presente un problema similar.

Para el proceso de estandarización de este caso no se necesitó que los planes de acción realizados sean difundidos para todos los operarios de la prensa 2, debido a que la gran mayoría de estos planes son órdenes directas del gerente de operaciones de asignar responsables a ciertas tareas. Por otro lado, sí se debió estandarizar el procedimiento de comunicación por parte del planeador de producción al operario responsable del área de rectificado. En la Figura 3.22. se muestra un diagrama de flujo sobre la comunicación del planeador al operario.

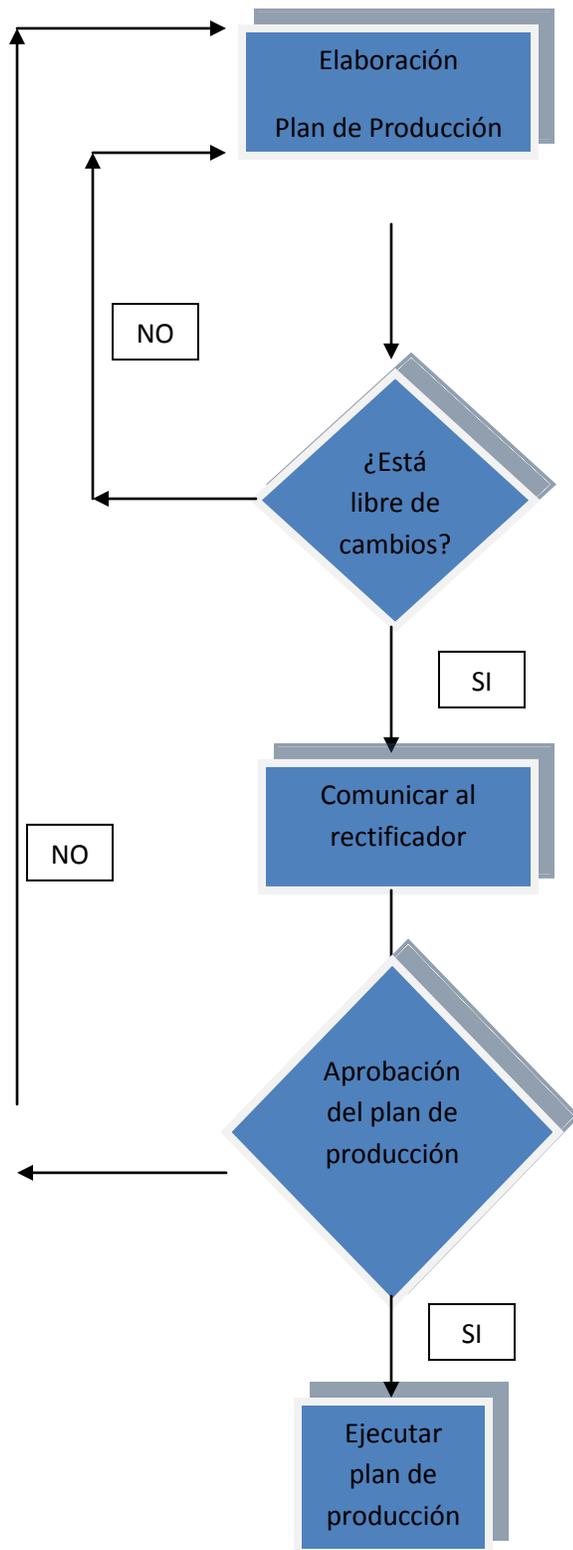


Fig.3.22. Diagrama de flujo – comunicación planeador de producción a operario.

3.5.4.3 Validación oficial

Debido al éxito de los planes de acción, la gerencia de operaciones aprobó que las soluciones a dichas fallas permanecieran perennes en el sistema de gestión de la empresa.

3.6. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE DISPONIBILIDAD

MTBF:

Durante los dos últimos meses se presentó un incremento del MTBF, lo cual disminuyó los costos de parada, debido a que estos costos disminuyen al tener un mayor tiempo medio entre fallas. Esto se puede apreciar en la Figura 3.23. que muestra el comportamiento del MTBF de setiembre a diciembre.

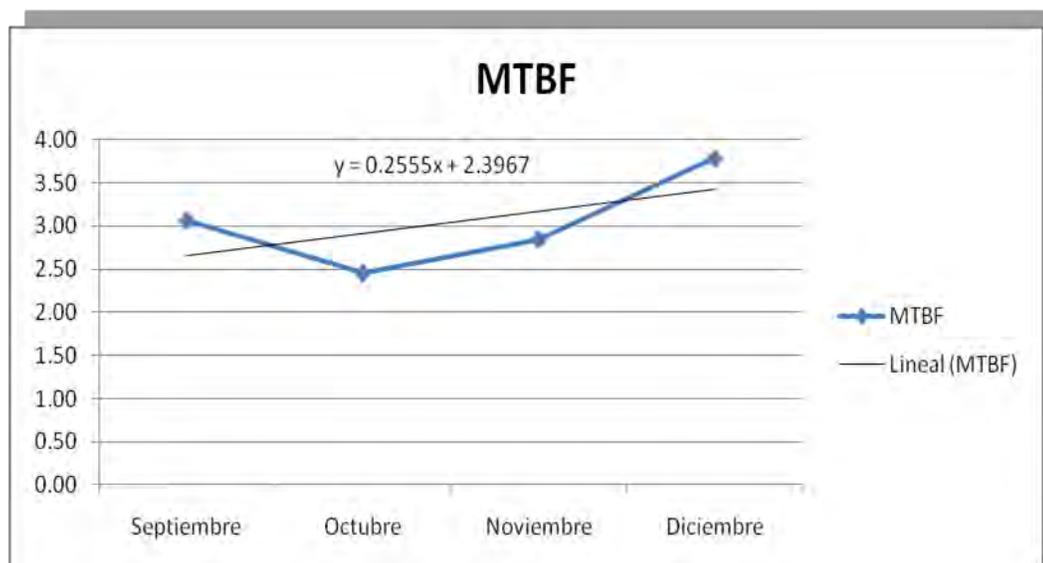


Fig. 3.23. MTBF setiembre – diciembre.

MTTR:

Durante los dos últimos meses se presentó una disminución del MTTR, lo que benefició la disminución del tiempo medio de reparación y así aumentó el tiempo de

utilización de la máquina. Esto se puede apreciar en la Figura 3.24. que muestra el comportamiento del MTTR de setiembre a diciembre.

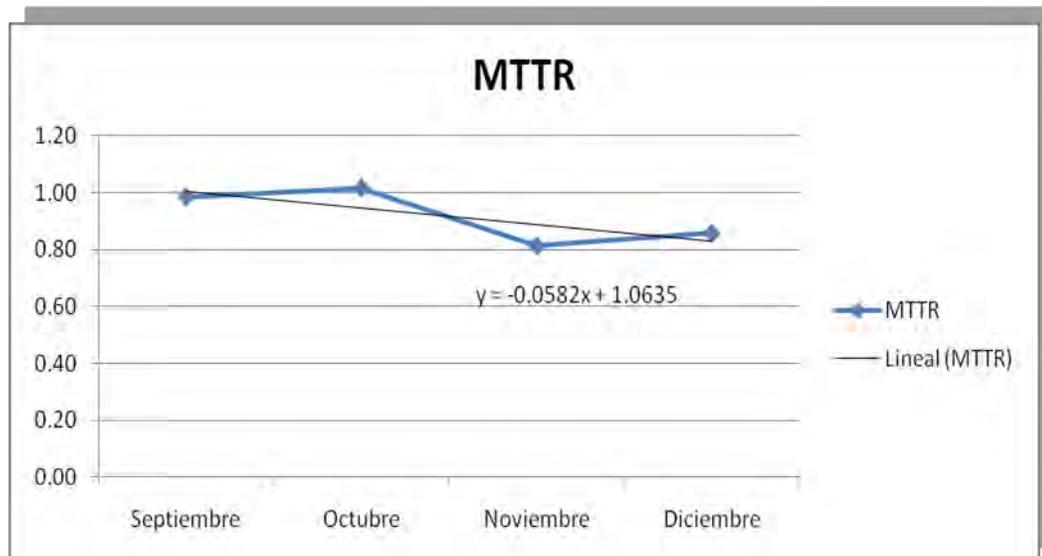


Fig. 3.24. MTTR setiembre – diciembre.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. OBJETIVOS LOGRADOS

Al comenzar con el análisis de fallas se tenía pensado que el origen del gran número de paradas era la mala intervención de mantenimiento cuando reparaban el problema. Sin embargo, al culminar la investigación se supo que dicho origen era totalmente ajeno al planteamiento de la primera hipótesis. Las fallas que causaban más paradas no programadas fueron las menos pensadas, las cuales se pudieron analizar de forma independiente. Por ello, se consiguió llegar a múltiples planes de acción donde se atacaría directamente la causa de las fallas.

Finalmente se logró implementar los planes más adecuados, pues con ellos notamos una considerable baja en las causas que originaban las fallas. Del mismo modo, se logró estandarizar los procedimientos para que estas fallas no se repitan.

Para asegurar la permanencia de estos procedimientos, la alta gerencia dio el visto bueno para que estas prácticas perduren en el tiempo o hasta que aparezca otra mejora con respecto a la solución de estas fallas.

Estas mejoras lograron reducir el tiempo de trabajo en el área de producción, generando un buen y mejor ambiente laboral que a la vez permitía una mayor organización en el área de planeamiento.

A la vez, se puede afirmar ahora que la causa principal de las fallas no son generadas por factores humanos o materiales sino debido a la falta de sistemas adecuados que puedan evitar las fallas durante el proceso de producción.

A pesar de que el análisis se enfocó en aumentar la disponibilidad de la prensa 2, no podemos dejar de lado los otros indicadores que lo conforman:

MTBF:

Como se mencionó en el capítulo anterior, al aumentar este indicador podemos afirmar que el costo de reparación disminuyó debido a la reducción de paradas, pero también existen otros beneficios no cuantificables de forma tangible pero sí de forma intangible, como:

- La disminución de frustración del operario al ver que su máquina no tiene que parar por otro motivo que no sea de recarga.
Esto se debe a una explicación sencilla: un operario se sentirá más satisfecho con su trabajo al cumplir con la meta establecida en el tiempo establecido sin necesidad de detener su labor por inesperadas paradas que ocurren en la prensa.

MTTR:

Este indicador nos permite saber qué tan rápido vuelve a estar en funcionamiento la máquina, por ende, la disminución nos indicó:

- Las paradas duran menos tiempo porque los operarios pueden encontrar la causa de la falla de forma más rápida.

4.2. CONCLUSIONES GENERALES

La estructura realizada para alcanzar los objetivos trazados al inicio de este análisis demostró que es lo suficientemente capaz para realizar cualquier análisis de fallas a cualquier máquina de la planta. No obstante, se debe tener en cuenta los siguientes puntos antes de realizar este análisis:

- La **comunicación fue fundamental** para este tipo de análisis.
- **Comunicación a todo nivel:** debido a que los supervisores y jefes no pudieron realizar esta tarea solos, se necesitó la colaboración de técnicos y operarios experimentados que sepan del funcionamiento de la máquina.
- **Saber escuchar:** cualidad fundamental para poder entender qué es lo que nos quieren decir los técnicos y operarios para poder clasificar correctamente la información brindada.
- El fin de este análisis no fue solo llegar a la causa raíz del problema, sino también poder compartir la información que posee la gente más experimentada, como los técnicos, supervisores, operarios, entre otros, y así poder almacenarla para el uso de cualquier operario y/o supervisor de la planta.
- El análisis se enfocó en la búsqueda de causas del problema mas no en la búsqueda de responsables, ya que esto limitaría el número de colaboradores y entorpecería la llegada veraz de la información requerida.

4.3. MEJORAS ALCANZADAS

La disponibilidad aumentó en el mes de noviembre y diciembre, siendo este último el mes de mejor disponibilidad de los 4 meses en estudio, con un aumento de 10.8% con respecto al mes de setiembre (ver la Tabla 3.25.).

Se puede afirmar que la falla de calidad estuvo relacionada directamente con la falla de material. En la Figura 4.1. se muestra una relación entre la sección material y calidad. Esto se pudo mejorar aún más si las fallas por semi elaborados son atendidas en su debido momento y así trabajar para llegar a reducir en casi su totalidad las fallas por calidad.

Las fallas por producción disminuyeron considerablemente debido a que una de sus mayores fallas, las demoras en el cambio de dimensión, se redujeron con respecto a otros meses. La explicación es que una de sus causas fue la falta de consumibles, la que ha sido casi anulada. Por ende, la demora por cambio de producción disminuyó.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las horas de parada durante los meses de setiembre a diciembre.



Fig. 4.1. Horas de parada por sección.

Desde el mes de noviembre a diciembre se observó una disminución de horas de parada en todas las secciones a pesar de que solo se implementó mejoras en la sección de materiales. Ello debido a que algunas causas de fallas de la sección material fueron compartidas por otras secciones, lo cual explica el comportamiento de la gráfica.

4.4. RECOMENDACIONES FINALES

Se dan las siguientes recomendaciones:

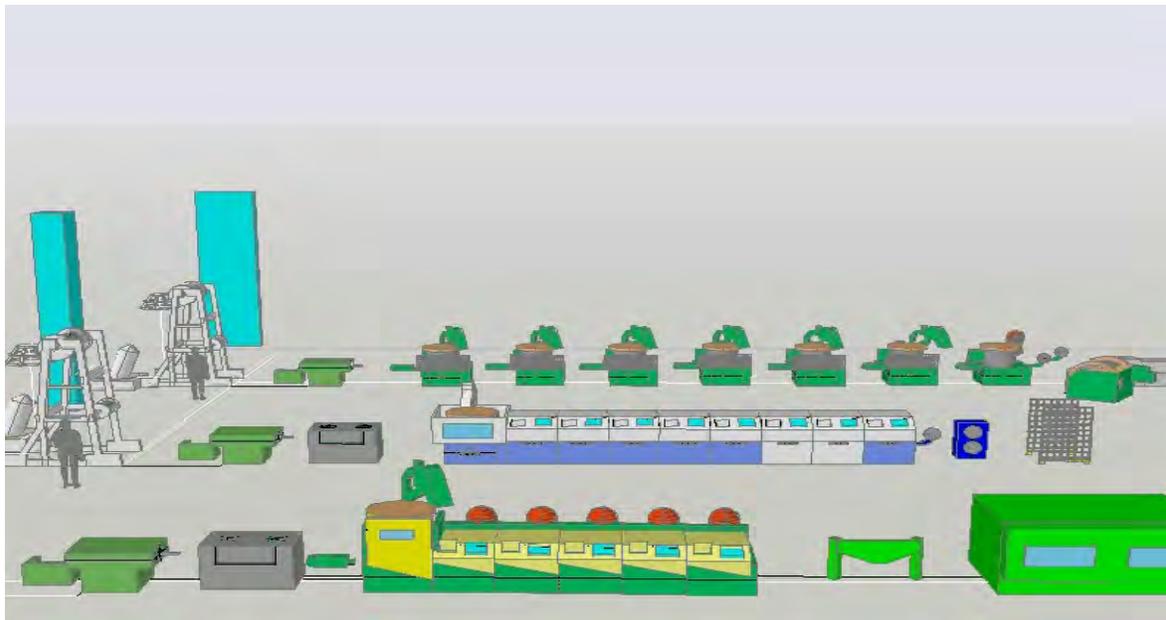
- Al comprobar la efectividad de los planes de acción realizados, se recomendó implementar el resto de planes propuestos.
- Implementar un sistema de reporte de paradas en todas las máquinas de planta, así se podría tener una información histórica de las fallas que ocurren en todas las máquinas.
- Crear un manual de funcionamiento de la prensa 2, donde se especifique desde cómo iniciar su funcionamiento hasta cómo resolver eventuales problemas que se presenten.

5. REFERENCIAS

1. <http://www.noria.com/sp/rwla/conferencias/mem/Paper%20Rosendo.pdf>
2. http://www.infosol.com.mx/espacio/cont/investigacion/dificil_tarea.html
3. <http://www.industrialtijuana.com/pdf/B-4.pdf>
4. <http://mascalidad.org/articulos/034%20Metodo%20de%20Analisis%20de%20Fallas.pdf>
5. The 7 – step problem solving method. Center for quality of management, 1996. Shoji Shiba, GOAL/QPC.
6. A pocket guide of tools for continuous improvement, 2007. Brasard, Michael y Ritter, Diane. GOAL/QPC.
7. Estadística. 2007. Angulo Bustíos, César Armando. Universidad de Piura. Perú.
8. Dirección de Operaciones aspectos estratégicos en la producción y los servicios. 1995. Domínguez Machuca, José Antonio. McGraw-Hill. Madrid.

6. APÉNDICES

Apéndice A: Máquinas de Trefilado



Apéndice B: Máquina de corte



Apéndice C: Recipiente mezclador de minerales



Apéndice D: Balanza de minerales



Apéndice E: Mesclador “Y”



Apéndice F: Prensa Tandem



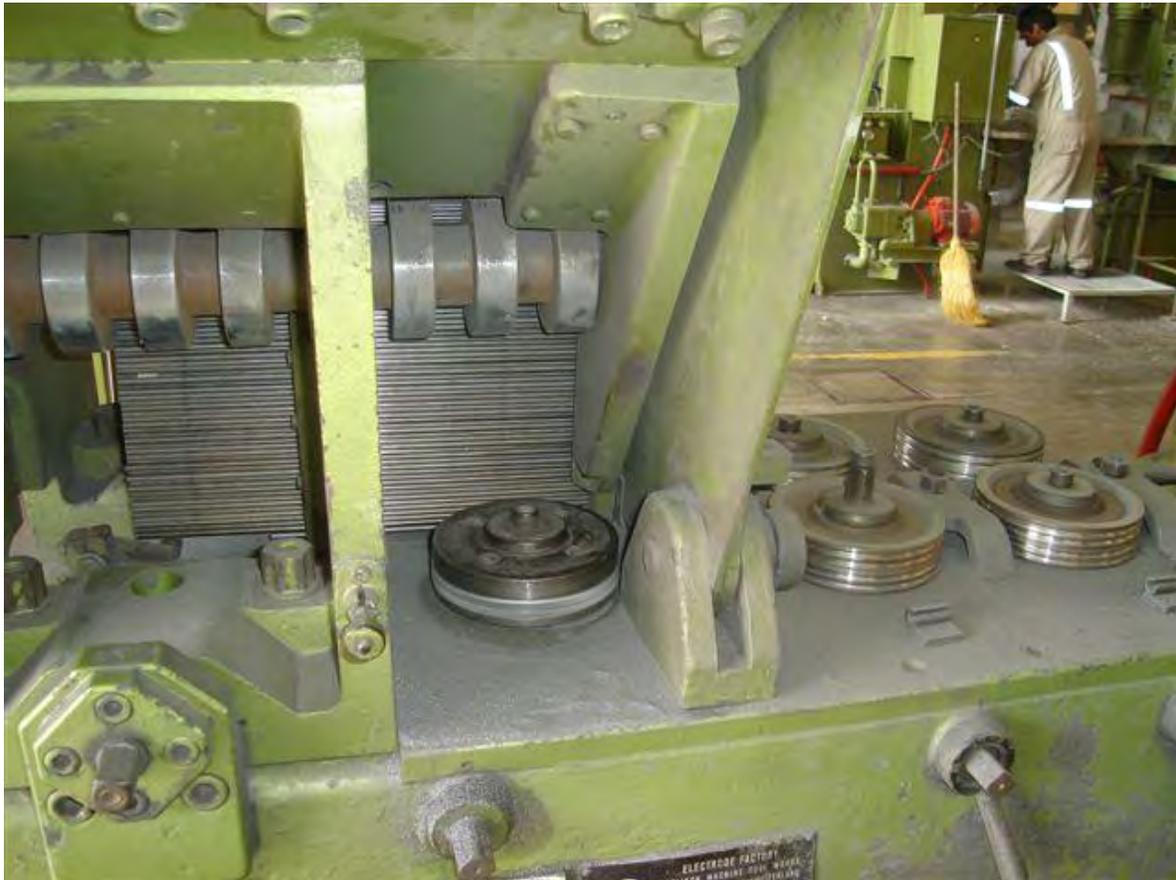
Apéndice G: Mesclador masa húmeda



Apéndice H: Briqueteras



Apéndice I: Alimentadora de alambres



Apéndice J: Electrodo recién prensado



Apéndice K: Medidor de excentricidad



Apéndice L: Cepillado



Apéndice M: Intemperie



Apéndice N: Hornos



Apéndice O: Línea de embalaje



Apéndice P: Alimentadora de embalaje



Apéndice Q: Selección de electrodos



Apéndice R: Impresión de electrodos



Apéndice S: Peso de electrodos



Apéndice T: Sellado de latas de electrodos



Apéndice U: Motivos de paradas en noviembre

Paradas de noviembre			
SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	CAUSA	TIEMPO PERDIDO (H)
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		0.75
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		1.28
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		1.3
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		1.68
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		0.91
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		0.44
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		1.36
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		0.77
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		2.06
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		1.51
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		0.75
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		0.15
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		1.24
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		0.97
FALLA CALIDAD	EXCENRICIDAD		1.7
FALLA MANTENIMIENTO	FALLA MECÁNICA	ROTURA DE LA COMPUERTA PRENSA	0.66
FALLA MANTENIMIENTO	FALLA ELÉCTRICA	BALANZA AUTOMÁTICA	2.16
FALLA MANTENIMIENTO	FALLA MECÁNICA	CAMBIO DE PERNOS A COMPUERTA	0.75

FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DOBLADO	1
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	SE ESCOGÍO ALAMBRES DESPUNTADOS	0.69
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DESPUNTADO	1.94
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DOBLADO	1
FALLA MATERIAL	FALLA CONSUMIBLE	FACTOR	0.75
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	TC5 – MAL CORTADO, DOBLADO	1.33
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE	0.85
FALLA MATERIAL	FALTA NO HAY MASA HÚMEDA	SE TARDÓ UNA HORA PARA EMPEZAR MEZCLA	0.98
FALLA MATERIAL	FALTA MASA HÚMEDA		1.58
FALLA MATERIAL	FALTA CONSUMIBLES		0.16
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE MAL CORTADO	0.48
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	PROBLEMAS CON EL ALAMBRE MAL CORTADO TC6	1.47
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	DESPUNTADO	1
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE	1.98
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	DESPUNTADO	0.2
FALLA MATERIAL	FALLA CONSUMIBLE	PISTON	0.15
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	DESPUNTADO TC5	0.5
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	MAL CORTADO, DOBLADO	0.43
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.46
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.26
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.18
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.33

FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.25
FALLA PRODUCCIÓN	PROBLEMA ALINEAMIENTO		0.625
FALLA PRODUCCIÓN	PROBLEMA ALINEAMIENTO		2
FALLA PRODUCCIÓN	PROBLEMA ALINEAMIENTO		0.5
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.41
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.37
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN		1.16
FALLA PRODUCCIÓN	HABILITACION DE CINTAS DE FILTRO		1
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSION	0.67
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	1.54
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN		0.78
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.5
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.11
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSION	0.38
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSION	0.67
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.67
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	PRENSA 4	1
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.4
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.77
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.39
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	1.16
FALLA PRODUCCIÓN	SE TRABAJÓ UNA PRENSA		1.13

FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN		1.16
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.46
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN		0.8
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN		0.84
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.8
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.11
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.31
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.66
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSION	0.67
FALLA PRODUCCIÓN	FALLA OPERADOR	ATORO COMPUERTA	0.37
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.04
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.12
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSION	0.65
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.23
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.39
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.48
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN		0.58
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSIÓN	1.05
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN		1.49
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN		0.88
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.29
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSIÓN	1
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.51

OTROS	ACONDICIONAMIE NTO DE GRAFITADOR		1
OTROS	CHARLA		1.33

Apéndice V: Motivos de paradas en diciembre

Paradas en diciembre			
SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	CAUSA	TIEMPO PERDIDO PARADA(H)
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		1.66
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		0.91
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		0.75
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		0.16
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		1.46
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		1.00
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		1.80
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		0.60
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		0.61
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		1.31
FALLA CALIDAD	EXCENTRICIDAD		0.36
FALLA MANTENIMIENTO	FALLA MECÁNICA	ALAMBRE DESPUNTADO- CEPILLADORA	1.00
FALLA MANTENIMIENTO	FALLA MECÁNICA	ENCENDIDO Y RETROCESO DE BOBA PRENSA	1.10
FALLA MANTENIMIENTO	FALLA MECÁNICA	REPARACIÓN DE PIÑÓN	1.78
FALLA MANTENIMIENTO	FALLA MECÁNICA	FALLA DE VARIADOR DE LA FAJA- FALTA DE LUBRICACION	1.16
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DOBLADO	1.04

FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE	1.00
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DOBLADO	0.31
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DESPUNTADO (TC5)	1.14
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DESPUNTADO (TC5)	0.85
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DOBLADO (TC5)	0.72
FALLA MATERIAL	FALLA CONSUMIBLE	CAMBIO DE FAJA DE CEPILLADORA	0.50
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE (TC5)	1.20
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	ALAMBRE DESPUNTADO	1.26
FALLA MATERIAL	FALLA MATERIA PRIMA	MASA DURA	1.00
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSIÓN	0.54
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	DE PUNTO AZUL - AP	0.49
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.43
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		0.51
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		1.66
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		0.27
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		0.26
FALLA PRODUCCIÓN	FALLA OPERARIO	COMPUERTA CON MASA -EP2-2	1.21
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		0.51
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSIÓN	0.92
FALLA PRODUCCIÓN	FALLA OPERARIO	COMPUERTA CON MASA -EP2-2	0.24
FALLA PRODUCCIÓN	FALLA OPERARIO		0.70
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	1.26

FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.35
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		0.73
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSIÓN	0.54
FALLA PRODUCCIÓN	PROBLEMA ALINEAMIENTO		0.36
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		0.20
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	1.22
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	1.00
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.92
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	CAMBIO DIMENSIÓN	1.09
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.76
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	1.22
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.45
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.55
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.57
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.56
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		1.01
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		0.50
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		1.06
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		0.49
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	1.19
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.85
FALLA PRODUCCIÓN	FALTA DOCUMENTOS		0.27
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	1.39

FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN	LIMPIEZA	0.66
FALLA PRODUCCIÓN	CAMBIO DE PRODUCCIÓN		2.50
OTROS	CHARLA		0.78