

# **Aseguramiento de la Calidad en el Proceso de Producción de Lijas en Fandeli S.A. de C.V.**

## ❖ ÍNDICE

Introducción	4
Nombre del proyecto	4
Descripción del cliente	4
Descripción del problema	4
Objetivo general del proyecto	6
Metodología a seguir	6
Alcance del proyecto	7
Diagrama de Gantt	7
Proceso	8
Componentes de una lija	8
Proceso Maker	9
Proceso Sizer	10
Diagrama de operaciones	11
Variables	12
Preparación de adhesivo	12
Preparación de imprenta	12
Montaje de Jumbo	13
Aplicación de engomado	13
Aplicación de abrasivo	13
Túnel de secado (Maker)	14
Aplicación de reengomado	14
Túnel de secado (Sizer)	15
Embobinado del producto	15
Justificación línea	16
Justificación de grado	17
Ajustes	17
Pruebas Mecánicas	18
Habilidades	18
No conformidades	19
Reclamaciones	20

Quejas	20
Principales modos de falla	21
Análisis 5W + 2H	22
¿Qué?	22
¿Cuándo?	22
¿Dónde?	23
¿Quién?	23
¿Cómo?	24
¿Cuánto?	24
¿Por qué?	24
AMEF desgrane y bajo rendimiento	25
Herramientas y procedimiento para acotar variables	27
Lluvia de ideas	27
Diagrama de Ishikawa	29
Técnica de Grupo Nominal (TGN)	31
Análisis estadístico de las causas acotadas	34
Comprobación de las resinas fuera de estándar	34
Relaciones de datos históricos para la baja aplicación (Maker/Sizer)	36
Análisis Estadístico de los Datos	37
Modelo de Regresión Logística Binomial	38
Conclusiones para la elaboración de una solución para Fandeli	43
Propuesta de Mejora	43
Conclusiones Finales	45
Bibliografía	46

## ❖ **Introducción**

### ❖ **Nombre del Proyecto**

Aseguramiento de la Calidad en el Proceso de Producción de Lijas en Fandeli S.A. de C.V.

### ❖ **Descripción del Cliente (Beneficiario del Proyecto)**

Fábrica Nacional de Lijas S.A. de C.V. (FANDELI) es el único productor de abrasivos revestidos en México, con más de 85 años de experiencia.

Además es líder del mercado en México, con clase mundial gracias a su participación y exportación a más de 20 países.

Fandeli cuenta con una certificación en ISO 9001: 2000.

Dentro de la empresa se cuenta con 3 plantas automatizadas para la producción de abrasivos revestidos, la cual nos da un catálogo de 15,300 productos.

La planta principal se encuentra ubicada en la Av. Presiente Juárez # 225, Col. San Jerónimo Tepetlaco, Tlalneptla, Estado de México.

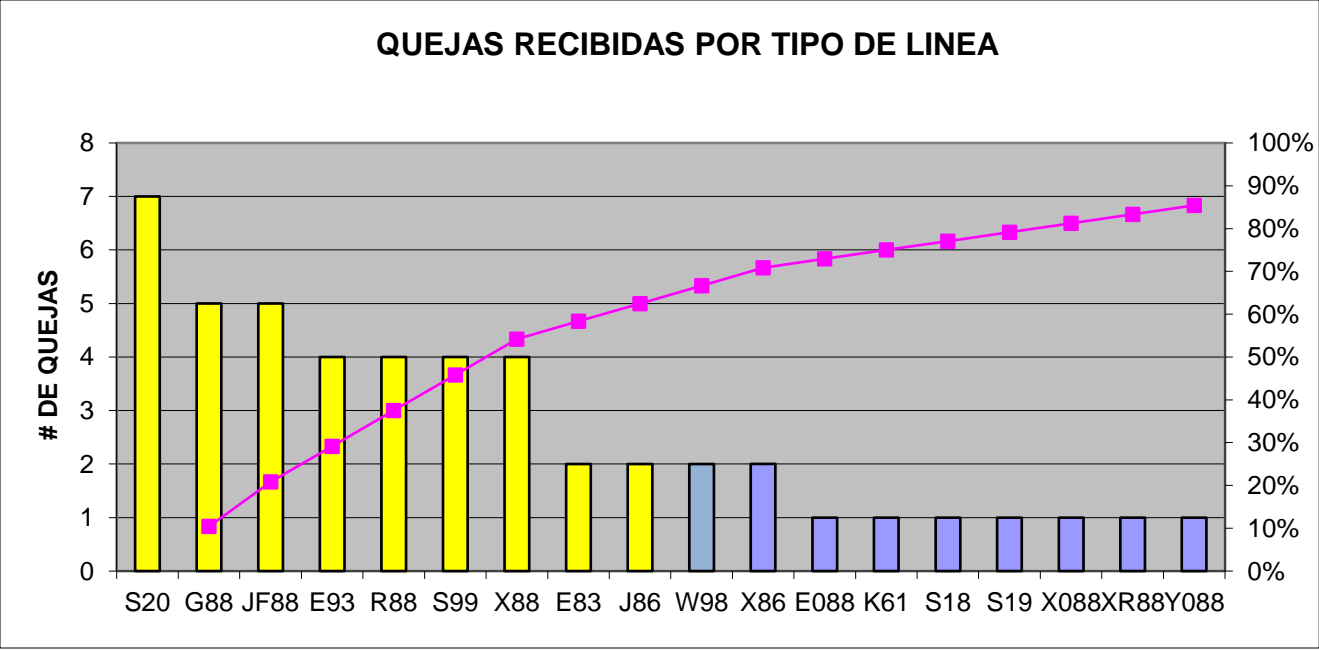
### ❖ **Descripción del Problema**

Fandeli tiene varias líneas de producción que no cumplen con las especificaciones de los clientes. Por lo que requiere conocer las variables del proceso de producción, en términos de datos, para su comprensión y control a fin de eliminar los defectos que causan la inconformidad de los clientes.

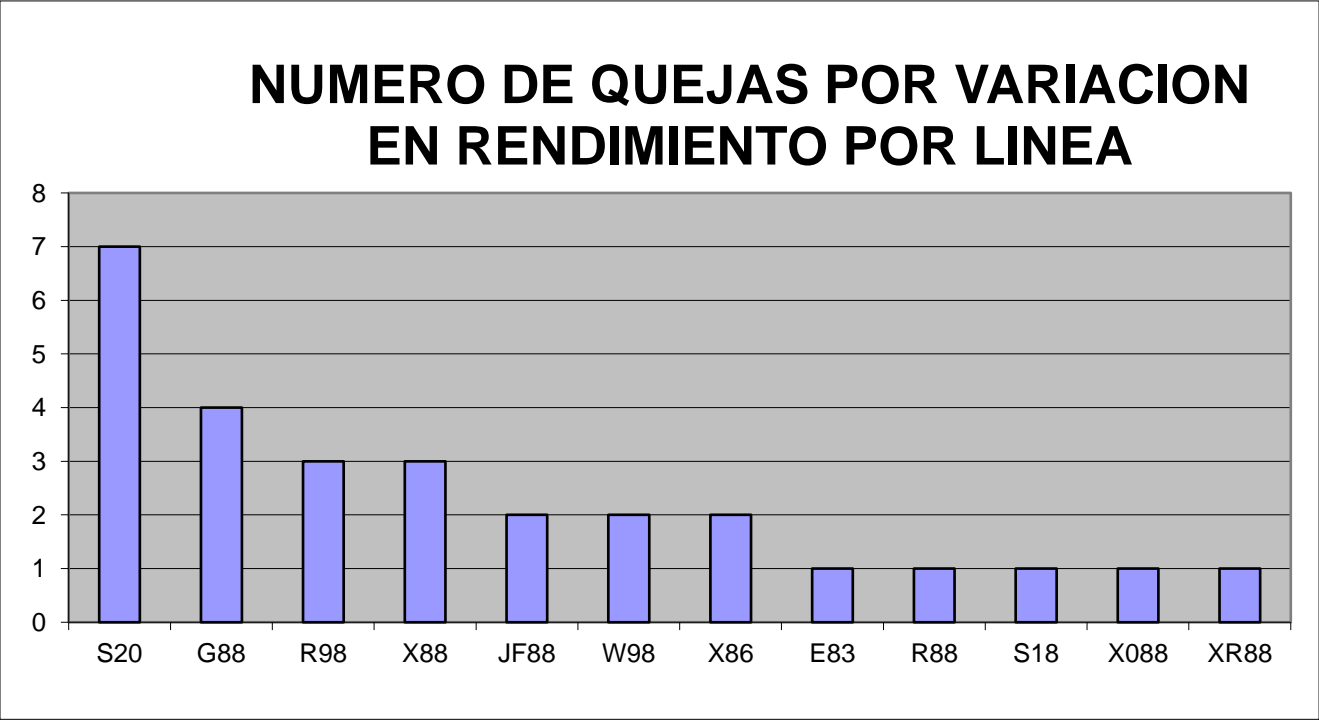
En este proyecto se analizará la línea G-88 ya que se encuentra en la posición número 1 de quejas en el mercado por lo que se necesita corrección pronta de la misma.

Se mostrará en la gráfica número 1, las líneas de producción con quejas recibidas por tipo de línea. Tomar en cuenta que la línea S-20 está siendo rediseñada en estos momentos por el departamento de laboratorio de Fandeli.

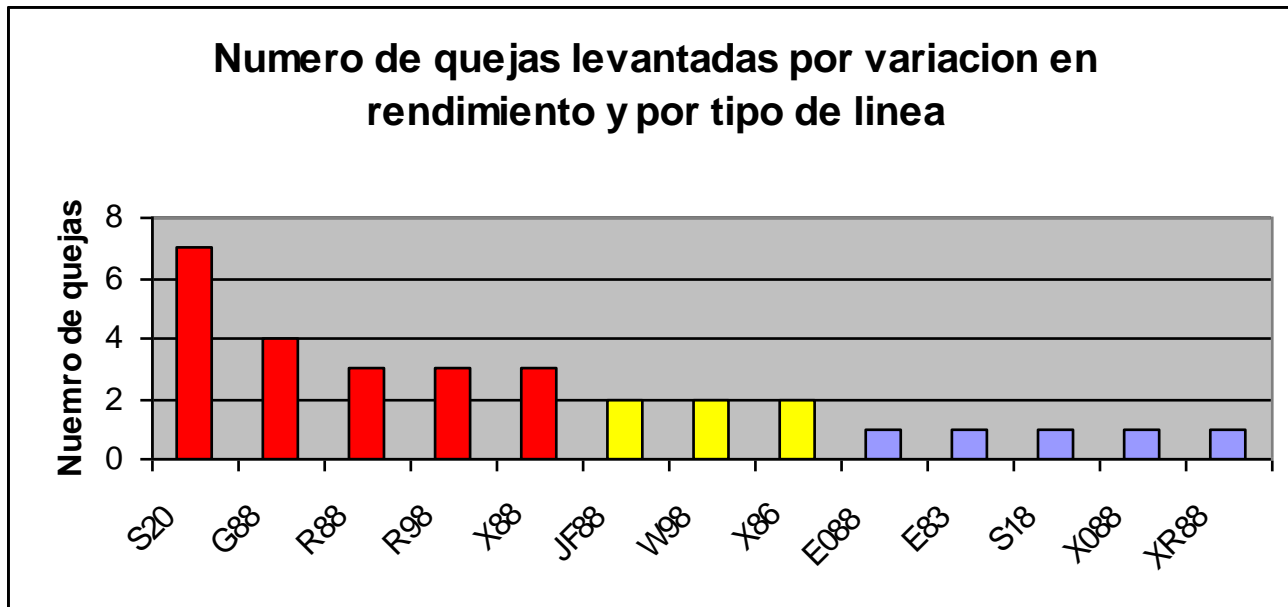
En la gráfica número 2 podemos observar que la línea G-88 sigue ocupando primer lugar en quejas por las variaciones en el rendimiento de la línea. Esto quiere decir que la funcionalidad de la lija está fallando por lo que se requiere un estudio profundo de dicha línea.



**Gráfica 1. Quejas recibidas por tipo de línea**



**Gráfica 2. Número de quejas por variación en rendimiento por línea**



**Gráfica 3. Número de quejas levantadas por variación en rendimiento y por tipo de línea.**

#### ❖ **Objetivo General del Proyecto**

Analizar el proceso de fabricación de lijas en Fandeli para la corrección de la línea inestable G-88.

#### ❖ **Metodología del Proyecto**

##### Etapas:

- **Identificación.-** Etapa cuyo enfoque es el conocimiento de las áreas a estudiar:
  - Identificar las variables que afectan al proceso de producción.
  - Verificar con el personal de calidad y los operadores de las máquinas.
- **Documentación.-** Organizar la información para facilitar su interpretación y/o estudio posterior. De aquí se procede a realizar el diagnóstico del proceso de producción.

- Diagnóstico.- Obtención de información relevante del estudio mediante la aplicación de las herramientas estadísticas adecuadas para la descripción del funcionamiento del proceso, la detección de las áreas de oportunidad, y la elaboración de conclusiones objetivas para la solución del problema.

### ❖ Alcance del Proyecto

1. Nuestro objetivo es generar una propuesta, no implementar la solución.
2. Se investigará el proceso para proponer soluciones, se acotarán las variables que causan mayor impacto en la calidad.
3. La propuesta incluye información factible sobre las causas del problema y la forma de solucionarlo.
4. La línea de conocimiento de manufactura se enfoca a aquello que afecta directamente a la calidad final del producto dentro del proceso de producción.
5. No incluye análisis financiero del proyecto.
6. El proyecto sólo incluye el análisis del proceso de recubierto, no se estudiará las condiciones con las que llega la materia prima ni se estudiará el proceso posterior al recubierto donde se corta el producto en diferentes presentaciones.

### ❖ Diagrama de Gantt

Concepto	Semanas																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Inicio de Clases (Jueves 9 Agosto)	■																
Búsqueda de Proyecto y de Cliente		■	■														
Aceptación del Cliente y Capacitación de la Empresa			■	■													
Definición del Proyecto				■	■	■											
Presentación Protocolo					■	■											
Recopilar información de las operaciones					■	■	■										
Identificar variables y estudiarlas					■	■	■										
Recopilar datos históricos del proceso						■	■	■									
Obtener información estadística del proceso							■	■									
Documentar la información para su análisis							■	■	■	■							
Primer Examen Parcial									■	■							
Acotar variables críticas del proceso									■	■	■						
Aplicación de herramientas estadísticas para el diagnóstico									■	■	■	■	■	■			
Segundo Examen Parcial														■	■		
Proponer las condiciones óptimas para el proceso														■	■	■	
Conclusiones																■	■
Recomendaciones																■	■
Examen Final Oral																	■

Tabla 1. Diagrama de Gantt del Proyecto.

### ❖ Proceso

A continuación se mencionarán los pasos a seguir para la fabricación de una lija dentro de la empresa Fandeli.

1. Preparación de adhesivo (Maker).
2. Preparación de imprenta.
3. Montaje del jumbo.
4. Desembobinado del jumbo.
5. Aplicación de imprenta.
6. Aplicación de adhesivo (Maker).
7. Aplicación de abrasivo.
8. Túnel de secado (Maker).
9. Preparación de adhesivo (Sizer).
10. Aplicación de reengomado.
11. Túnel de secado (Sizer).
12. Embobinado de producto.

### ❖ Componentes de una Lija



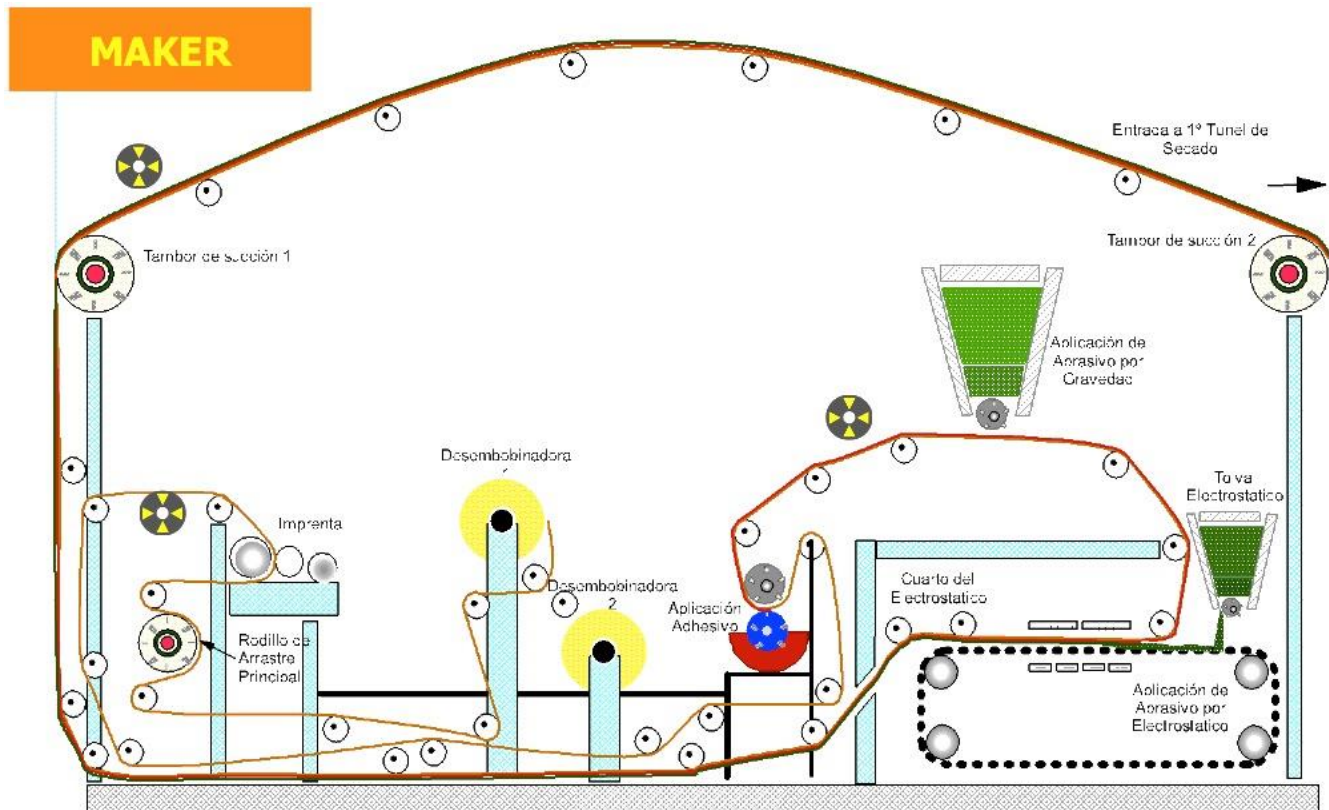
**Figura 1. Componentes de un abrasivo revestido.**

La Figura 1 muestra de manera sencilla cada uno de los cuatro componentes que componen a una lija producida en la empresa Fandeli. Cabe mencionar que hay muchos tipos de cada uno de los cuatro componentes (dorso, adhesivo Maker, abrasivo, adhesivo Sizer), lo que genera una gran variedad de lijas.





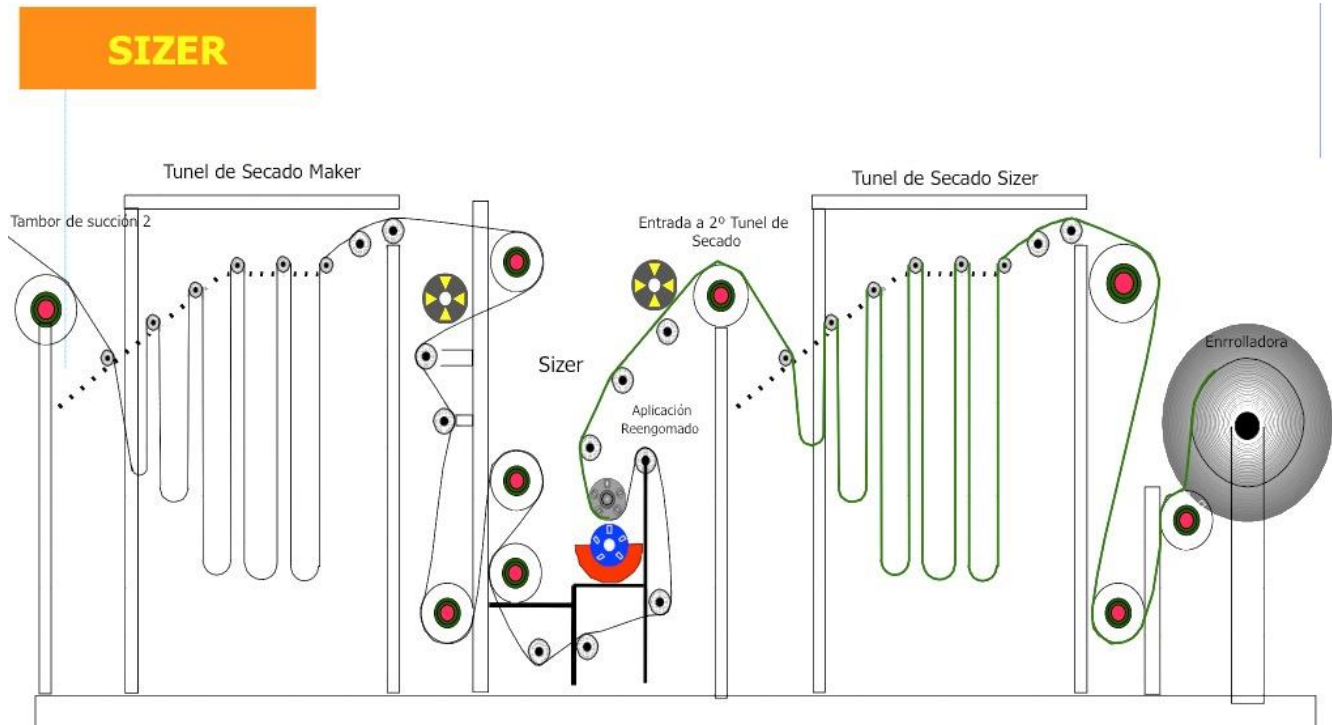
## Proceso Maker



**Figura 2. Proceso de producción (Maker).**

Siguiendo la línea café se puede ver todo el proceso de producción de la parte de Maker; desbobbinado, imprenta, aplicación de adhesivo, aplicación de abrasivo, túnel de secado. Los puntos de inspección son los círculos amarillos con negro. La inspección se hace por un sistema de radiación gama y está se traduce a peso del producto por metro cuadrado.

## ❖ Proceso Sizer



**Figura 3. Proceso de producción (Sizer).**

De la misma forma que la imagen previa, siguiendo la línea gris que empieza del lado izquierdo y se convierte en verde del lado derecho, se puede ver el recorrido del producto durante el proceso de producción en la parte de Sizer.

Dicho proceso contiene la salida del túnel de secado Maker, aplicación de reengomado, túnel de secado Sizer y embobinado.

Los puntos de inspección son de igual forma los círculos color negro y amarillo.

❖ Diagrama de Operaciones

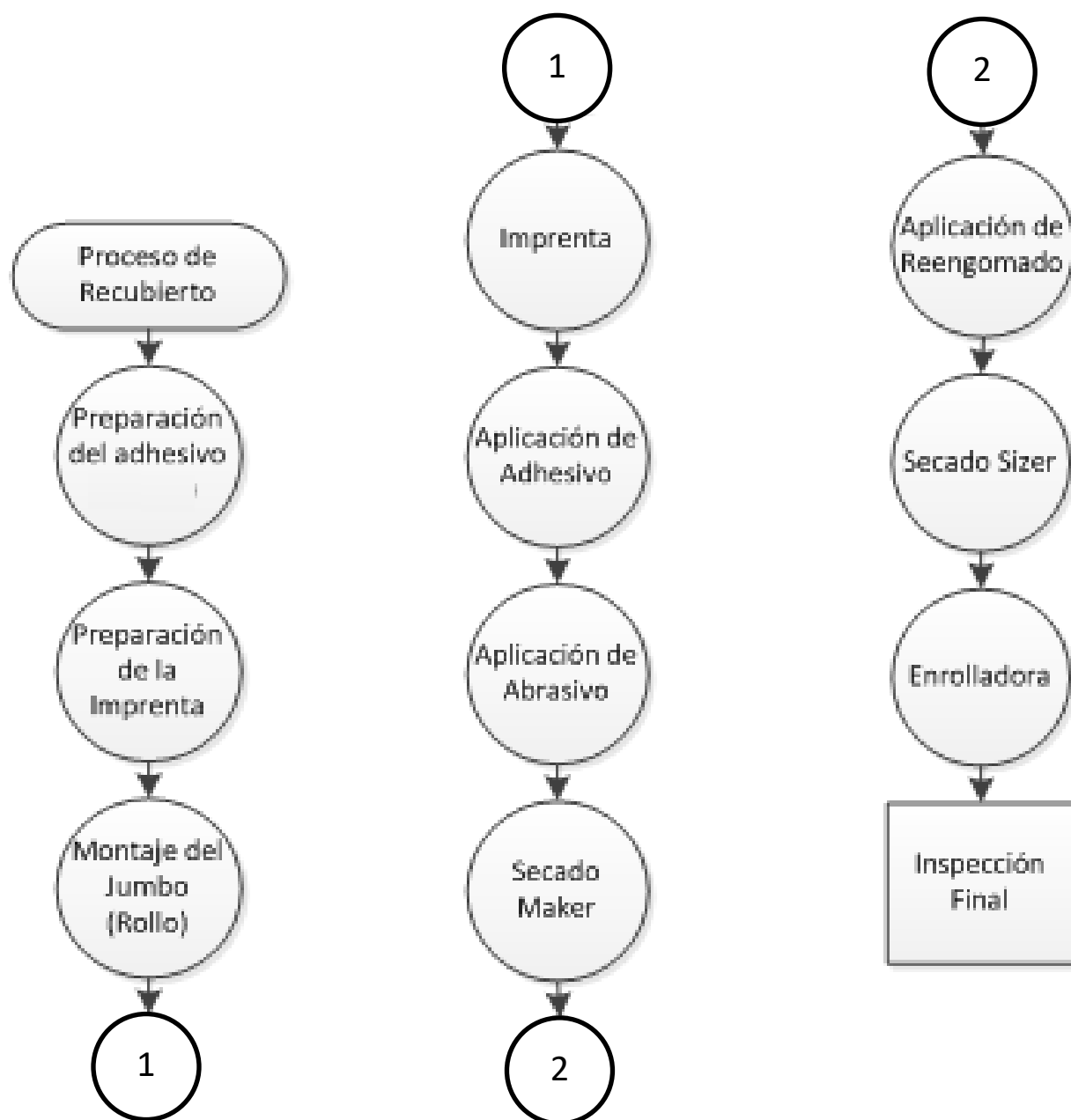


Figura 4. Diagrama de Operaciones del Proceso de producción de la Lija.

## ❖ Variables

A continuación se mostraran las variables del proceso, ordenadas por operación, que puedan afectar en la fabricación de una lija:

### ✓ Preparación de adhesivo (Maker o Sizer):

1. Cantidad de resina
2. Cantidad de componentes
3. Orden y tiempo de adición
4. Velocidad de agitación
5. Tiempo de preparación
6. Temperatura de preparación
7. Separación entre el Hi-sher (agitador) y el fondo de la paila
8. Viscosidad
9. % sólidos
10. Dispersión
11. Color

Estas variables son las mismas para la preparación de adhesivo de Maker y Sizer, ya que las mezclas no contienen los mismos componentes de acuerdo a la especificación de cada línea grado y deben de cumplir con estos parámetros para obtener una adhesión perfecta en el proceso de fabricación de la lija, así como un secado adecuado.

### ✓ Preparación de imprenta.

1. Manga
2. Tipo de Cyreles
3. Ancho de Cyreles
4. Largo de Cyreles
5. Número de Cyreles
6. Acomodo (Colocar el dorso en el lado correcto)

- ✓ Montaje del jumbo.
  - 1. Tipo de dorso
  - 2. Lado verde (Imprenta)
  - 3. Lado negro (Aplicación)
  - 4. Ancho dorso
  
- ✓ Aplicación de adhesivo (Maker).
  - 1. Peso Dorso
  - 2. Velocidad de Máquina
  - 3. Temperatura Calandria
  - 4. % Sólidos
  - 5. Color
  - 6. Dureza de Rodillo (shore A)
  - 7. Presión de Rodillo
  - 8. Velocidad Rodillo Hule (rpm)
  - 9. Velocidad Rodillo Fierro (rpm)
  - 10. Tensiones
  - 11.  $\Phi$  Barra Es spreadora
  - 12. Velocidad de Barra Es spreadora
  - 13. Sentido de Giro de la Barra Es spreadora
  - 14. Mylard (Líneas - Grado 24 a 80)

Cuando estamos aplicando el adhesivo, es muy importante mantener la temperatura que está especificada tanto de la paila como la calandria, para no tener variación en las viscosidades.

- ✓ Aplicación de abrasivo.
  - 1. Peso de Engomado
  - 2. Velocidad de Máquina

3. KV
4. Hz
5. mA
6. Separación Placas
7. % Humedad
8. Temperatura
9. Cantidad de Grano sobre la Banda, que incluye las siguientes variables: Velocidad de Rodillo, Abertura de Cuchilla, Altura de Caída de Grano, Calibre de Alambre, Tamaño de Grano, Velocidad de Banda, Cantidad de Grano en Tolva

Es importante mencionar que cuando se empieza la fabricación de las lijas, siempre se empieza del grado más fino y terminan con el grado más grueso. Esto es para que a lo largo del proceso las lijas finas no se contaminen con un abrasivo más grande que pueda rayar al momento del desbaste.

- ✓ Túnel de secado (Maker).
  1. Peso Húmedo (Dorso + Adhesivo + Abrasivo)
  2. Velocidad de Máquina
  3. Velocidad de Cadena
  4. Espaciamiento de Onda
  5. Longitud de Onda
  6. Temperatura de Túneles
  7. Condiciones de Túneles (Aire Fresco, Aire Recirculado, Presión)
- ✓ Aplicación de reengomado.
  1. Peso Seco (Dorso + Adhesivo + Abrasivo)
  2. Velocidad de Máquina
  3. Viscosidad
  4. % Sólidos
  5. Dispersión

6. Color
7. Temperatura Calandria
8. Dureza de Rodillo
9. Presión de Rodillo
10. Velocidad Rodillo Hule
11. Velocidad Rodillo Fierro
12. Tensiones

✓ Túnel de secado (Sizer).

1. Peso Húmedo (Dorso + Adhesivo + Abrasivo + Reengomado)
2. Velocidad de Máquina
3. Velocidad de Cadena
4. Espaciamiento de Onda
5. Longitud de Onda
6. Temperatura de Túneles
7. Condiciones de Túneles (Aire Fresco, Aire Recirculado, Presión)

✓ Embobinado de producto.

1. Sentido de Embobinado (grano hacia adentro)
2. Velocidad de Cadena
3. Diámetro de Centro Metálico
4. Velocidad de Embobinado
5. Metraje de Embobinado

❖ Justificación de línea

No.	Clasificación	Línea	NDC	Reclamaciones
1	AA	A-99	136	↓
2	B	R-98	126	↓
3	A	K-61	146	↓
4	C	B080	281	↓
5	D	S-20	165	↓
6	A	A080	258	↓
7	B	E-83	198	↓
8	A	G-88	282	↓
9	A	S-18	134	→
10	D	E-93	58	→
11	A	X-88	94	→
12	D	S-99	66	→
13	A	X-86	70	→
14	A	X088	34	→
15	A	A090	96	→
16	A	W-98	96	→
17	B	R-88	154	→
18	A	J-86	115	→
19	D	S-19	71	→
20	AA	C-99	117	↑
21	A	B-99	100	↑
22	A	J-73	11	↑
23	A	E080	124	↑
24	A	R-13	53	↑
25	A	Y088	120	↑
26	B	Y-98	86	↑
27	D	E088	102	↑
28	D	H-98	146	↑
29	D	JF88	67	↑
30		XR88	13	↑

**Tabla 2. Semáforo de Reclamaciones.**

Se puede observar que la línea G-88 está ubicada en la octava posición de la tabla en base al sistema de semáforos. Cuenta con un indicador de semáforos rojo, lo que quiere decir que tiene tres o más veces índices de habilidad por debajo de uno.

El semáforo en amarillo significa que tiene dos índices de habilidad por debajo de uno y cuando el semáforo es verde es cuando tiene todos sus índices de habilidades mayores a uno.



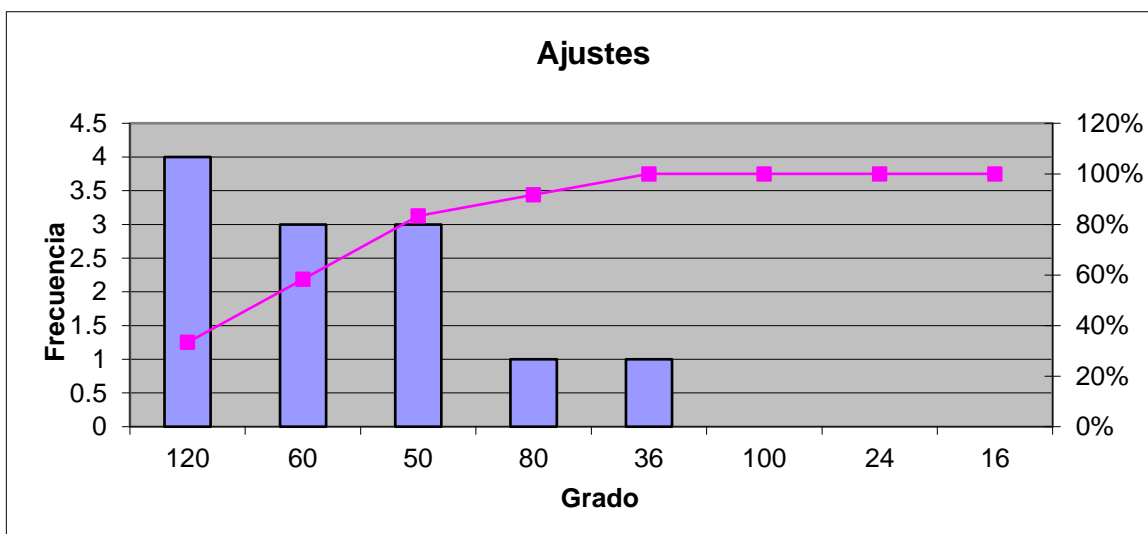
### ❖ Justificación de grado

En base a los siguientes criterios se seleccionará el grado más defectivo de la línea G-88. Como se puede observar para Fandeli lo más importante es el cliente y por esa razón los criterios con mayor peso son: reclamaciones, quejas y pruebas mecánicas.

DEMÉRITO	%	Grado de Abrasivo
NC	15%	36
RECLAMACIONES	20%	36
QUEJAS	20%	36
PBAS MECANICAS	20%	36,16
HABILIDADES	15%	60
AJUSTES	10%	120

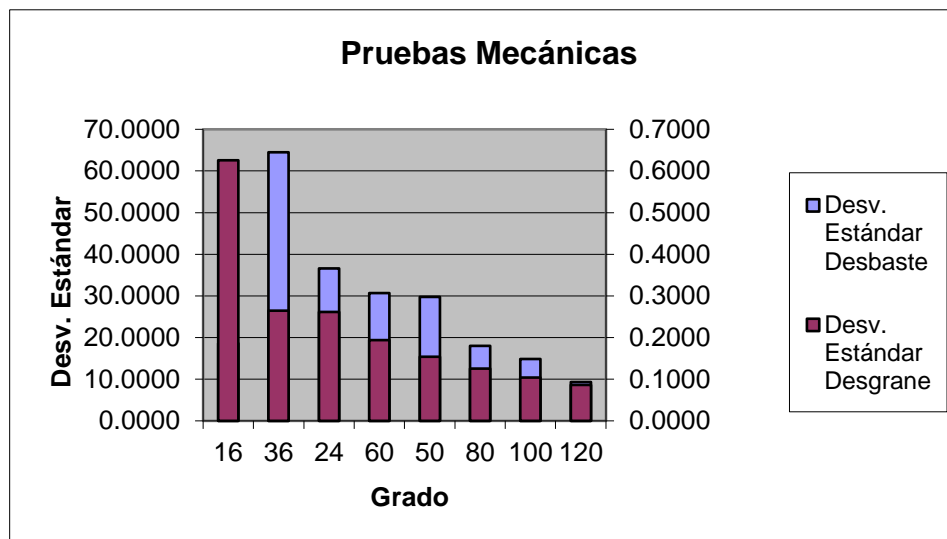
**Tabla 3. Ponderación Deméritos y Grado Resultante.**

**Nota:** Todas las gráficas abarcan del periodo 2010 al 2012. Además de que sólo se están tomando datos referentes al área de recubierto.



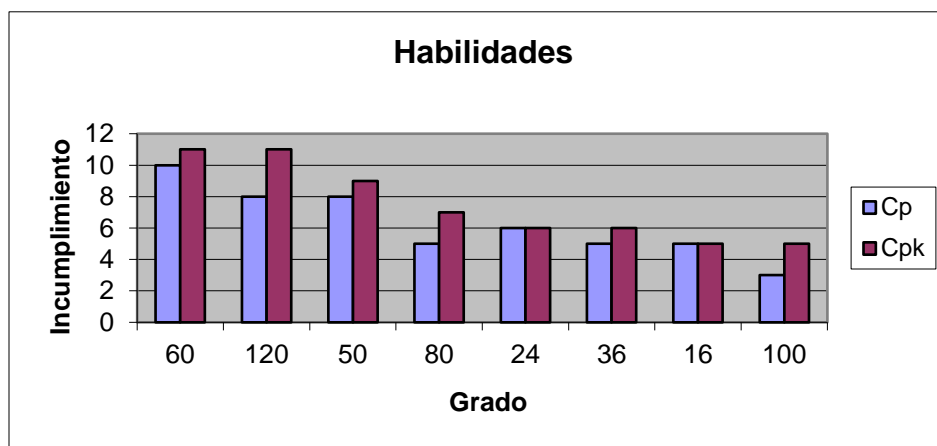
**Gráfica 4. Pareto Ajustes**

Con ajustes nos referimos a cuántas veces se tuvo que modificar el proceso mientras este se llevaba a cabo para operar con las condiciones necesarias.



**Gráfica 5. Histograma Pruebas Mecánicas**

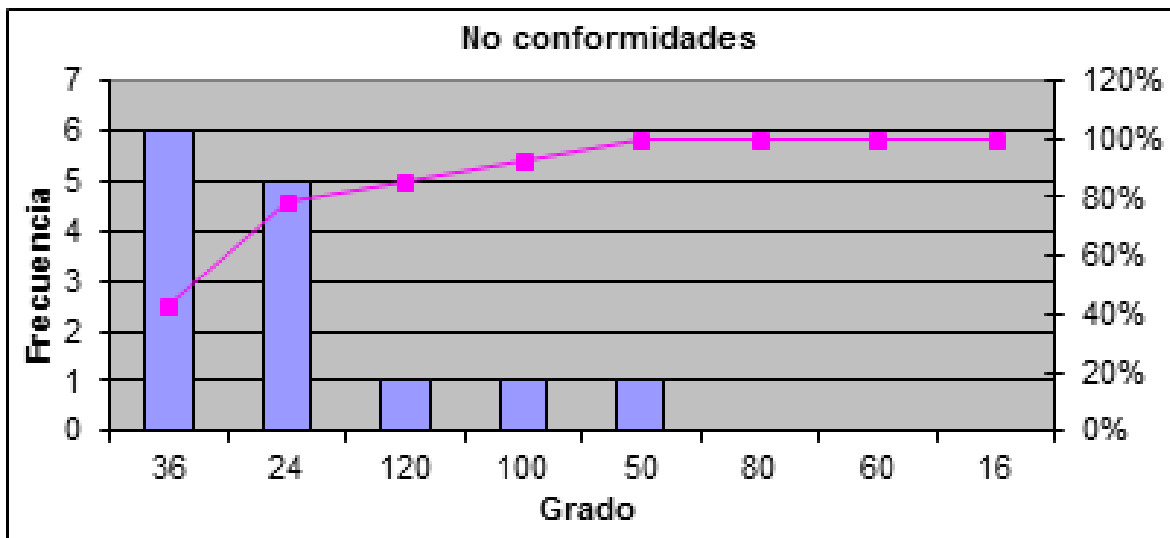
Cuando Fandeli lleva a cabo pruebas mecánicas en sus productos, los dos criterios importantes son: cuánto desbasta el producto y cuánto se desgrana el mismo. La gráfica de arriba muestra la variación en cada uno de estos rubros.



**Gráfica 6. Histograma Habilidades**

Durante el proceso de producción, Fandeli tiene 3 puntos de inspección de peso ya establecidos; dorso, dorso+ adhesivo, dorso + adhesivo + abrasivo.

Es importante aclarar en esta gráfica que lo que se está mostrando es la suma de las veces que el producto presentó un Cp ó Cpk por debajo de 1, en cualquiera de los puntos de inspección ya mencionados.

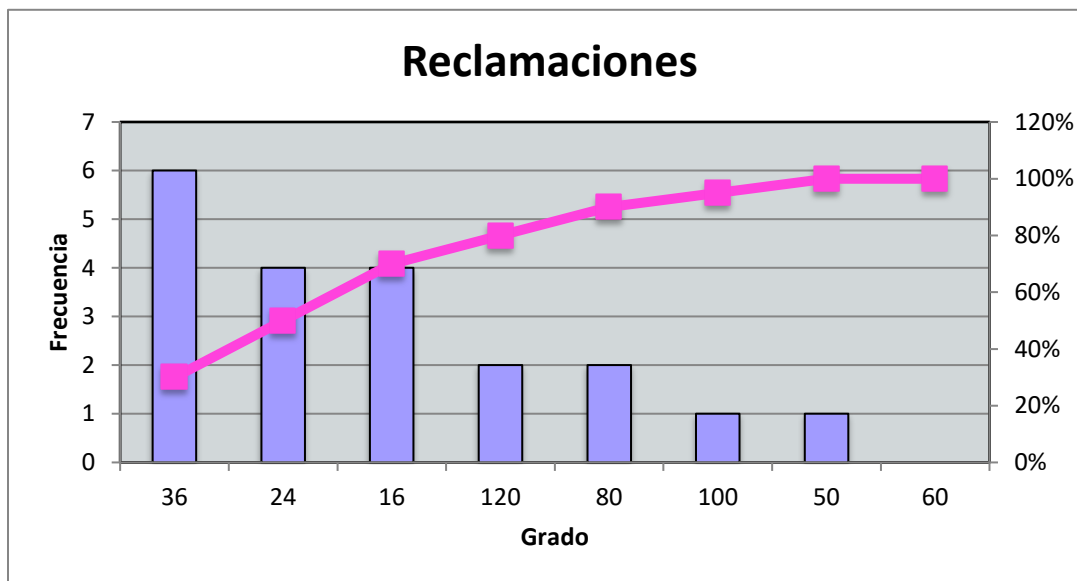


**Gráfica 7. Pareto No Conformidades**

No conformidades se refiere a las veces que el producto no cumplió con las especificaciones requeridas o con las pruebas mecánicas. Esta parte es interna por lo que no involucra al cliente.

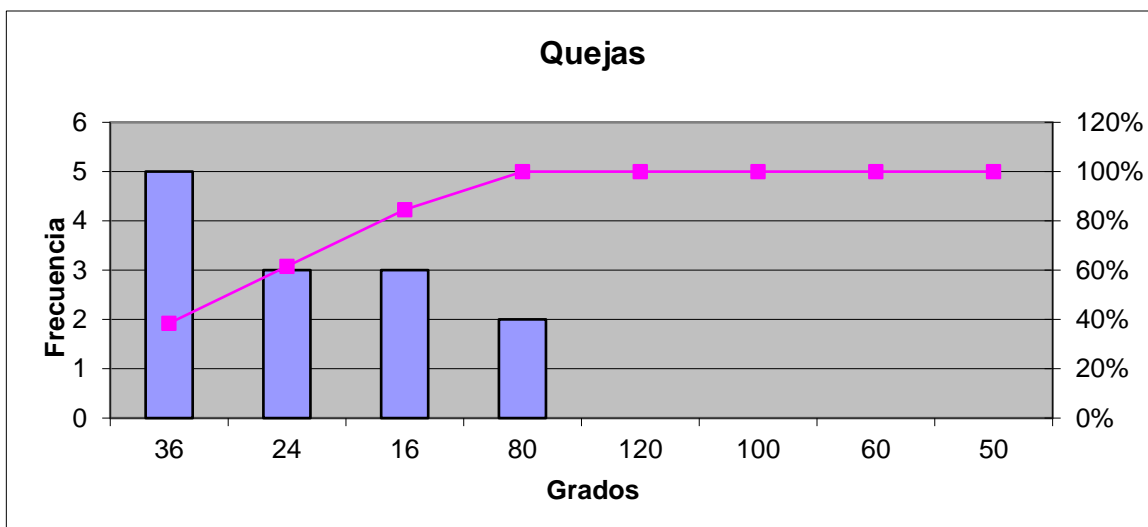
Las no conformidades más frecuentes pueden ser:

- ✓ Proyección de Abrasivo Irregular
- ✓ Falla de Imprenta
- ✓ Material Burbujeado
- ✓ Desgrane
- ✓ Material Contaminado
- ✓ Ondas Pegadas



**Gráfica 8. Pareto Reclamaciones**

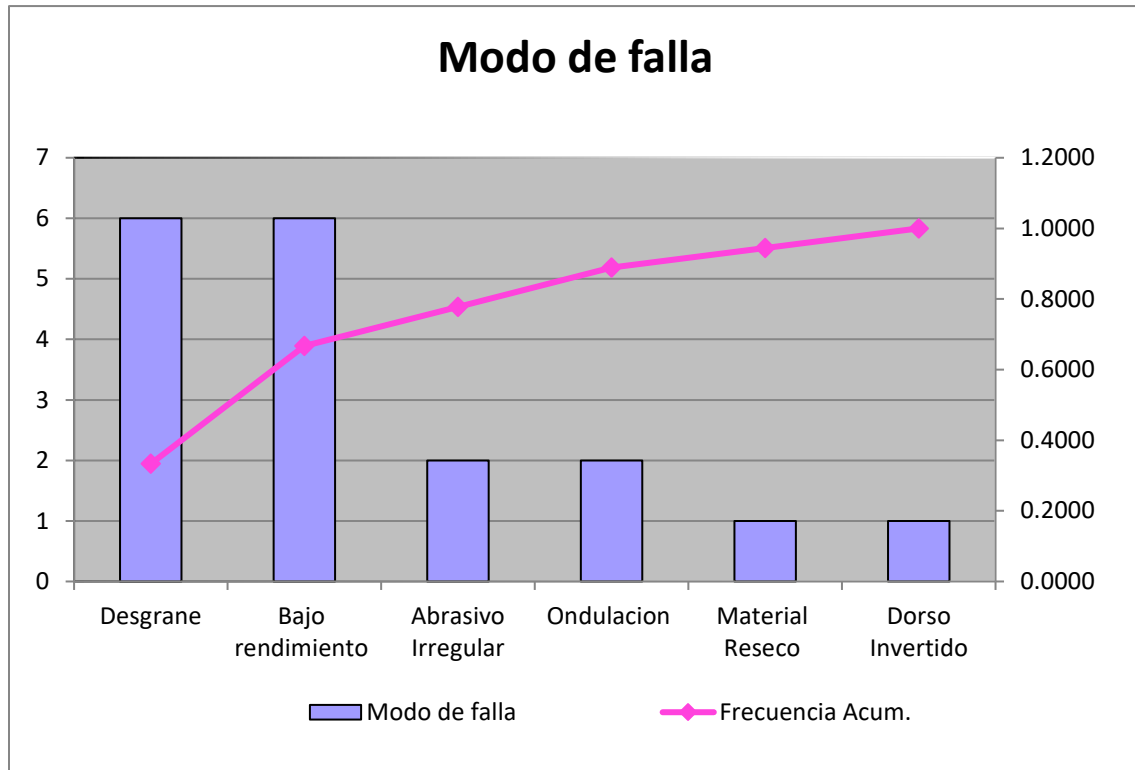
Esta gráfica muestra las quejas de los clientes a las que se les está dando seguimiento. Ya que las quejas están bien fundamentadas y Fandeli debe de hacerse responsable de sus productos no conformes.



**Gráfica 9. Pareto Quejas**

Quejas es cuando el cliente reclama el producto, pero sus argumentos no están bien fundamentados. Entonces Fandeli les ofrece una asesoría para enseñarles como darles un buen uso a sus productos y un mejor rendimiento del mismo.

✓ **Principales modos de falla**



**Gráfica 10. Modos de Falla**

En base a las reclamaciones, quejas y no conformidades se clasificaron los modos de falla en estas seis categorías:

- ❖ Desgrane.
- ❖ Bajo rendimiento.
- ❖ Tamaño de abrasivo irregular.
- ❖ Ondulación.
- ❖ Material Reseco.
- ❖ Dorso Invertido

Nuestro principal modo de falla resultó ser desgrane y con la misma frecuencia también el bajo rendimiento.

### ✓ Análisis 5W + 2H

Es una herramienta que nos permite describir de manera clara un hecho mediante la contestación a siete interrogantes básicas 5W+2H (por sus iniciales en ingles):

	Pregunta	Descripción
Tema	What - <i>Qué</i>	Qué sucede Qué estamos haciendo
Secuencia	When - <i>Cuándo</i>	En qué momento del día o del proceso
Ubicación	Where – <i>Dónde</i>	Dónde está viendo los problemas
Personas	Who - <i>Quién</i>	Relación con las habilidades de las personas
Método	How - <i>Cómo</i>	Cómo se diferencia del estado normal
Cantidad	How many - <i>Cuántos</i>	En un día, en una semana, en un mes
Causa	Why – <i>Por qué</i>	Causas posibles

Tabla 4. Significado de las Preguntas.

#### ¿Qué?

- En base al análisis de modo de falla que se llevó a cabo, se determinó que los clientes frecuentemente se quejan del desgrane del producto.

#### ¿Cuándo?

- El desgrane se origina en diferentes puntos del proceso de producción:
  - Preparación de adhesivo (Maker).
  - Aplicación de adhesivo (Maker).
  - Aplicación de abrasivo.
  - Túnel de secado (Maker).

- Preparación de adhesivo (Sizer).
- Aplicación de reengomado.
- Túnel de secado (Sizer).

Por parte de No Conformidades, hemos presentado desgrane los días:

10 de febrero del 2011

01 de septiembre del 2011

24 de octubre del 2011

Por parte de los Clientes que han presentado Reclamaciones y Quejas con respecto a desgrane son los siguientes días:

- ✓ 30 de julio del 2010 por Oxígeno y Equipos de Tecate, S.A. De C.V.
- ✓ 5 de mayo del 2011 Oxígeno y Equipos de Tecate, S.A. De C.V.

#### ¿Dónde?

- El desgrane se puede observar en el proceso de producción debido a que las máquinas no están calibradas para la producción de esa línea (posible causa), puede ocurrir cuando no están fabricando bajo la especificación o condiciones requeridas (posible causa).

#### ¿Quién?

- Dentro del departamento de Recubierto, se ha observado 3 veces que el producto tiene desgrane.
- Los clientes que más se quejan de que se desgrana su producto son los siguientes:
  - ✓ Oxígeno y Equipos de Tecate, S.A. De C.V
  - ✓ Abrasivos Industriales de la Frontera.

### ¿Cómo?

- Las fallas pueden originarse a partir de las 6 M's. Las más importantes a analizar son Método, Mano de Obra y Máquina. Ya que en estas tres M's estamos teniendo problemas con el principal modo de falla (desgrane).

### ¿Cuánto?

La siguiente tabla muestra la información referente a la cantidad de piezas con el principal modo de falla y sus respectivos clientes:

FECHA	CLIENTE	TIIFICACIÓN	CANT. DE FALLA	MTS/PZAS
10-feb-11	No Conformidades	Desgrane	24345	piezas
01-sep-11	No Conformidades	Desgrane	50	metros
24-oct-11	No Conformidades	Desgrane	161	metros
30-jul-10	OXIGENO Y EQUIPOS DE TECATE, SA DE CV	Desgrane	25	piezas
05-may-11	ABRASIVOS INDUSTRIALES DE LA FRONTERA	Desgrane	8	piezas

**Tabla 5. Cantidad de Falla.**

### ¿Por qué?

El desgrane es el desprendimiento del recubierto desde la base.

Las causas del modo de falla por operación se mencionarán en el documento AMEF.



## ❖ AMEF del Desgrane y del Bajo Rendimiento

### AMEF:

- Es una metodología que permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para las fallas que vulnerar más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para atenderlas.
- El AMEF permite identificar, caracterizar y asignar una prioridad a las fallas potenciales de un proceso o producto.

Modo potencial de falla: es la manera en la que el proceso (sistema, componente) puede fallar en el cumplimiento de requerimientos.

Efecto(s) de la falla potencial: se definen como los efectos del modo de falla. Este efecto negativo puede darse en el proceso mismo, sobre una operación posterior o sobre el cliente final.

Operación	Modo de Falla Potencial	Efecto (s) Potencial (es) de la Falla	Causa (s) Potencial (es) de la Falla
Preparación de Mezcla Engomado	Mezcla con Diferente Viscosidad	Cantidad Diferente de Adhesivo Seco aplicado Falta de Control en la Cantidad de Aplicación Desgrane, Bajo rendimiento	Especificación con información errónea
			Calculo Incorrecto de Componentes
			Falla en el control de la temperatura de la paila
			Programación inadecuada del control de temperatura
			Diferencia de lectura de los Equipos de Medición (Termometro de vidrio y Panel de control)
			El operador no realizó la medición correctamente
	Mezcla con % de solidos erróneos	Producto con Alto Desgrane y Baja Funcionalidad	Resina con Viscosidad diferente a la Especificada
			Temperatura de calandria no uniforme.
			Orden de Adición de Componentes incorrecta
Aplicación de Engomado	Cantidad Baja (Falta de adhesión)	Falta de anclaje (desgrane)	Omisión de la Adición de Catalizador
			Cantidad de Catalizador Menor a lo Especificado
			Mezcla fuera de Parámetros (Viscosidad, temperatura)
			Velocidad de Máquina mayor a la Especificada
			Sistema de Medición (NDC) Desajustado
			Variación de Peso Engomado por falta de habilidad Operativa
			Perfil de Cuchilla Inadecuado para la aplicación (Radio del Filo)
			Angulo de Aplicación inadecuado
			Depresión de Rodillo Dispositivo de cuchilla inadecuado
			Exceso de Tensiones en la aplicación

Tolva de Gravedad y Electrostática	Peso Bajo de Grano	Producto con funcionalidad diferente a la Especificada (bajo corte y Desgrane)	Mal Ajuste de Cuchilla en Tolva electro
			Velocidad baja de Rodillo Distribuidor
			Mal Ajuste de Alambre de Rodillo Distribuidor y Calibre inadecuado
			Falta de Grano en Tolva
			Sistema de Medición (NDC) Desajustado
			Valor Bajo de Kv
			Velocidad alta de Banda
			Separación de Placas Inadecuada
			Cantidad Inadecuada de grano en Banda
			Cantidad Inadecuada de Humedad Relativa en Cuarto Electro
			Temperatura Inadecuada en Cuarto Electro
			Lote de Abrasivo con Baja Proyección
			Área de Proyección Inadecuada (Placas)
	Peso no homogéneo de Grano a lo Ancho	Funcionalidad Variable a lo ancho del Producto (Corte, Desgrane y/o Acabado)	Falla en el Ajuste de Empaque del Rodillo Distribuidor
			Contaminación (Basuras) depositada en tolva y cuchilla (Uso de Malla)
			Mal Ajuste de Cuchilla en Tolva electro
			Falta de Grano en Tolva (falta de Homogeneidad)
			Falla en Mecanismo de Apertura y Cierre de Cuchilla Tolva
			Desgaste No Uniforme de Rodillo distribuidor
			Contaminación por grados gruesos
			Malla de Caída Inadecuada
			Lote de Abrasivo con Baja Proyección
			Exceso de Humedad en el Abrasivo
			Exceso de recirculación en Banda (Mineral con Resina)
Secado Engomado	Secado inadecuado	Producto con bajo corte (desbaste) remoción de mineral (desgrane)	Temperaturas y tiempo de secado diferentes a lo especificado (variación de maquina)
			Temperaturas y tiempo de secado diferentes a lo especificado (carga de datos incorrecta)
			Condiciones de flujo de aire (rpm: extracción, recirculación y vacío)
	Producto Fresco a la llegada de Sizer	Producto con Alto Desgrane y Baja Funcionalidad	Omisión de la adición de catalizador
Aplicación de Reengomado	Aplicación No Homogénea a lo ancho	Funcionalidad Variable a lo ancho del Producto (Corte, Desgrane y/o Acabado) Apariencia	Cantidad de catalizador menor a lo especificado
			Rodillo de aplicación mal rectificado
			Mezcla fuera de Parámetros (Viscosidad, sólidos, temperatura)
			Temperatura de Mezcla No Homogénea en Calandria
			Contaminación por falta de limpieza de Paila, Calandria y Mangueras
			Aplicación variable por falta de control de personal operativo
			Contaminación de Mezcla por desprendimiento de abrasivo en calandria.
	Cantidad Baja (Falta de adhesión)	Producto con funcionalidad diferente a la Especificada (Bajo corte y desgrane)	Falta de Tensiones en la aplicación
			Mezcla fuera de Parámetros (Viscosidad, sólidos, temperatura)
			Dureza de rodillo de aplicación mayor a la requerida
			Velocidad de Máquina mayor a la Especificada
			Sistema de Medición (NDC) Desajustado
			Calibración de apertura de rodillos errónea
			Variación de aplicación por falta de habilidad Operativa
			Falta de Tensiones en la aplicación
Secado Reengomado	Secado inadecuado (curado)	Producto con bajo corte (desbaste) remoción de mineral (desgrane)	Temperaturas y tiempo de secado diferentes a lo especificado (variación de maquina)
			Temperaturas y tiempo de secado diferentes a lo especificado (carga de datos incorrecta)
			Condiciones de flujo de aire (rpm: extracción, recirculación y vacío)

**Tabla 6. AMEF del Desgrane y Bajo Rendimiento**

## ❖ Herramientas y Procedimiento para Acotar Variables

### Lluvia de Ideas

- Es una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre un tema.

### Procedimiento:

- ✓ Definir con claridad y precisión el tema o problema sobre el que se aporten ideas. Esto permitirá que el resto de la sesión sólo esté enfocada a ese punto y no se dé pie a la divagación en otros temas.
- ✓ Se nombra un moderador de la sesión, quien se encargará de coordinar la participación de los demás participantes.
- ✓ Cada participante en la sesión debe hacer una lista por escrito de ideas sobre el tema (una lista de posibles causas si se analiza un problema). La razón de que esta lista sea por escrito y no de manera oral es que así todos los miembros del grupo participan y se logra concentrar más la atención de los participantes en el objetivo.
- ✓ Los participantes se acomodan de preferencia en forma circular y se turnan para leer una IDEA de su lista cada vez. A medida que se leen las ideas, éstas se presentan visualmente a fin de que todos las vean. El proceso continúa hasta que se hayan leído todas las ideas de todas las listas. Ninguna idea debe tratarse como absurda o imposible, aun cuando se considere que unas sean causas de otras; la crítica y la anticipación de juicios tienden a limitar la creatividad del grupo, que es el objetivo en esta etapa. En otras palabras, es importante distinguir dos procesos de pensamiento: primero pensar en las posibles causas y después seleccionar la más importante. Realizar ambos procesos al mismo tiempo entorpecerá a ambos. Por eso, en esta etapa sólo se permite el diálogo para aclarar alguna idea señalada por un participante.

## CAUSAS

Baja cantidad de aplicación maker
Baja cantidad sizer
gelado)
genera desgrane)
Utilizar sobrantes de mezclas (Mezclas caducas)
Falta de calibración NDC
Menor tiempo de curado
Alto % de humedad en la fibra
Mayor tiempo de Secado
Sólidos bajos (mezclas) (maker/sizer)
Prueba mecánica mal ejecutada
Menor tiempo de secado
Procesos auxiliares con variantes (curado,flexado,humectado,ambiente)
Falta de secado zona 1B
Aplicación inadecuada del cliente
Mezclado NO Homogéneo del abrasivo
Granulometría diferente
Alta cantidad abrasivo
Falta filo cuchillas suaje (Área discos)
Aplicación de abrasivo no homogéneo (no está bien distribuido en la banda)
Deformación en la fibra
Falta de componentes en la preparación de mezclas
Alta temperatura zona 1A
Porcentaje de succión de los tambores

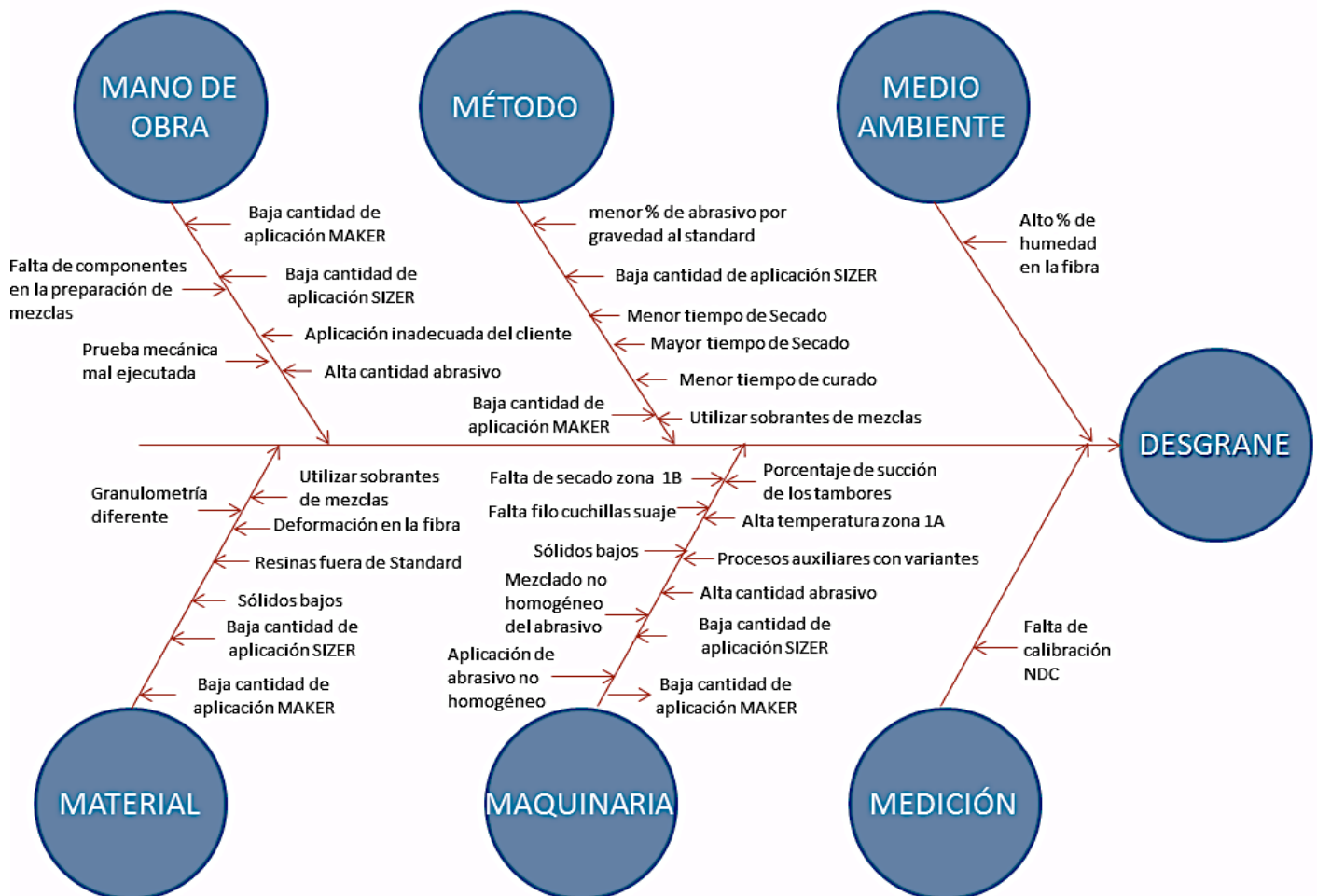
**Tabla 7. Causas TGN para Desgrane y Bajo Rendimiento.**

- ✓ Una vez leídos todos los puntos, el moderador le pregunta a cada persona, por turnos, si tiene comentarios adicionales. Este proceso continúa hasta que se agoten las ideas. Ahora se tiene una lista básica de ideas acerca del problema o tema. Si el propósito era generar estas ideas, aquí termina la sesión; pero si se trata de profundizar aun más la búsqueda y encontrar las ideas principales, entonces se deberá hacer un análisis de las mismas con las siguientes actividades.
- ✓ Agrupar las causas por su similitud y representarlas en un DI. Este proceso de agrupación permitirá clarificar y estratificar las ideas, así como tener una mejor visión de conjunto y generar nuevas opciones.
- ✓ Una vez realizado el DI se analiza si se ha omitido alguna idea o causa importante; para ello, se pregunta si hay alguna otra causa adicional en cada rama principal, y de ser así, se agrega.

### Diagrama de Ishikawa (DI):

Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con sus posibles causas

- La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuales son las verdaderas causas.



**Figura 5. Condiciones de cada orden de trabajo**

- Existen 3 tipos básicos de DI, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica: Método de las 6 M, Método tipo flujo del proceso, Método de estratificación o enumeración de causas. El DI aplicado para nuestro proyecto fue el de las 6M.



### Método de las 6 M

- ✓ Método de construcción de un DI, en donde se agrupan las causas potenciales de acuerdo con las 6 M.
- ✓ Las 6M son los elementos que determinan de manera global todo proceso y cada uno aporta algo de la variabilidad y de la calidad de la salida del proceso.
- ✓ El resultado de todo proceso se debe a la acción conjunta de las 6 M, por lo que si hay un cambio accidental u ocasionado, su razón se encuentra en una o más de las 6 M.

Utilizando el DI, logramos mostrarle al equipo de expertos de Fandeli las causas de forma que fuera fácil dirigir la atención a las causas principales y se facilitara el análisis de las mismas.

- ✓ A continuación se inicia una discusión abierta y respetuosa dirigida a centrar la atención en las causas principales. El objetivo es argumentar en favor de y no descartar opciones. Las causas que reciban más mención o atención en la discusión se pueden señalar en el DI resaltándolas de alguna manera.
- ✓ Elegir las causas o ideas más importantes de entre las que el grupo ha destacado previamente. Para ello se tienen tres opciones: datos, consenso o por votación. Se recomienda esta última cuando no es posible recurrir a datos y en la sesión participan personas de distintos niveles jerárquicos, o cuando hay alguien de opiniones dominantes (nuestro equipo aplicó la **Técnica de Grupo Nominal** para realizar la votación, más adelante se explicará a detalle su aplicación). Se realiza una nueva discusión sobre éstas y después de ello una nueva votación para obtener las causas más importantes que el grupo se encargará de atender.
- ✓ Si la sesión está encaminada a resolver un problema, se debe buscar que en las futuras reuniones o sesiones se llegue a las acciones concretas que es necesario realizar, para lo cual se puede utilizar de nuevo la lluvia de ideas y el DI. Es importante dar énfasis a las acciones para no caer en el error o vicio de muchas reuniones de trabajo, donde sólo se debate los problemas pero no se acuerdan acciones para solucionarlos.

### Técnica de Grupo Nominal (TGN)

- Es una técnica donde el grupo expone de manera ordenada su consenso (votación) sobre algún tema o idea en específico.
- Separa por orden de importancia de un grupo de ideas aquellas que son más importantes.
- Puede aplicar el TGN para elegir las causas potenciales de un problema más probables a demostrar o alternativa de solución más viable.
- Una vez separadas las ideas más importantes podremos enfocarnos de manera particular a las elegidas.

### Procedimiento

- Liste las ideas que se someterán a juicio.
- Indique por participante el valor o importancia que le atribuye a cada idea; puede utilizar la siguiente escala:
  - Valor 10 = Es la mejor idea, la mayor causa potencial o alternativa óptima.
  - Valor 7.5 = Tiene una relación considerable, podría ser una causa.
  - Valor 5 = Idea regular, causa o alternativa medianamente factible.
  - Valor 2.5 = Idea menos favorable, poco comprobable o nula, tiene poca relación.
  - Valor 0 = No tiene relación alguna con la causa principal
- Calcule la importancia de la idea en base a los resultados de la votación. Cuando exista duda sobre el criterio de importancia de las causas utilice la moda o el promedio para discernir entre las alternativas.

SISTEMA DE CALIFICACIÓN DE CAUSAS

PROBLEMA: Desgrane y Bajo rendimiento G-88 grado 36														
		Jose Juan Sanchez (Control de piso)	Joaquin Arenas Rios	Luis Benigno Paredes J. (operador Maker)	Alejandro Gallegos (operador NDC)	Edgar Meneses (Ing. procesos)	Ismael Rincon (Facilitador Operaciones)	Ismael Rincon (Facilitador Operaciones)	Jose Alfredo Vargas	Joaquin Nava Valenzuela	ALBERTO GONZALEZ	Esteban Torres Bahena	Saul Flores Castillo	
No.		Votación	Votación	Votación	Votación	Votación	Votación	Votación	Votación	Votación	Votación	Votación	Votación	
1	Baja cantidad de aplicación maker	7.5	10	7.5	7.5	10	10	10	7.5	7.5	10	7.5	10	105
3	Baja cantidad sizer	7.5	10	10	2.5	5	7.5	7.5	7.5	2.5	7.5	7.5	10	85
9	gelado)	7.5	2.5	7.5	7.5	7.5	10	7.5	2.5	5	7.5	2.5	7.5	76
21	genera desgrane)	7.5	10	7.5	7.5	7.5	5	7.5	2.5	5	5	5	5	75
15	Utilizar sobrantes de mezclas (Mezclas caducas)	5	10	10	5	7.5	10	7.5	2.5	5	5	0	5	72.5
11	Falta de calibración NDC	2.5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	0	2.5	70
10	Menor tiempo de curado	5	2.5	5	7.5	7.5	0	2.5	7.5	10	7.5	5	7.5	67.5
23	Alto % de humedad en la fibra	2.5	7.5	10	5	7.5	10	7.5	2.5	5	2.5	5	2.5	67.5
6	Mayor tiempo de Secado	5	7.5	0	2.5	5	7.5	10	7.5	2.5	2.5	10	5	65
8	Sólidos bajos (mezclas) (maker/sizer)	7.5	7.5	7.5	2.5	7.5	10	7.5	0	5	2.5	0	7.5	65
19	Prueba mecánica mal ejecutada	5	10	7.5	2.5	5	7.5	5	5	5	7.5	0	2.5	62.5
7	Menor tiempo de secado	2.5	2.5	5	7.5	7.5	7.5	7.5	2.5	5	7.5	0	7.5	60
14	Procesos auxiliares con variantes (curado,flexado,humectado,ambiente)	2.5	7.5	7.5	5	5	7.5	2.5	7.5	0	5	5	5	60
2	Falta de secado zona 1B	7.5	2.5	0	5	7.5	5	7.5	2.5	5	7.5	0	7.5	57.5
16	Aplicación inadecuada del cliente	5	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	0	5	0	0	2.5	57.5
20	Mezclado NO Homogéneo del abrasivo	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	2.5	2.5	0	0	5	57.5
24	Granulometría diferente	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	5	5	0	5	2.5	0	2.5	57.5
4	Alta cantidad abrasivo	5	0	5	5	7.5	7.5	5	5	7.5	2.5	2.5	2.5	55
18	Falta filo cuchillas suaje (Area discos)	2.5	7.5	7.5	2.5	5	10	5	2.5	0	7.5	2.5	2.5	55
22	Aplicación de abrasivo no homogéneo (no está bien distribuido en la banda)	7.5	2.5	7.5	7.5	7.5	5	5	2.5	2.5	2.5	0	5	55
12	Deformación en la fibra	0	5	7.5	2.5	7.5	10	5	2.5	2.5	5	0	2.5	50
17	Falta de componentes en la preparación de mezclas	2.5	0	7.5	2.5	2.5	10	7.5	2.5	7.5	5	0	2.5	50
5	Alta temperatura zona 1A	2.5	2.5	2.5	5	5	5	7.5	2.5	2.5	2.5	5	5	47.5
13	Porcentaje de succión de los tambores	0	2.5	0	2.5	5	2.5	0	0	0	0	0	0	12.5

Tabla 8. Resultados TGN

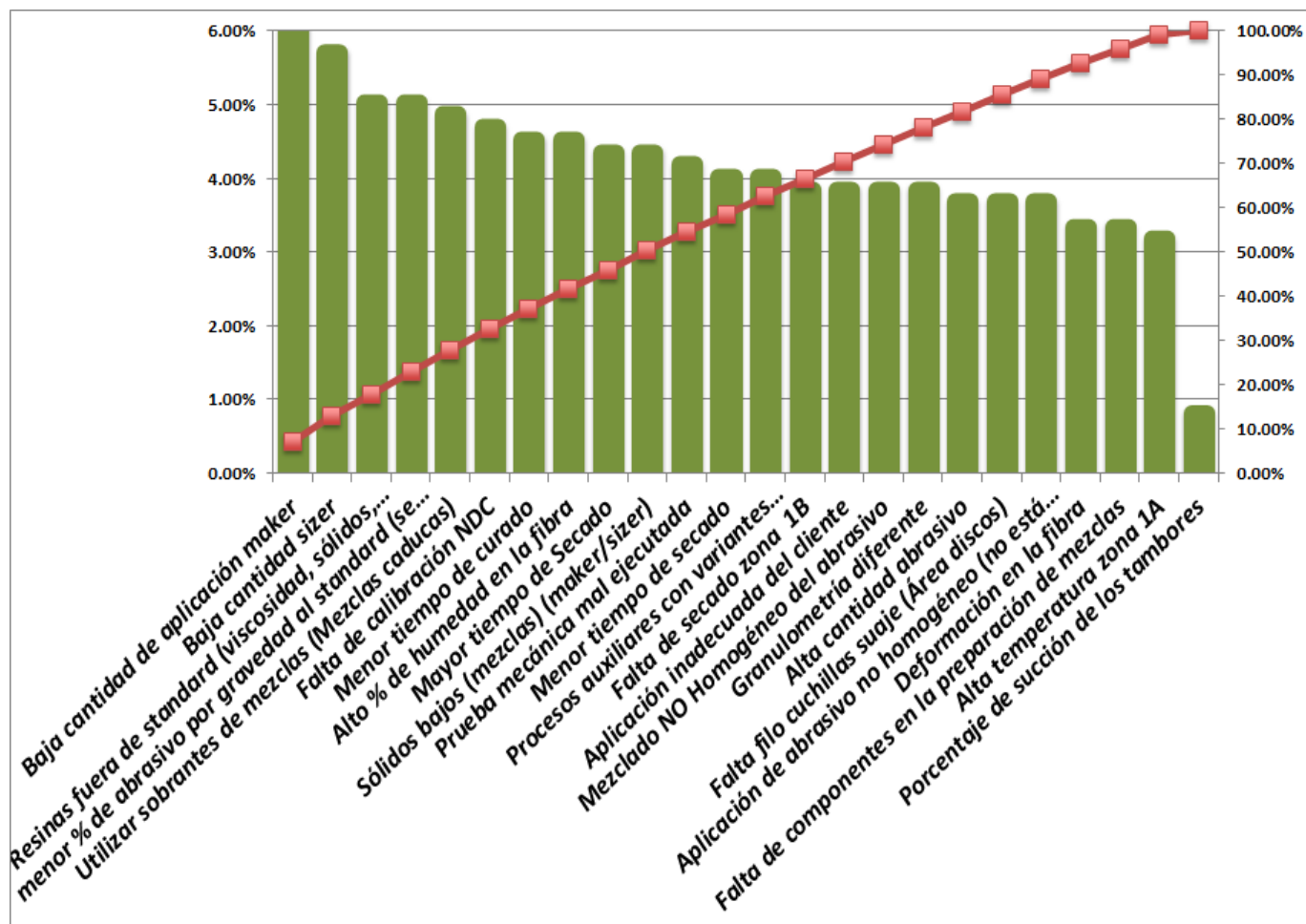
Las principales causas registradas por el TGN del desgrane y el bajo rendimiento fueron:

Baja cantidad de aplicación de adhesivo (Maker) Baja cantidad de aplicación de adhesivo (Sizer) Resinas fuera de standard

Estas causas generan el 17.85% de los efectos registrados en el proceso (que se asemeja al principio 80-20 de Pareto)

Criterios para votar	
0	Sin relación
2.5	Baja relación
5.0	Media relación
7.5	Alta relación
10	Muy alta relación





**Gráfica 11. Pareto TGN (Causas de desgrane y bajo rendimiento)**

En base a la información obtenida por la TGN, el siguiente paso de nuestra investigación se concentra en las primeras 3 causas (que generan aproximadamente el 80% de los resultados con el 20% de las causas).

Conociendo los resultados se procedió a investigar (con los datos de los lotes) si es verdadero que las primeras tres causas obtenidas propician el mayor efecto sobre el desgrane y el bajo rendimiento. Se realizó un análisis desde la tercera causa (resinas fuera de estándar) hasta la primera.

## ❖ Análisis estadístico de las causas acotadas

### Comprobación de Resinas fuera de estándar

Fandeli proporcionó la información de los sobres del NDC que contienen la información de los lotes de las resinas (sexta columna) que fueron utilizadas para la producción de la línea-grado G-88 36, y la información la relacionamos con los lotes de producción (WO) que coincidían con las hojas de los sobres.

Fecha de captura	WO	Resina	Fecha de Recepción	FECHA	LOTE	CANTIDAD (kg)	VISCOSIDAD (ps 7 - 12)	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> 1.23-1.26)	SOLIDOS % (70 - 78)	TOL. AGUA (% >154)	T. GELADO (min 11 -17)
09/01/2010	945933	C316	09/01/2010								
12/02/2010	957722	C316	12/02/2010	27/01/10	953993	1500	7.02	1.2386	75.05	452	14.38
05/03/2010	965694	C316	06/03/2010	08/02/10	956704	1460	7.06	1.2431	74.56	613	13.91
				10/02/10	959914	1460	9.04	1.2463	75.74	394	13.1
16/04/2010	979164										
22/04/2010	982524	C316	23/04/2010	19/04/10	980510	1450	8.64	1.2446	75.32	691	13.33
22/04/2010	982516	C316	23/04/2010	21/01/10	980511	1460	7	1.2431	73.83	858	14.88
14/05/2010	989983	C316	14/05/2010	23/04/10	983135	1490	7.32	1.2438	74.61	544	12.63
				26/04/10	983136	1500	8.58	1.2472	74.91	541	12.25
				02/07/10	1E+06	1500	7.46	1.2395	74.74	415	12.66
10/07/2010	1E+06	C316	10/07/2010	05/07/10	1E+06	1490	7.48	1.242	75.95	523	12.51
				05/07/10	1E+06	1490	7.6	1.2419	75.8	682	13
13/08/2010	1E+06	C316	13/08/2010								
				07/09/10	1E+06	1500	8.24	1.2426	74.92	500	12.6
15/10/2010	1E+06	C316	15/10/2010	28/09/10	1E+06	1460	8.62	1.2478	75.22	630	12.91
				28/09/10	1E+06	1450	7.54	1.2498	74.81	530	11.35
				04/10/10	1E+06	1500	7.16	1.2419	74.3	422	13.28
27/11/2010	1E+06	C316	29/11/2010	29/11/10	1E+06	1480	9.1	1.2446	75.91	441	13.9
				04/11/10	1E+06	1500	8.22	1.2463	75.16	578	13.55
04/12/2010	1E+06	C316FH	01/12/2010								
				24/10/11	75420	1480	7	1.2432	74.75	696	13.66
09/11/2011	82756	C316	11/11/2011	24/10/11	75422	1470	7.6	1.2447	74.64	596	14.16
				7/11/11	7628	6973	8.46	1.2466	73.09	281	12.26
				17/02/12	7803	6968	7.92	1.2452	73.21	303	12.33
01/03/2012	117711	C316FH	01/03/2012	27/02/12	7814	6878	7.9	1.2482	72.04	278	11.45
16/05/2012	146878	C316FH	17/05/2012	19/04/12	7899	6882	9.22	1.252	73.28	266	11.78
				11/06/12	153365	1450	7.38	1.2455	75.5	831	13.53
05/07/2012	163730	C316	05/07/2012	11/06/12	153366	1450	8.24	1.2464	75.97	725	13.1
				11/06/12	153367	1470	7.66	1.2423	75.47	770	13.16

**Tabla 9. Condiciones de lotes de resinas**

Con esta tabla pudimos comprobar que los valores de las variables de las resinas no se encuentran nunca fuera de especificación.

Por lo tanto, las resinas se encuentran dentro de la especificación y la causa queda descartada.

Para las otras dos primeras causas (Baja cantidad de aplicación Maker y Sizer) fue posible encontrar los lotes que contenían los productos que no pasaron las pruebas mecánicas:

WO	Desbaste	Desgrane	WO	Desbaste	Desgrane	WO	Desbaste	Desgrane
945933	234	0.6	1026679	166	0.7	101179	213	0.6
	258	0.9		182	0.5		199	0.7
	244	0.8		151	0.7		208	0.7
	237	0.8		136	0.9		174	0.9
	252	0.9		153	0.5		195	1.1
	198	1.1		151	0.7		157	0.9
957722	149	0.6		120	0.6		149	1.1
	196	0.6		161	0.9		185	1.1
	190	0.8		132	0.6		248	1.1
	239	0.7		112	0.8		196	1.1
	199	0.6		148	0.7	117711	213	0.8
965694	129	0.7	1047547	147	0.6		221	0.8
	147	0.3		160	0.6		227	0.9
	132	0.4		137	0.8		184	0.7
	179	0.4		151	0.5		239	0.6
	153	0.5		160	0.8		228	0.9
979164	156	0.6		118	0.5		162	0.9
	142	0.7		139	0.4	146878	228	0.9
	229	0.9		124	0.5		215	0.7
	125	0.6		127	0.6		212	0.7
	165	0.6		135	0.6		201	0.8
	179	0.5		159	0.8		198	0.8
	180	0.4		148	0.7		181	0.9
	205	0.3		126	0.8		183	0.9
	135	0.6		160	0.9		198	0.9
	123	0.6		133	0.7		193	1
				132	0.6		196	1
982516	213	0.5		163	0.8	163730	194	0.8
	185	0.5	1060504	151	0.4		229	0.9
	190	0.7		164	0.5		182	1
	184	0.5		165	0.5		245	1
	164	0.5					231	1.1
982524	183	0.7	82756	209	1		215	1.1
	220	0.8		174	0.8		213	1
	192	0.7		225	0.9		219	1.1
	177	0.7		206	1		227	1
989983	191	0.7		194	0.9		189	1.1
	165	0.8		206	1.1	184094	153	1.1
	142	0.9		221	1		201	1
	144	0.7		144	0.8		201	1
	163	0.9		161	0.7		182	1.1
1009774	133	1.1		160	0.6		179	1.1
	223	1.1					197	0.9
	209	1					179	1.1
	170	1.1					175	1.1
	140	0.9					178	0.6
	190	1.1					172	1.1
	191	1.1						
	166	1						

**Tabla 10. Órdenes de trabajo vs. Pruebas Mecánicas**

Estos 18 lotes se relacionaron con las condiciones registradas en los sobres de Fandeli (siguiente página). Las tablas de las condiciones que analizamos fueron las siguientes:



❖ Relaciones de datos históricos para la baja aplicación de Maker y Sizer

		FECHA		CONDICIONES DE SECADO												MAKER		SIZER	
				V.M	Z1A	Z1B	Z1B HR	2	3	4	5	6	7	8	9				
Presento Desgrane en PM	WO	ESPECIFICACION	9-11	70-90	80-100	N/A	55-75	60-70	60-70	75-85	75-85	75-85	85-95	N/A	80-100	N/A	Z1A .53-.57 Z1B .31-.35	Z2 .91-.95 Z3 .9 .51-.55	
	Si	945933	09/01/2010	10	81	94	65	66	64	75	81	80	92	N/A	92	N/A	0.54-0.34	0.94-0.54	
	No	957722	12/01/2010	10	82	91	N/A	66	65	64	76	81	81	90	N/A	91	N/A	0.56-0.34	
	No	965694	05/03/2010	10	80	94	N/A	61	65	65	75	80	82	90	N/A	90	N/A	0.55-0.33	
	No	979164	16/04/2010	10	83	95	N/A	65	65	65	74	80	82	85	N/A	85	N/A	0.55-0.33	
	No	982516	22/04/2010	10	80	91	N/A	66	65	64	76	81	81	80	N/A	91	N/A	0.56-0.34	
	No	982524	22/04/2010	10	82	91	N/A	66	65	64	75	81	80	80	N/A	91	N/A	0.56-0.34	
	No	989983	14/05/2010	10	80	95	N/A	65	65	66	75	80	89	89	N/A	95	N/A	0.55-0.33	
	Si	1009774	10/07/2010	10	80	95	N/A	65	65	65	76	80	80	88	N/A	91	N/A	0.56-0.34	
	No	1026679	13/08/2010	10	80	95	N/A	65	65	65	80	81	83	91	N/A	95	N/A	0.55-0.53	
	No	1047547	16/10/2010	10	83	93	N/A	65	65	65	80	80	81	92	N/A	95	N/A	0.55-0.34	
	No	1060504	27/11/2010	10	81	90	N/A								N/A		N/A	0.55-0.34	
	No	1062546	04/12/2010	10	81	90	N/A	65	65	65	80	80	80	90	N/A	90	N/A	0.55-0.53	
	Si	82756	10/11/2011	10	80	90	N/A	66	65	68	82	80	81	91	N/A	90	N/A	0.55-0.53	
	Si	101179	12/01/2012	10	82	93	N/A	64	65	66	80	83	85	90	N/A	95	N/A	0.55-0.53	
	No	117711	01/03/2012	10	80	93	N/A	65	65	66	80	78	80	85	N/A	93	N/A	0.55-0.53	
	No	146878	16/05/2012	10	80	90	N/A	65	65	65	80	80	81	90	N/A	91	N/A	0.55-0.33	
	Si	163730	05/07/2012	10	80	94	N/A	66	65	66	81	81	80	90	N/A	94	N/A	0.55-0.53	
	Si	184094	30/08/2012	10	80	93	N/A	65	64	65	80	80	81	90	N/A	95	N/A	0.55-0.33	

MAKER	SIZER	R.MAKER	R.SIZER	C/LA MAKER	Datos sobre PZCLA SIZER(Datos sobre Pa										ADHESIVO				ABRASIVO				REENGOMADO					
					SHOR	ASHOR	A TEM	VISC.	SOL.	%DIF	TEM	VISC.	SOL.	%DIF	PESO	CP	CPK	PESO	CP	CPK	PESO	CP	CPK	PESO	CP	CPK		
132-148	399-431	37-47	37-47	29-35	28-32	76-86	29-35	13-15	79-89						293	327			857	983			300	380				
140	412	43-44	35-36	30	30	81.71	0.81%	34	14	78.6	1%-						1.03	1.03		2.27	2.08				1.56	1.34		
		40-41	49-50	30	30	81.3	5%+	35	14	79.91	1%-						0.74	0.59		3.24	3.21				1.53	1.38		
140		40-41	47-50	30	30	80.31	0.80%	37	14	79.51	7%						0.73	0.67		2.08	1.89				1.01	0.89		
135	400	44-45	44-44														1.37	1.31		3.17	2.93				1.96	1.77		
140		44-45	43-44	31	32	81.59	2%-	36	14	81.1	8%+						2.64	2.62		3.42	3.29				2.64	2.58		
138	395	44-45	43-44	31	30	79.16	3%-	37	14	80.01	5%+						1.99	1.91		3.94	3.38				2.72	2.5		
140	415	42-42	45-46	31	30	79.22	9%+	39	15	79.01	0.5%-						1.25	1.18		2.71	2.31				2.01	1.82		
138	461	36-39	40-41	32	30	80.76	6%+	40	14	76.16	2%-						2.1	1.97		3.01	2.8				2.32	2.3		
140	415	40-40	40-42	31	31	80.61	8%-	33	14	76.25	11%-						1.79	1.73		4.02	3.59				1.64	1.61		
136		39-40	40-40	33	30	80.3	0.1%-	33	14	77.6	5%+						0.6	0.56		1.65	1.61				1.26	1.12		
		41-42	44-45	30	28	80.01	7%-	32	14	79.21	1%+						248	350	0.38	0.37	882	972	1.46	1.3	280	380	0.62	0.56
	410	43-44	40-41	32	30	79.5	10%+	35	15	78	5%+						293	328	1.59	1.57	872	934	4.69	4.18	325	390	1.8	1.34
140		42-43	40-41	33	30	82.35	0.7%+	35	15	79	16%-						290	325	1.84	1.81	880	970	3.76	3.07	310	380	1.7	1.48
140	416	39-40	42-43	33	30	79.72	1%+	32	14	78.5	4%-						268	364	1.3	1.23	870	995	2.89	2.84	300	393	1.79	1.57
140	408	40-41	42-43	32	30	80.88	1%+	34	15	80.15	2%-						293	330	1.96	1.8	886	963	3.56	3.41	310	377	1.62	1.48
142	417	40-41	41-42	31	31	78.03	2.6%-	32	14	75.44	14%-						293	327	1.01	1	857	983	1.92	1.92	310	370	1.06	1.02
140	414	42-43	38-41	32	30	79.08	4%+	34	14	78.15	8.40%						265	350	0.6	0.56	850	970	1.65	1.61	320	366	1.26	1.12
146	402	41-42	29-40	34	30	78.84	11%-	35	15	77.6	14%-						293	327	1.39	1.36	857	983	3.08	2.76	310	370	1.67	1.61

Tabla 11. Condiciones de cada orden de trabajo

## ❖ Análisis Estadístico de los Datos

El último paso para completar el proyecto en Fandeli consiste en el diagnóstico de la información relevante obtenida para encontrar las variables críticas del proceso, y para elaborar una propuesta de una mejora en el proceso que permita asegurar la calidad del proceso de producción de la línea grado G-88 36 (y aplicando una metodología similar, otras líneas-grado).

Existen 2 principales formas de obtener las variables críticas de un proceso mediante estadísticas, que son aplicando un MANOVA (Multiple Analysis of Variance) o realizar un Análisis de Regresión adecuado (en este caso, una regresión logística binomial). El análisis de regresión logística binomial nos muestra mayores ventajas que el MANOVA, ya que evalúa directamente las variables independientes con la variable dependiente, que tiene dos posibles resultados de naturaleza binomial (el lote presenta desgrane y/o bajo rendimiento o no presenta), en vez de sólo analizar las variables independientes entre sí sin relacionarse a la respuesta.

Para conocer mediante un estudio cuantitativo y no cualitativo qué variables son críticas para el proceso de producción, la regresión logística binomial nos permite identificar qué variables afectan más al proceso. También nos permite construir un modelo de predicción que sirve para determinar la probabilidad de que un lote de producción sea aceptado o rechazado en base a los valores de las variables independientes del proceso.

La complicación que surgió en nuestro estudio es que las variables se encuentran en diferentes unidades, por lo que saber cuales de todas las variables son más críticas y afectan más a la respuesta sería muy complicado sin antes buscar algo que las ponga en los mismos parámetros para su estudio. Por eso, con el modelo de regresión logística binomial se utilizan parámetros estandarizados, es decir, se toman estas variables y son estandarizadas para manejar una base en común que permita estudiarlas dentro de los mismos parámetros, para que el estudio tenga una validez real con respecto a sus valores. Estos parámetros estandarizados no se utilizan para el modelo, porque utiliza los coeficientes directamente.

## ❖ Modelo de Regresión Logística Binomial

Nuestro equipo aplicó las herramientas estadísticas SAS Enterprise Data Access y SAS Data Miner con el objetivo de crear el modelo de regresión logística binomial.

El proceso debemos analizarlo con el concepto de la “caja negra”, que nos permite meter los valores de las variables independientes en una caja, que representa los procesos (que se suponen desconocidos) que involucra a dichas variables, y a la salida de la caja tendremos la variable dependiente que tendrá 2 posibles resultados (de naturaleza binomial) que serán “aceptado” o “rechazado”. Así podemos analizar las variables del proceso de producción de lijas con el resultado final de que el lote presente o no presente desgrane en sus productos.

Habiendo mencionado esta forma de analizar el proceso, podemos proceder a estudiar los resultados obtenidos por el paquete de datos. Los resultados fueron los siguientes:

Analysis of Maximum Likelihood Estimates							
Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq	Standardized Estimate	Exp(Est)
Intercept	1	-4064.9	32560.9	0.02	0.9006		0.000
sm	1	-0.2122	16.0507	0.00	0.9895	-0.1319	0.809
ss	1	-2.2069	32.4615	0.00	0.9458	-1.8115	0.110
tm	1	2.5129	16.6876	0.02	0.8803	1.6542	12.341
ts	1	5.6723	38.3748	0.02	0.8825	7.1057	290.704
tsm	1	8.5688	53.6712	0.03	0.8732	10.7077	999.000
tss	1	1.3918	13.2501	0.01	0.9163	10.1601	4.022
vcma	1	-116.0	9979.4	0.00	0.9907	-0.3289	0.000
vcmb	1	116.6	929.7	0.02	0.9002	6.0623	999.000
vcsa	1	807.1	9773.6	0.01	0.9342	9.2177	999.000
vcsb	1	2320.0	16140.4	0.02	0.8857	5.4256	999.000
vm	1	-5.6651	50.1167	0.01	0.9100	-2.3671	0.003
vs	1	-24.4792	122.6	0.04	0.8417	-6.1494	0.000
z1a	1	11.6555	83.1926	0.02	0.8886	7.0566	999.000
z1b	1	0.2058	8.6606	0.00	0.9810	0.2206	1.228
z2	1	0.3025	18.1771	0.00	0.9867	0.1897	1.353
z3	0	0	.	.	.	.	.
z4	1	6.1314	31.9369	0.04	0.8478	3.3273	460.060
z5	0	0	.	.	.	.	.
z6	1	-7.7720	74.0312	0.01	0.9164	-4.1722	0.000
z7	0	0	.	.	.	.	.
z8	0	0	.	.	.	.	.
z9	0	0	.	.	.	.	.

**Tabla 12. Resultados obtenidos en el paquete de datos SAS para el modelo**

Interpretación de los datos:

- Estimate: son los coeficientes de las variables que se van a registrar en el modelo.
- Standard Error: muestra el error estándar, que es irrelevante en nuestro estudio.
- Pr > ChiSq: nos da la información de las probabilidades de la chi cuadrada de las variables
- Wald Chi-Square: nos da los valores de chi cuadrada de cada una de las variables
- Standardized Estimate: son los coeficientes estandarizados de las variables, que se usan para el estudio de las variables críticas.

Los coeficientes estandarizados son útiles para el análisis ya que limitan los parámetros estudiados a un rango de valores (donde podemos ver graficadas varias líneas de datos dispersas) que se estandarizan para poder centrar el modelo a un solo gráfico lineal, en vez de varios datos dispersos. Por eso estos son los valores más confiables que tenemos para analizar las distintas variables con respecto a la respuesta.

Al aumentar los valores de las chi cuadradas (se representan como  $X^2$ ), se disminuye la probabilidad de las chi cuadradas (son inversamente proporcionales). Estos valores de chi cuadrada y sus probabilidades determinan qué tanta relación tiene cada una de las variables de entrada con respecto a la variable de salida (en este caso, la respuesta es que el lote presente desgrane y/o bajo rendimiento).

Debemos recordar que la prueba se realizó a pesar de que los datos representaban una muestra demasiado chica para el análisis. Esto generó que las variables de chi cuadrada no fueran representativas, y que ninguno de los valores de las probabilidades fuera menor a 0.05 (representado un nivel de confianza del 95% de que los datos fueran relevantes).

Dada esta situación, se procedió a realizar el estudio utilizando los valores absolutos de los coeficientes estandarizados de las variables. Se obtuvo como resultado las proporciones de estos coeficientes estandarizados con respecto a la suma total de los mismos, y se acomodaron de manera que se pudiera conocer cuáles tenían una mayor proporción.

Las variables que tienen un mayor valor de proporción son aquellos que afectan más al proceso, y por ende, son las variables críticas del proceso.

En base a lo mencionado anteriormente, se obtuvo la siguiente tabla:

Variables	Siglas	Valor Estandarizado
Tiempo de Secado Maker	tsm	10.7077
Tiempo de Secado Sizer	tss	10.1601
Velocidad de Cadena Sizer A	vcsa	9.2177
Temperatura en Sizer	ts	7.1057
Túnel de Secado z1a	z1a	7.0566
Viscosidad en Sizer	vs	6.1494
Velocidad de Cadena Maker B	vcmb	6.0623
Velocidad de Cadena Sizer B	vcsb	5.4256
Túnel de Secado z6	z6	4.1722
Túnel de Secado z4	z4	3.3273
Viscosidad en Maker	vm	2.3671
Sólidos en Sizer	ss	1.8115
Temperatura en Maker	tm	1.6542
Velocidad de Cadena Maker A	vcma	0.3289
Túnel de Secado z1b	z1b	0.2206
Túnel de Secado z2	z2	0.1897
Sólidos en Maker	sm	0.1319
Túnel de Secado z3	z3	0
Túnel de Secado z5	z5	0
Túnel de Secado z7	z7	0
Túnel de Secado z8	z8	0
Túnel de Secado z9	z9	0

**Tabla 13. Variables Críticas**

Al analizar esta tabla, nuestro equipo descubrió que las variables que realmente afectan más al proceso, en base a la información obtenida por las medidas de las condiciones del proceso, corresponde principalmente al tiempo de secado del túnel Maker, seguido del tiempo de secado del túnel Sizer.

Aunque el resultado es distinto al que nuestro equipo y el equipo de Fandeli esperaba, un estudio cuantitativo de las variables tiene mucho mayor valor que uno cualitativo al momento de querer buscar una causa raíz, establecer prioridades, tomar decisiones y ejecutar acciones. Los datos reales nos proporcionan la información exacta sobre qué afecta más al proceso.



Sabiendo lo anterior, se procedió a crear el modelo, que se puede construir usando la siguiente fórmula de la Función Logística:

$$\theta(x_i) = m(\beta'x_i) = \frac{\exp(\beta'x_i)}{1 + \exp(\beta'x_i)} = \frac{1}{1 + \exp(-\beta'x_i)}$$

Donde:

- $\theta(x_i)$  es la probabilidad de que el lote presente desgrane y/o bajo rendimiento o no lo presente.
- $x_i$  son las variables independientes del modelo
- $\beta'$  son las constantes que corresponden a las variables  $x_i$
- $\beta'x_i$  es el predictor lineal.
- $m(\beta'x_i)$  es la función media de kernel, que toma valores entre el rango (0,1) para todas las  $\beta'x_i$ .

Al usar este modelo fue posible predecir con exactitud si los lotes presentaban o no desgrane, por lo que sabemos que funcionó de acuerdo a nuestras expectativas (Resultados en la Tabla 14).

Cabe mencionar que falta mucha más información de las variables independientes para poder crear un modelo mucho más preciso, que sea capaz de pronosticar con mayor exactitud si el lote podrá ser aceptado o rechazado de acuerdo a los estándares de calidad de Fandeli.

La Tabla 14 muestra los resultados obtenidos de la ecuación de regresión logística binomial para cada una de las condiciones que analizamos del producto G-88 grado 36. Es importante señalar que la ecuación es 100% efectiva, ya que no hubo error de predicción y cuando existía problema de desgrane, la ecuación predecía correctamente la probabilidad de desgrane de cada lote.

Predictor	Coef	Valores de las condiciones por lote																								
INTERCEPT	-4064.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Z1A	11.6555	81	82	80	83	80	80	80	83	81	81	80	82	80	82	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Z1B	0.2058	94	91	94	95	91	95	95	93	90	90	90	93	90	90	93	93	90	93	90	94	94	93	94	93	93
Z2	0.3025	65	66	61	65	66	65	65	65	65	65	65	66	65	66	64	65	65	65	65	66	65	65	66	65	65
Z3	0	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	64	64
Z4	6.1314	64	64	65	65	64	64	66	65	65	65	65	65	65	68	66	66	66	66	65	66	65	66	65	65	65
Z5	0	75	76	75	74	76	75	75	76	80	80	80	80	80	82	80	80	80	80	80	80	81	80	80	80	80
Z6	-7.772	81	81	80	80	81	81	80	80	81	80	80	83	81	80	80	83	80	83	78	80	81	80	81	80	80
Z7	0	80	81	82	82	81	80	89	80	83	81	81	80	81	85	80	81	85	80	81	80	81	80	81	80	81
Z8	0	92	90	90	85	80	80	89	88	91	92	88.4	90	91	90	85	90	90	85	90	90	90	90	90	90	90
Z9	0	92	91	90	85	91	91	95	91	95	95	92	90	90	90	95	93	91	94	95	94	95	94	95	95	95
VCMA	-116	0.54	0.56	0.55	0.55	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
VCMB	116	0.34	0.34	0.33	0.33	0.34	0.34	0.33	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.33	0.33
VCSA	807.1	0.94	0.93	0.93	0.95	0.94	0.94	0.93	0.85	0.93	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
VCSB	2320	0.54	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
TSM	8.5688	140.00	139.67	140.00	135.00	140.00	138.00	140.00	136.00	139.67	139.67	139.67	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	142.00	140.00	140.00	140.00	146.00	146.00	146.00
TSS	1.3918	412.00	413.75	413.75	400.00	413.75	395.00	415.00	461.00	415.00	413.75	413.75	410.00	413.75	416.00	408.00	417.00	414.00	414.00	414.00	414.00	402.00	402.00	402.00	402.00	402.00
TM	2.5129	30.00	30.00	30.00	31.53	31.00	31.00	31.00	32.00	31.00	33.00	30.00	30.00	32.00	33.00	33.00	32.00	31.00	32.00	31.00	32.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
VM	-5.6651	30.00	30.00	30.00	30.12	32.00	30.00	30.00	30.00	31.00	30.00	30.00	30.00	28.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	31.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
SM	-0.2122	81.71	81.30	80.31	80.20	81.59	79.16	79.22	80.76	80.61	80.30	80.01	79.50	82.35	79.72	80.88	78.03	79.08	78.84	78.03	79.08	78.84	78.84	78.84	78.84	78.84
TS	5.6723	34.00	35.00	37.00	34.88	36.00	37.00	39.00	40.00	33.00	33.00	32.00	35.00	35.00	35.00	32.00	34.00	32.00	34.00	32.00	34.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
VS	-24.4792	14.00	14.00	14.00	14.29	14.00	14.00	15.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	15.00	15.00	14.00	15.00	14.00	14.00	14.00	14.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
SS	-2.2069	78.60	79.91	79.51	78.48	81.10	80.01	79.01	76.16	76.25	77.60	79.21	78.00	79.00	78.50	80.15	75.44	78.15	77.60	75.44	78.15	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60
¿Presentó Desgrane?		Si	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	Si	Si	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si
Suma Producto		7.1906	-7.6281	-7.6212	-7.6214	-7.6286	-7.6278	-7.6212	7.1919	-7.7482	-7.6279	-7.6279	-7.7481	7.0699	7.0699	-7.7481	-7.7481	7.0700	7.0700	7.0700	7.1971	7.1971	7.1971	7.1971	7.1971	7.1971
Regresión Logística Binomial		1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1

Tabla 14. Resultados del modelo

## ❖ Conclusiones para la Elaboración de una Propuesta de Mejora

Este se puede considerar como un estudio preliminar a lo que sería el fuerte desarrollo de un sistema de aseguramiento de calidad más preciso, ya que debido a la falta de datos que se requerían para hacer un estudio completo y debido a la falta de medidas de las variables restantes, es necesario buscar implementar sistemas de medición y métodos que permitan a Fandeli mejorar el análisis de las condiciones operativas más allá del análisis de los pesos de la lija en sus distintas etapas.

El modelo de regresión logística binomial se puede proponer para que se pueda ir optimizando a largo plazo el control de las variables, ya que este modelo dinámico cambia conforme se vayan mejorando las condiciones operativas y la muestra vaya creciendo, haciendo que las predicciones sean mucho más precisas. Así será posible realizar un análisis más riguroso de la calidad del proceso.

## ❖ Propuesta de Mejora

Implementar un sistema de calidad que permita el control de estas variables mediante el modelo de regresión logística binomial sería de gran utilidad para Fandeli, debido a la generación de conocimiento de las condiciones de las variables que harían predicciones que aseguraran con gran probabilidad que se aceptará el lote de producción.

Este modelo aplicado a todo el proceso y con todos los datos disponibles puede servir como un sistema de calidad que aplica para cada operación del proceso en la cual se pueden evaluar diferentes valores de las variables que logren como resultado que se apruebe el lote. El sistema se retroalimenta cuando se puedan manejar más datos con las futuras corridas.

A partir de esto, esta son nuestras recomendaciones a Fandeli:

- Mejorar o implementar métodos de recolección de datos para las variables conocidas, puesto que muchas siguen sin poderse medir (y sabemos que lo que no se puede medir, no se puede controlar).

- Solucionar los problemas a “pequeños detalles” (como dejar destapada la tina con tinta para la imprenta, que puede ensuciarse fácilmente) que puedan presentar problemas de calidad en la producción, porque de no medirlos o no darles la importancia que requieran, haría que la calidad de sus productos se vea seriamente afectada.
- Capacitar a los empleados del área de calidad para poder realizar un estudio analítico de los datos y puedan obtener más información estadística para la toma de decisiones. Un experto analítico en estadística, diseño de experimentos y control de calidad tendría mucho que poder analizar dentro de la fábrica para mantener y mejorar la calidad.
- Finalmente también se propone implementar la metodología del Kaizen ("cambio a mejor" o "mejora" en japonés) usando las herramientas utilizadas para este estudio, ya que Fandeli puede sumarle a las que tenía con anterioridad para lograr un sistema de mejora continua mucho más eficiente.

En un proceso de mejora continua, la empresa comienza a tener una serie de beneficios que se agrupan en los siguientes rubros:

1. Reducción de costos directos e indirectos por medio de la aplicación de las habilidades desarrolladas en el personal, del trabajo en equipo y de las sugerencias propuestas.
2. Incremento en ventas mediante la reducción de la brecha entre especificaciones y el aumento en los niveles de satisfacción del cliente.
3. Optimización del proceso productivo, al reducir los niveles de desperdicio y aumentar la eficacia del proceso.

Recordemos que un sistema de aseguramiento de la calidad es aquél que realiza todas las acciones sistemáticas y planificadas necesarias para proporcionar una confianza adecuada de que un producto o servicio satisfará los requerimientos dados de calidad. La única forma de tener confianza en los resultados de las operaciones es diseñar las actividades que se requieren para formar el sistema de aseguramiento de la calidad, por lo que en base a los resultados de nuestro estudio, sabemos que la aplicación de las herramientas y conocimientos aplicados en este proyecto serán de gran utilidad para Fandeli, y para cualquier empresa que quiera asegurar la calidad en sus productos.

## ❖ Conclusión Final

Nuestro equipo concluyó de este proyecto que lo más importante para poder buscar e implementar un sistema de aseguramiento de la calidad son un profundo conocimiento de los procesos y una serie de herramientas estadísticas con las cuales sea posible obtenerlo.

El objetivo del proyecto se cumplió de manera satisfactoria ya que se analizó la línea inestable G-88 y mediante herramientas cualitativas y cuantitativas se generó una propuesta de mejora para la misma.

El resultado que obtuvimos fue muy interesante ya que tenía total coherencia dentro del proceso con el problema principal que es el desgrane. Aunque la experiencia es importante para poder corregir los problemas que se presentan al momento, en nuestro proyecto no lo fue del todo, ya que al realizar el TGN los resultados de las variables críticas, de acuerdo a la experiencia, fueron diferentes a los resultados obtenidos en el paquete de datos de SAS. La conclusión a la que llegamos fue que es mucho mejor hacer un análisis del proceso de manera cuantitativa ya se utilizan datos reales del proceso para poder mejorarlo. Si usas la experiencia para poder mejorar el proceso puedes quedarte estancado y no llegar a una solución efectiva.

El hecho de proponer una solución en el mundo empresarial fue muy relevante para nosotros como estudiantes, ya que nos enriqueció y nos generó una sensación de que lo estudiado a lo largo de la carrera realmente tiene aplicación a la hora de querer resolver un problema o mejorar un proceso.

Como último punto consideramos que fue muy interesante aplicar el modelo de regresión logística binomial para predecir la probabilidad de que un lote de la lija G-88 grado 36 se desgrane o no se desgrane, Fandeli podría hacer un modelo parecido para cada uno de los grados restantes de la línea G-88 e incluso podría extenderlo a todas sus líneas-grado. Las bases de cómo construirlo están documentadas en este trabajo, y confiamos en que ellos ahora puedan llevar a cabo este proyecto a su plena realización.

## ❖ Bibliografía

- Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar. (2009). “**Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma**”. (2ª Edición). Cd. México, México. Editorial McGraw Hill
- Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar. (2012). “**Análisis y Diseño de Experimentos**”. (3ª Edición). Cd. México, México. Editorial McGraw Hill
- David Hoyle. (1999). “**ISO 9000. Manual de Sistemas de Calidad**”. (5ª Edición). Madrid, España. Editorial Paraninfo
- Sanford Weisberg. (2005). “**Applied Linear Regression**”. (3ª Edición). Estados Unidos. Editorial Wiley-Interscience, John Wiley & Sons Inc.
- Douglas C. Montgomery, Elizabeth A. Peck, G. Geoffrey Vining. (2001). “**Introduction to Linear Regression Analysis**”. (3ª Edición). Estados Unidos. Editorial Wiley-Interscience, John Wiley & Sons Inc.
- Greg Blue. (2003). “**Seis Sigma para Directivos**”. (1ª Edición). Madrid, España. Editorial McGraw Hill