

# *Estabilización del sector de Preparación de Pasta*

Proyecto Lean Six Sigma - Green Belt

Empresa: Roca Argentina S.A.

Por : Gonzalo Diez

Profesor : Ricardo Benítez Rubalcaba

Año: 2022

Universidad Austral



# Introducción



## Introducción. La empresa



Roca es una empresa fabricante de sanitarios cerámicos y accesorios para el baño fundada en el año 1917 en la ciudad de Barcelona.

Es hoy uno de los líderes mundiales en su rubro con un total de 78 centros productivos en 18 países y emplea a más de 21.500 personas.





D M A I C S

Roca

UNIVERSIDAD  
AUSTRAL

## Introducción. La empresa



Cuentan con un extenso Showroom en la ciudad de Buenos Aires

Y una alta variedad de productos de lujo con una demanda en constante crecimiento



## Introducción. La empresa



Debido a un cambio de enfoque por parte de la gerencia se decide incluir al sector de preparación de pasta dentro del bloque productivo de la fábrica.

**La temática del proyecto estará enteramente dedicada a este sector**



## Introducción. La metodología

### ¿Qué es Lean Six Sigma?



LEAN

Reduce los desperdicios  
mediante la optimización  
de procesos.



SIX SIGMA

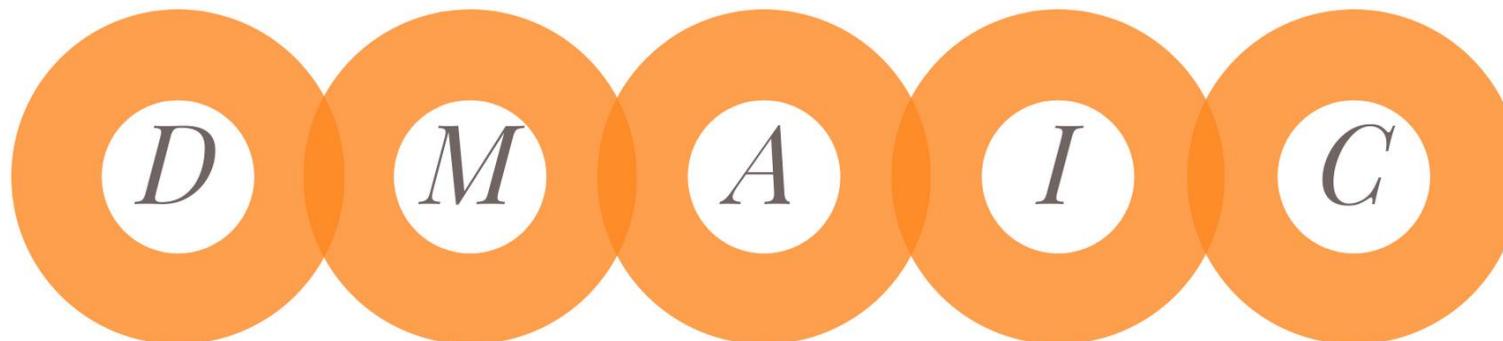
Reduce los defectos  
resolviendo los problemas  
con eficacia.



LEAN SIX SIGMA

LEAN acelera a SIX SIGMA:  
Solucionando problemas y mejorando  
procesos, es más rápido y eficiente.

# Introducción. La metodología y sus herramientas



## Definir

- Voz del cliente (VOC)
- SIPOC
- Competitive Benchmark
- Value of Cycle Times
- RACI
- Brainstorming
- Espina de Pescado
- Matriz de Interesados
- Diagrama de Bloques
- Matriz Causa y Efecto

## Medir

- Value Stream Map
- Process Cycle Efficiency
- Diagrama de Pareto
- Run Charts
- Control Charts
- Box Plot
- Valores Individuales
- Gráfico de Intervalos
- Gage R&R
- Histograma

## Analizar

- Box Plots
- Regesion
- Cp & Cpk
- ANOVA
- Eliminacion de candidatos
- Multi-Vari Analysis
- AMFE
- Run Chart
- Histograma

## Mejorar

- Kaizen
- Kanban
- Poka Yoke
- 5s
- Benchmarking
- SMED
- AMFE
- Lean
- Diagrama de Gantt

## Controlar

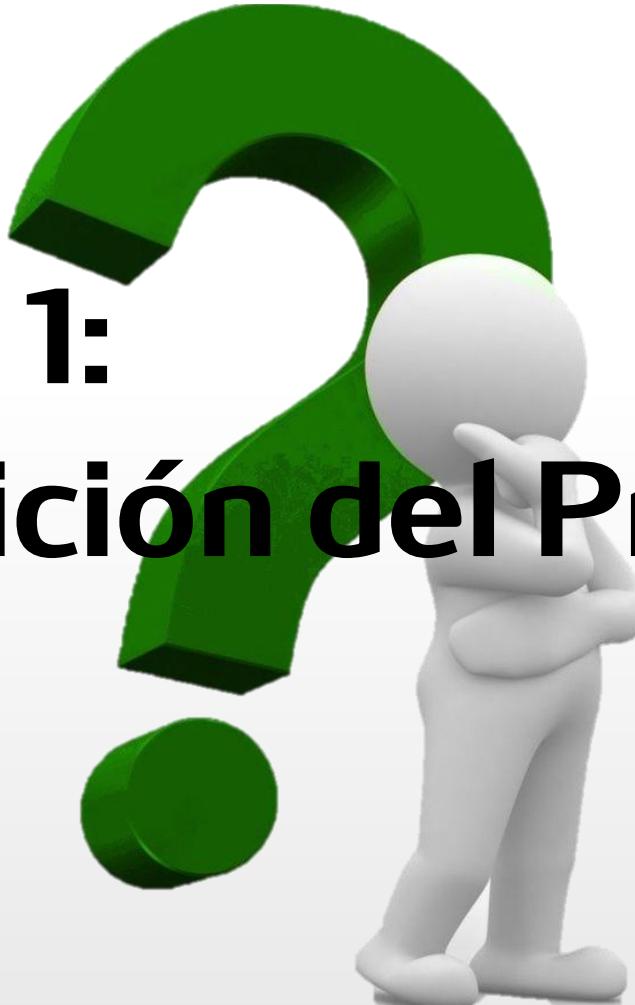
- Gráficos de control
- Plan de control
- Plan de respuesta
- Mantenimiento productivo total
- Procedimiento estandar (SOP)
- Dashboards
- Plan de capacitaciones





D M A I C S

# **Etapa 1: Definición del Proyecto**



# Acta de Constitución del Proyecto

SITUACIÓN ACTUAL	PROBLEMA	OBJETIVO
En el último año y medio se observa un promedio de pérdida en crudo del [REDACTED] piezas en crudo mensuales. Que deben ser destruidas y reenviadas a maduración para ser mezcladas con pasta virgen.	La alta variabilidad de la barbotina generada en el sector de preparación de la pasta provoca desequilibrios que se magnifican en el proceso siguiente, maduración. Esto se refleja en modificaciones de las condiciones de trabajo del sector de colado resultando en mayor oportunidad de pérdida de piezas.	Mejorar el aprovechamiento de la pasta reduciendo las pérdidas en crudo a [REDACTED] % para Septiembre 2022
<b>INFORMACIÓN DE SOPORTE</b>		
ALCANCE	<ul style="list-style-type: none"><li>- Datos de piezas perdidas según el sector donde ocurrió expresado en % por mes.</li></ul> 	



# Acta de Constitución del Proyecto

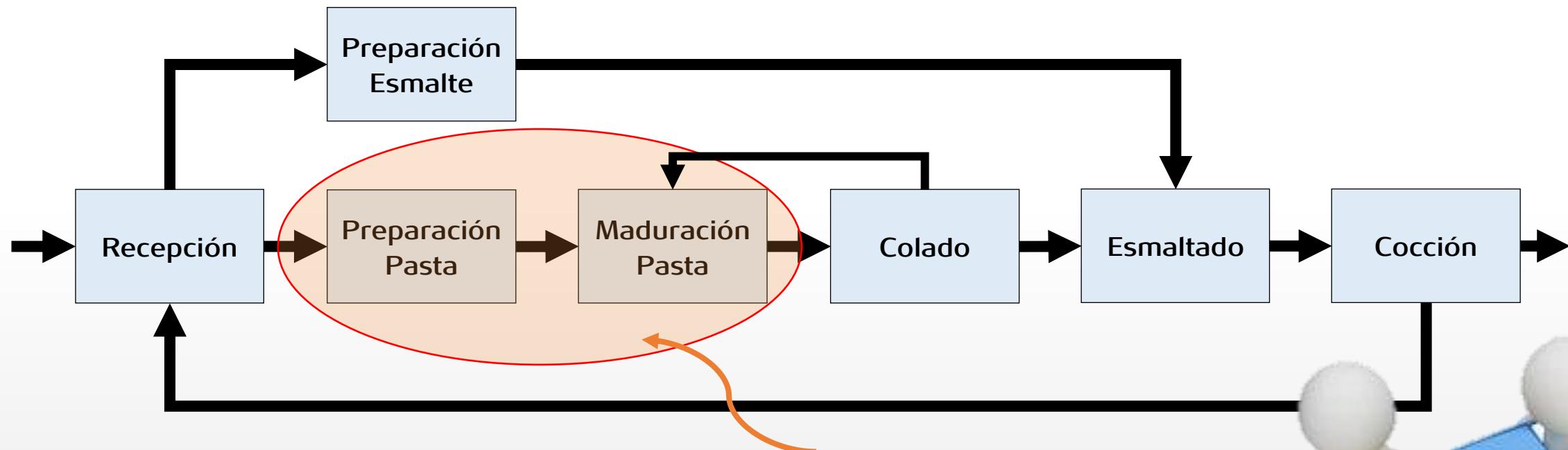
RESTRICCIONES / RIESGOS					EQUIPO					
<p>Falta de controles en el proceso.</p> <p>Variabilidad en la materia prima.</p> <p>Disponibilidad del Supervisor para el seguimiento del registro y medidas definidas.</p> <p>Consistencia de los datos por falta de atención del/los operarios/supervisores.</p> <p>Modificaciones en la formula de la Barbotina.</p> <p>Modificaciones en los requerimientos de la Barbotina del sector de colado.</p>					<p>Supervisor de Operaciones Centrales Rodríguez Fernández</p> <p>Jefe de Producción de Pasta Alberto Ruiz</p> <p>Jefe de Producción de Pasta Gonzalo Diez</p> <p>Jefe de Mantenimiento Cristóbal Alvarado Contreras</p>					
FECHAS OBJETIVO					BENEFICIOS ESPERADOS					
DEFINIR	MEDIR	ANALIZAR	MEJORAR	CONTROLAR	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES	TIEMPOS	CUMPLIMIENTO	INTANGIBLE	OTRO
06-06-22	16-07-22	20-06-22	07-08-22	23-08-22		X		X		
CUANTIFICACIÓN					US\$ [REDACTED] por TN de pasta de recorte trabajada (teniendo en cuenta mano de obra y energía)					
Preparado por:		Gonzalo Diez – Jefe de Preparación de Pasta			Aprobado por:		[REDACTED]	[REDACTED]	- Jefe de Producción Senior	



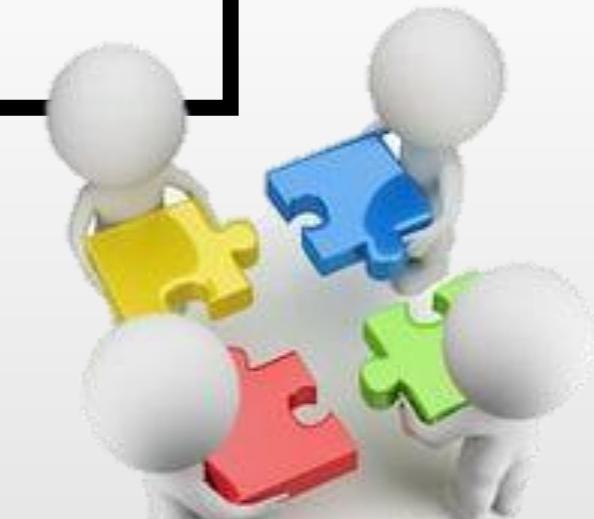
## Matriz de interesados

Nombre	Sector	Contribución / Intervención	Grado de impacto	Impactos positivos	Impactos Negativos	Grado de Aceptación del Proyecto
Equipo de fabricación	Gerencia	Apoyo gerencial para el éxito del proyecto	Bajo	Ya hizo la diplomatura Green Belt por lo que entiende hacia donde apunta y lo que requiere	Falta de conocimiento en el área	Alto
		Conocimientos en todas las áreas de la fabricación de sanitarios, especialmente en la materia prima y experiencia en formulación	Alto	Unificador del equipo de trabajo y proactivo en cuanto a la realización del proyecto	Muy ocupado, tiene muchas reuniones y tareas que atender	Medio
	Operaciones	Conocimientos operativos en la preparación de la pasta y experiencia en la creación de formulas	Alto	Dispuesto para juntarse y charlar ideas/conceptos	Reacio al cambio y falta de visión estratégica	Bajo
		Conocimientos de la materia prima a nivel fisicoquímico y limitaciones/necesidades en los posibles estudios a realizar	Medio	Dispuesto para juntarse y charlar ideas/conceptos	Muy ocupado, tiene muchas reuniones y tareas que atender	Medio
	Ingeniería	Conocimientos operativos del proceso de maduración	Medio	Gran predisposición a aprender y mejorar	Falta de visión estratégica	Alto
		Armado de minutos y apoyo moral al equipo	Bajo	Gran predisposición a aprender y mejorar	Falta de conocimiento en la temática del proyecto	Medio
	Comercio	Sponsoreo del proyecto e intermediario con otros sectores de la empresa	Alto	Proactivo y altamente respetado por todos los sectores de la fábrica	Falta de conocimiento en la temática del proyecto	Alto
		Requerimientos de la Barbotina para el colado de piezas	Medio	Proactivo	Falta de conocimiento en la temática del proyecto	Alto

## Diagrama de Bloques Macro

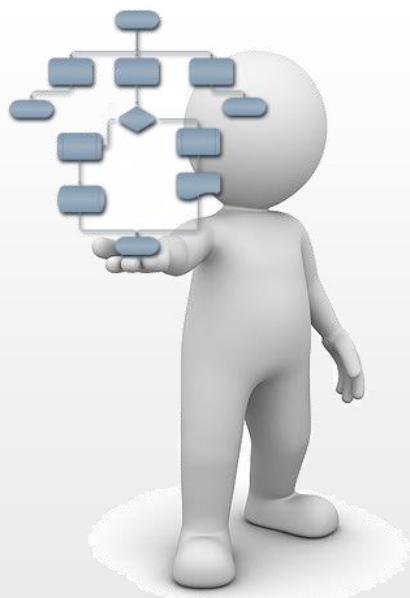


Se analizarán los datos de estos dos sectores



# Diagrama de Bloques Micro

Materia Prima



A madurar

Defloculación  
Arcillas

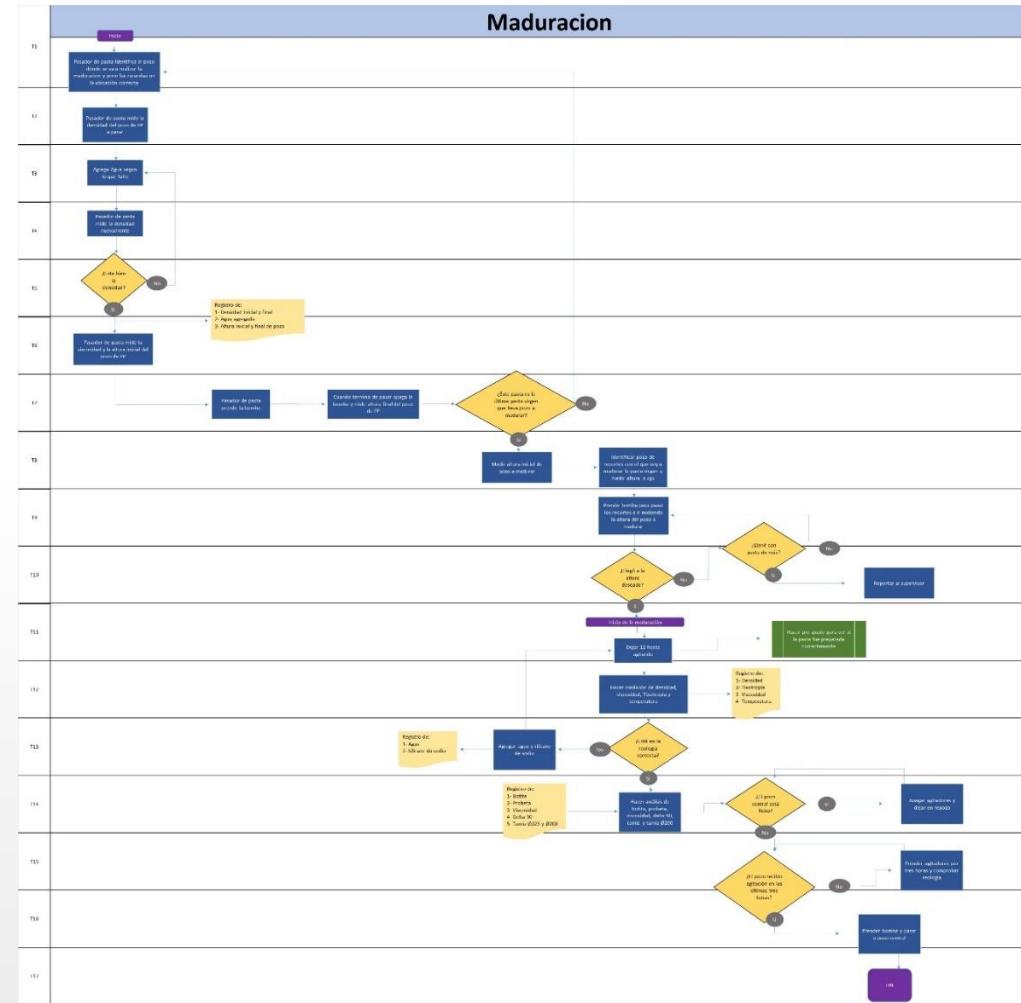
Molienda

Defloculación  
Caolines



D M A I C S

Pasta no madurada



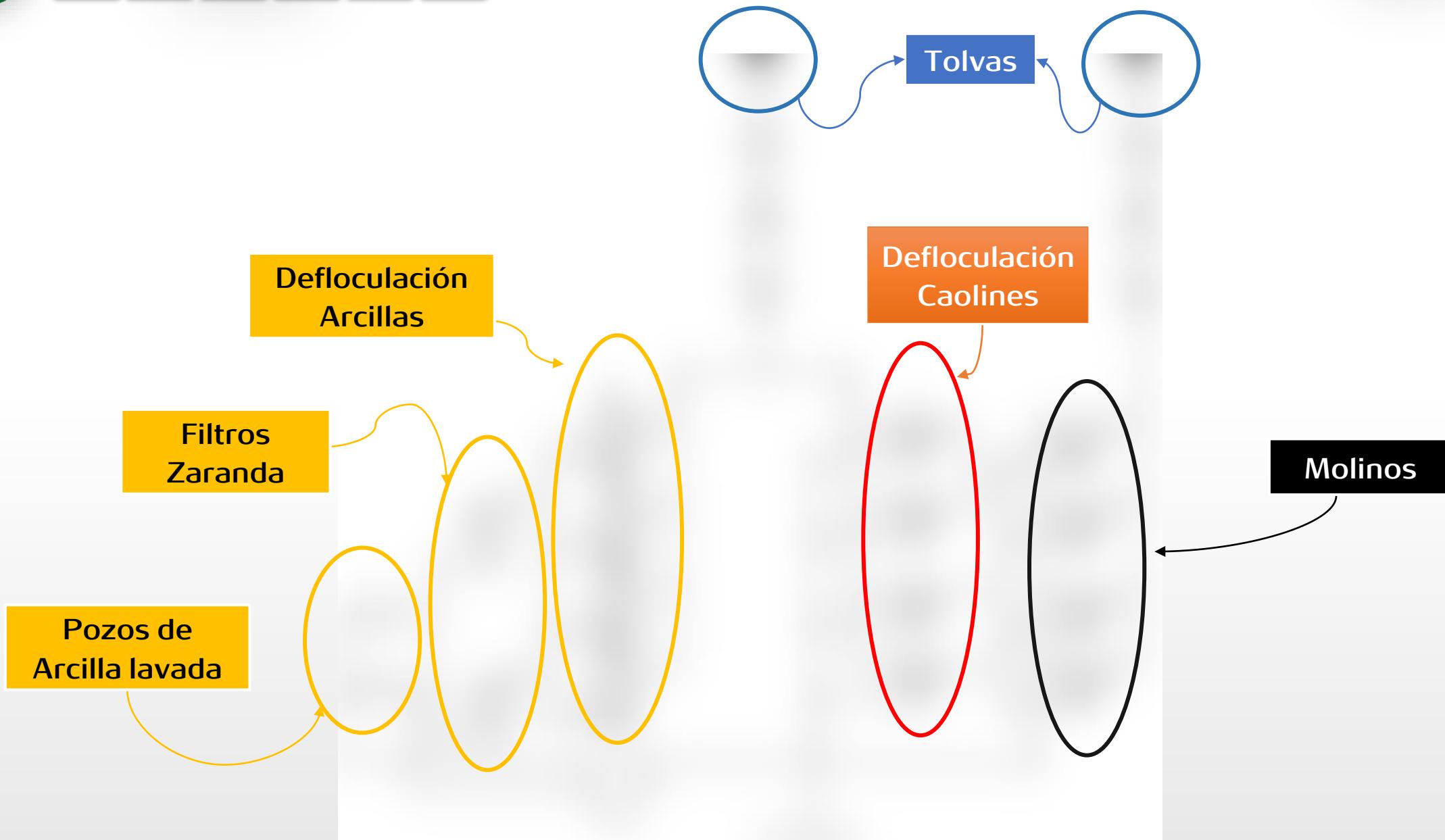
Pasaje de Pasta al sector de Maduración

Maduración de la pasta

A Colado

Roca

UNIVERSIDAD  
AUSTRAL



## Diagrama Espina de Pescado

Se convocó el equipo de trabajo a una reunión de poco más de una hora a realizar un brainstorming con la consigna: ¿Por qué varía la Pasta?

Las ideas se fueron escribiendo en un pizarrón y ordenando según el criterio de las 7 emes: Métodos, Materiales, Mediciones, Máquinas, Medio ambiente, Management y Mano de obra.

Los resultados se ven plasmados en la siguiente filmina.

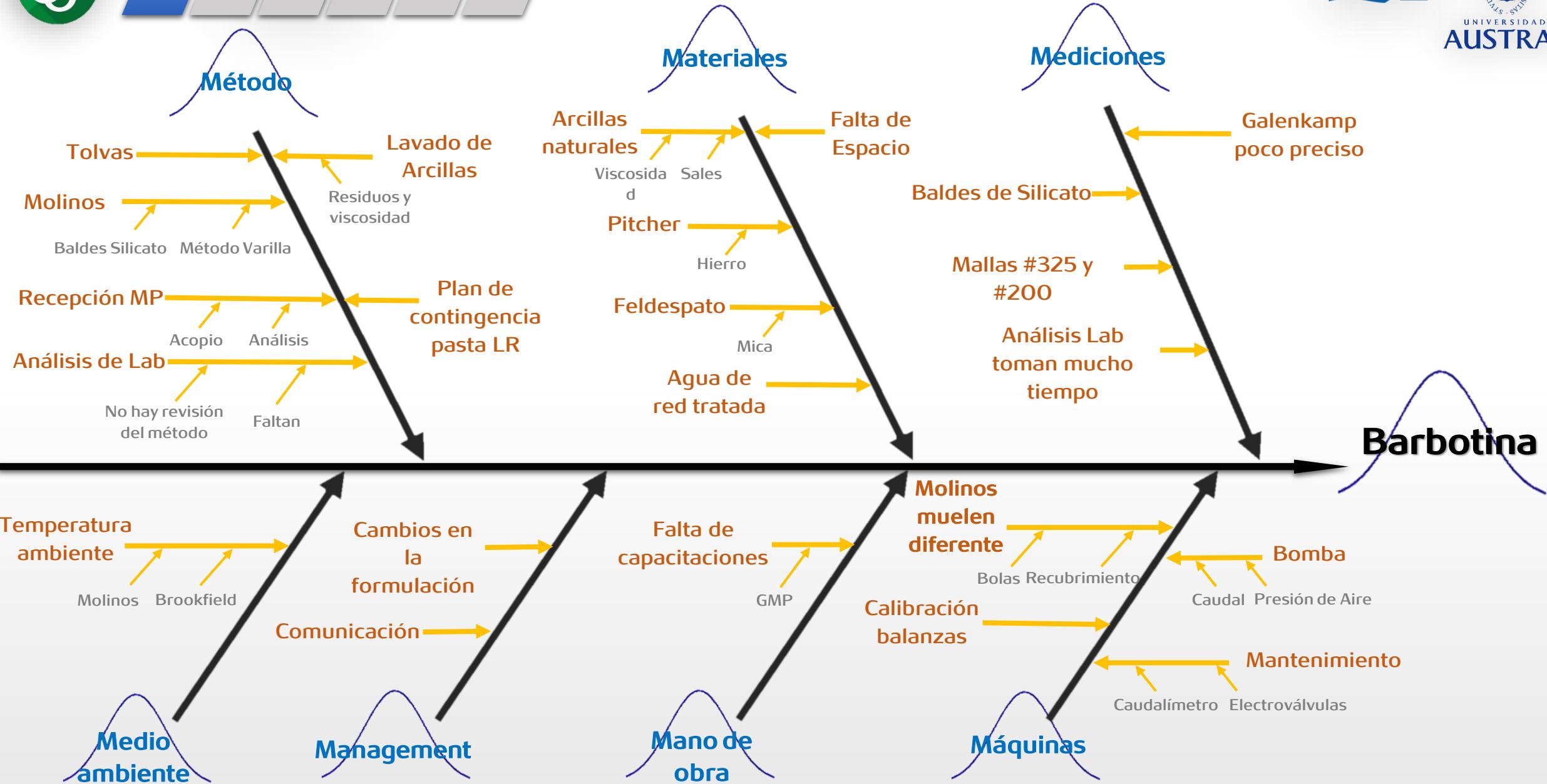




# DMAICs

Roca

UNIVERSIDAD AUSTRAL  
ORVM-AUSTRALIS-UNIVERSITATIS



## Voz del Cliente (VOC) a las C<sup>3</sup>

1. Primero se realizó un Diagrama **SIPOC** para identificar a los clientes internos dentro del proceso
2. A través de la *observación y entrevistas* se determinaron las **necesidades de los clientes**
3. Con *encuestas, reclamos y entrevistas* en mayor profundidad se visualizaron la **voz del cliente**
4. Con toda la información reunida se realizó el diagrama de árbol para identificar las tareas específicas que deben ser completadas, es decir, las **Características Críticas de la Calidad**





# Voz del Cliente (VOC) a las C<sup>3</sup>

## 1. S.I.P.O.C.

Diagrama de flujo de trabajo que se centra en quién crea y recibe materiales o datos o largo del proceso

S	I	P	O	C
(Proveedores de los recursos requeridos)	(Recursos requeridos por el proceso)	(Descripción de la actividad de alto nivel)	(Entregables del proceso)	(Cualquiera que reciba un entregable del proceso)
Supplier / Proveedor	Inputs / Entradas	Process / Proceso	Output / Salidas	Customer / Cliente



# Voz del Cliente (VOC) a las C<sup>3</sup>

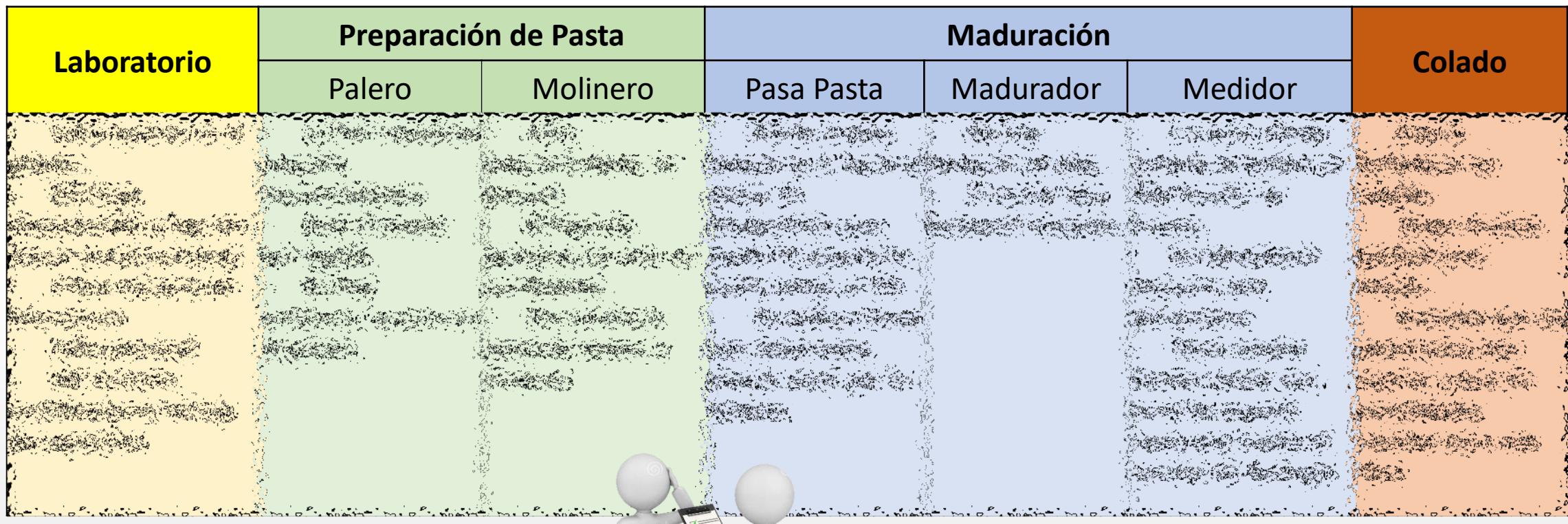
## 2. Requisitos del cliente



Laboratorio	Preparación de Pasta		Maduración			Colado
	Palero	Molinero	Pasa Pasta	Madurador	Medidor	

# Voz del Cliente (VOC) a las C<sup>3</sup>

## 3. Voz del cliente





## Voz del Cliente (VOC) a las C<sup>3</sup>

### 4. Características críticas de la calidad

Necesidad	Disparador	CCC
Producir Barbotina lista para colar	Defloculación	Composición Arcilla
		Proporción Silicato/Arcilla
		Filtrado por Zaranda
		Proporción Sales/Arcilla
		Peso Específico (Agua)
Molienda	Composición (Aridos+Arcillas)	
	Proporción Silicato/Tn Pasta	
	Ø325	
	Mezclado	Peso específico
		Composición
		Peso Específico
		Silicato
	Madurado	Ø325-Ø200
		Peso Específico
		Tixotropía
		Viscosidad
		Toma de Espesor (VD)
		Zaranda
		Recuperado



# Matriz Causa y Efecto

	Defloculación Arcillas					Molienda				Defloculación Caolines				Madurado					
	Composición Arcilla	Proporción Silicato/Arcilla	Filtrado por Zaranda	Proporción Sales/Arcilla	Peso Específico (Agua)	Composición (Aridos+Arcillas)	Proporción Silicato/Tn Pasta	Ø325	Peso específico	Composición	Peso Específico	Silicato	Ø325-Ø200	Peso Específico	Tixotropía	Viscosidad	Toma de Espesor (VD)	Zaranda	Recuperado
Customer Importance:	8	7	9	7	6	9	4	9	4	9	7	8	9	9	9	9	9	9	6
Key Process Inputs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Process Steps	Caudalímetros																		
	Mantenimiento / Calibración																		
	Variabilidad de la materia prima																		
	Pruebas																		
	Temperatura ambiente																		
	Falta de Análisis																		
	Falta de Espacio																		
Total:	16	42	153	7	36	81	44	180	68	27	84	48	225	99	189	189	225	162	126
Rank:	16	13	5	17	14	9	12	3	10	15	8	11	1	7	2	2	1	4	6

Se ve una gran importancia de tanto las características reológicas como físicas en la pasta:

- Reológicas: tixotropía y viscosidad
- Físicas: mallas #325 y #200

Por otro lado, la CC mas importante, la toma de espesor VD, es un combinación entre las físicas y las reológicas, por lo que se debe analizar desde un aspecto singular

## Reenfoque de estudio

Se visualizan por lo tanto 3 áreas de desarrollo dentro del proyecto:

**1. Estabilización del perfil granulométrico**

Entender el efecto del molino y sus efectos

**2. Estabilización de los valores reológicos de la pasta**

Comprender los efectos de la materia prima y como el proceso modifica dichos valores

**3. Optimización de la Toma de espesor**

Comprender los efectos de la materia prima y como el proceso modifica dichos valores



Comprender los efectos de la materia prima requiere de estudios que puede tomar meses para conseguir un dato, por lo que a efectos de poder cumplir con los plazos de la diplomatura se limitará al estudio del perfil granulométrico.



## Nueva Acta de Constitución del Proyecto

SITUACIÓN ACTUAL	PROBLEMA	OBJETIVO
Actualmente el promedio de piezas perdidas en la etapa de secado de los últimos dos años es cercana a las [REDACTED], aproximadamente un [REDACTED] de la producción.	La alta variabilidad del molino generada pastas fuerza de especificación en cuanto a su perfil granulométrico. Esto se refleja en modificaciones de las condiciones de trabajo del sector de colado resultando en mayor oportunidad de pérdida de piezas.	Mejorar el aprovechamiento de la pasta reduciendo las pérdidas en colado por secado a [REDACTED] piezas para el mes de septiembre
<b>INFORMACIÓN DE SOPORTE</b>		
<b>ALCANCE</b>  Este proyecto alcanza los sectores de preparación y de maduración de la pasta, el laboratorio y el sector de colado	<ul style="list-style-type: none"><li>- Datos de pérdidas en colado: Promedio = [REDACTED] piezas</li></ul> 	



# Nueva Acta de Constitución del Proyecto

RESTRICCIONES / RIESGOS					EQUIPO					
					BENEFICIOS ESPERADOS					
					COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES	TIEMPOS	CUMPLIMIENTO	INTANGIBLE	OTRO
						X		X		
FECHAS OBJETIVO					CUANTIFICACIÓN					
DEFINIR	MEDIR	ANALIZAR	MEJORAR	CONTROLAR	[REDACTED] por pieza sanitaria no perdida. Cumplir el objetivo de [REDACTED] piezas perdidas generaría para la empresa un beneficio de US [REDACTED] anuales.					
06-06-22	16-07-22	20-06-22	07-08-22	23-08-22						
Preparado por:	Gonzalo Diez – Jefe de Preparación de Pasta				Aprobado por:	[REDACTED]	[REDACTED]	Jefe de Producción Senior		



## Diagrama Espina de Pescado

Se reúne el equipo nuevamente para repetir el brainstorming pero con una nueva consigna: ¿Por qué varía el Perfil Granulométrico?

En esta ocasión se agruparon en las categorías que se consideraron pertinentes.

Los resultados se ven plasmados en la siguiente filmina.







## Matriz Causa y Efecto

	Defloculación Arcillas					Molienda				Defloculación Caolines				
	Composición Arcilla	Proporción Silicato/Arcilla	Filtrado por Zaranda	Proporción Sales/Arcilla	Densidad	Composición (Aridos+Arcillas)	Proporción Silicato/Tn Pasta	Ø325	Densidad	Composición	Densidad	Silicato	Ø325-Ø200	
<b>Customer Importance:</b>	8	7	4	7	6	9	4	9	4	9	7	8	9	(1-5)
<b>Key Process Inputs</b>	1	2	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Rank Total
Caudalímetros														1 249
Mantenimiento / Calibración														4 167
Variabilidad de la materia prima														2 209
Pruebas														3 195
Temperatura ambiente														5 37
Falta de Análisis														6 20
Falta de Espacio														45
<b>Total:</b>	16	42	64	7	36	81	44	180	68	27	84	48	225	
<b>Rank:</b>	12	9	6	13	10	4	8	2	5	11	3	7	1	

Se observa que el principal problema son los caudales y la variabilidad de la materia prima que afectan a las CC del perfil granulométrico y la composición.

## Fase 1: Definir - (Peaje).

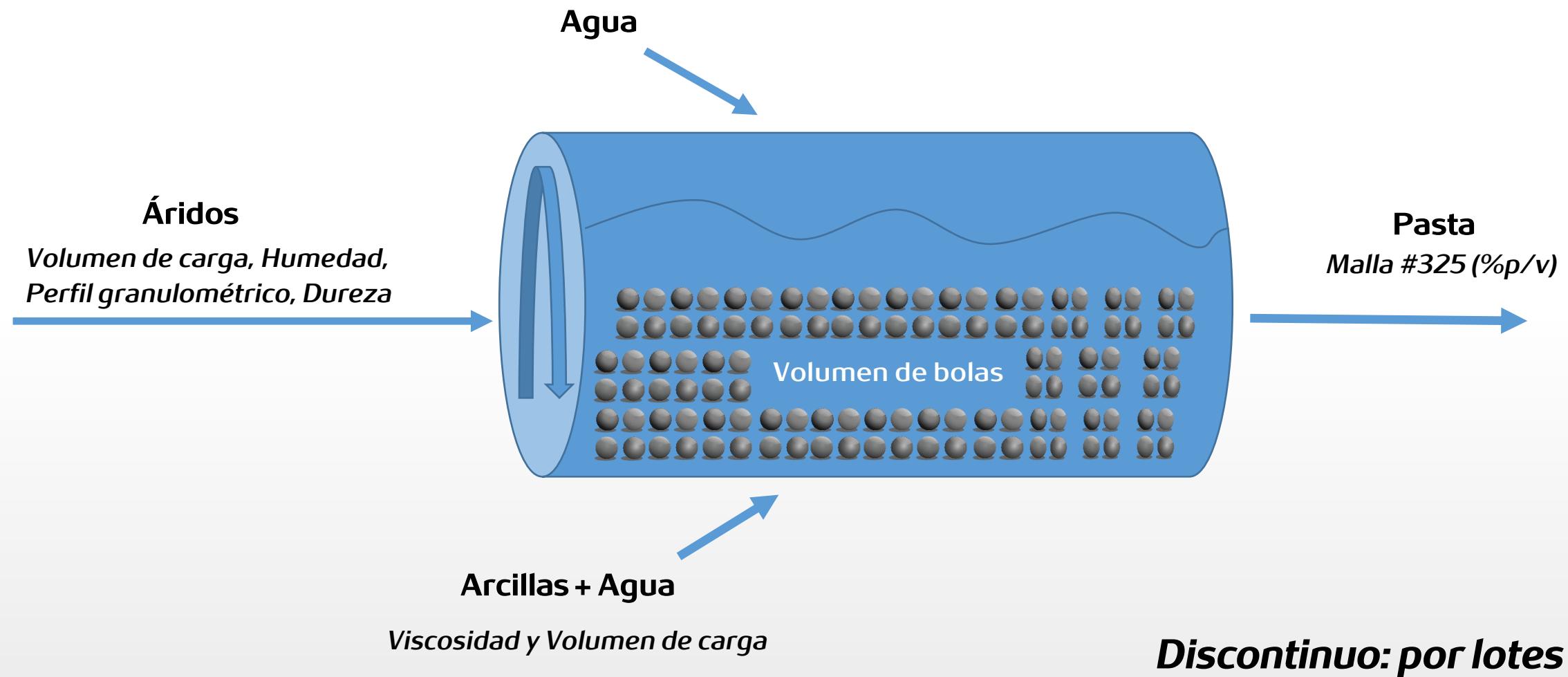
- **¿Cuál es el problema u oportunidad que se está tratando de arreglar?**  
*Se pierden piezas sanitarias por diferencias en el tiempo de secado debido a variaciones del perfil granulométrico.*
- **¿Cuál es el proceso, producto o servicio específico que se está diseñando o rediseñando?**  
*El proceso de Molienda de la pasta.*
- **¿Cuáles son las razones estratégicas para realizar este proyecto?**  
*Mejorar el rendimiento del sector de colado.*
- **¿Cuál es la línea de tiempo y duración total del proyecto?**  
*La línea de tiempo esta definida en el acta de constitución y la duración del proyecto es de dos meses.*
- **¿Se necesitan recursos adicionales?**  
*No se sabe aún.*
- **¿Está su proyecto a tiempo?**  
*Está demorado.*
- **¿Cuáles son las principales lecciones aprendidas en etapa de Definir?**  
*Que cuando se descompone un problema que parecía simple pueden surgir muchas variantes extras.*
- **¿Cuáles son los siguientes pasos?**  
*Preparar el plan de recolección de datos.*



# Etapa 2: Medición



## Molino



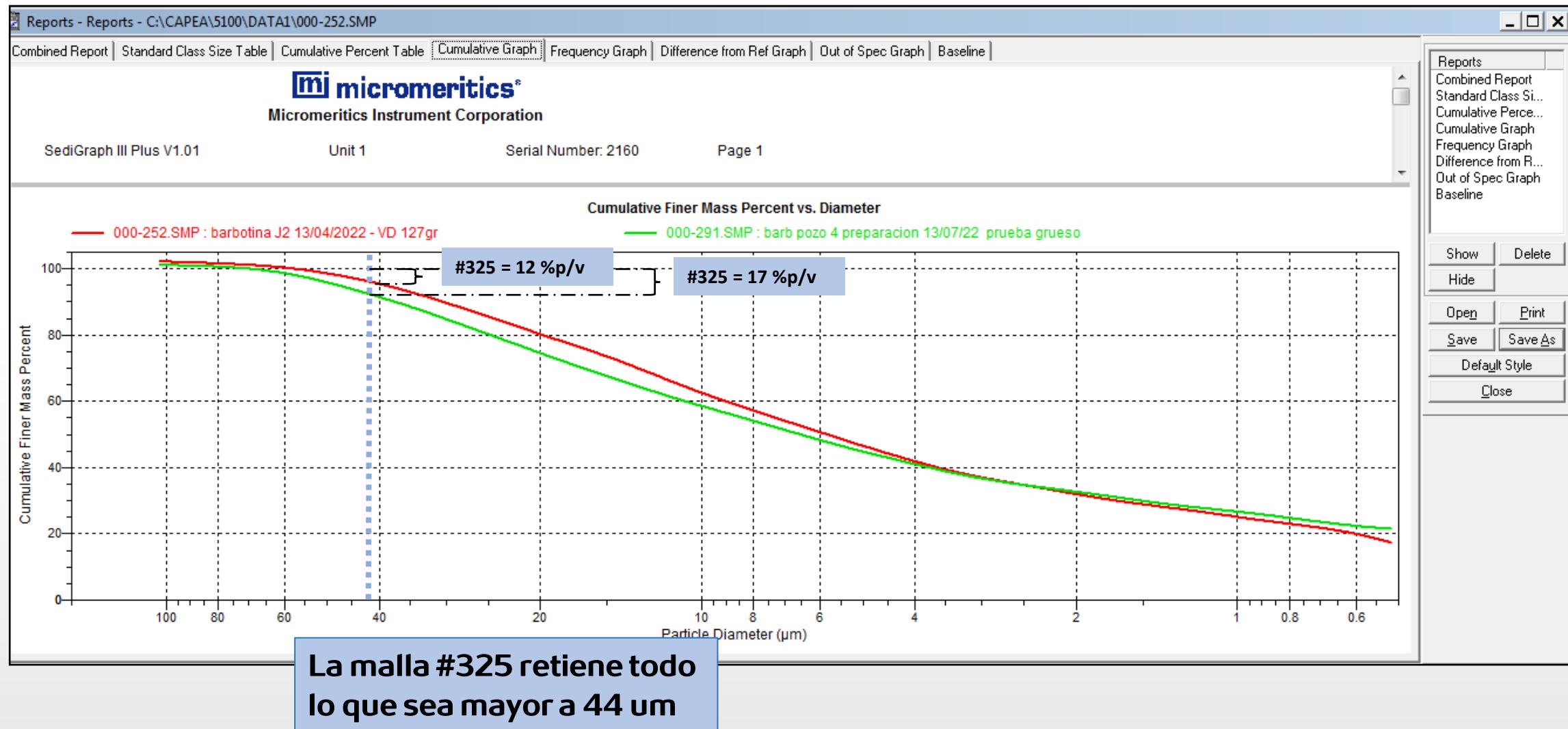


## Medición en Malla #325

Tomar una muestra de 100 mililitros y filtrarla por la malla con ayuda de agua y agitación manual. El material retenido se debe pesar en una balanza granataria

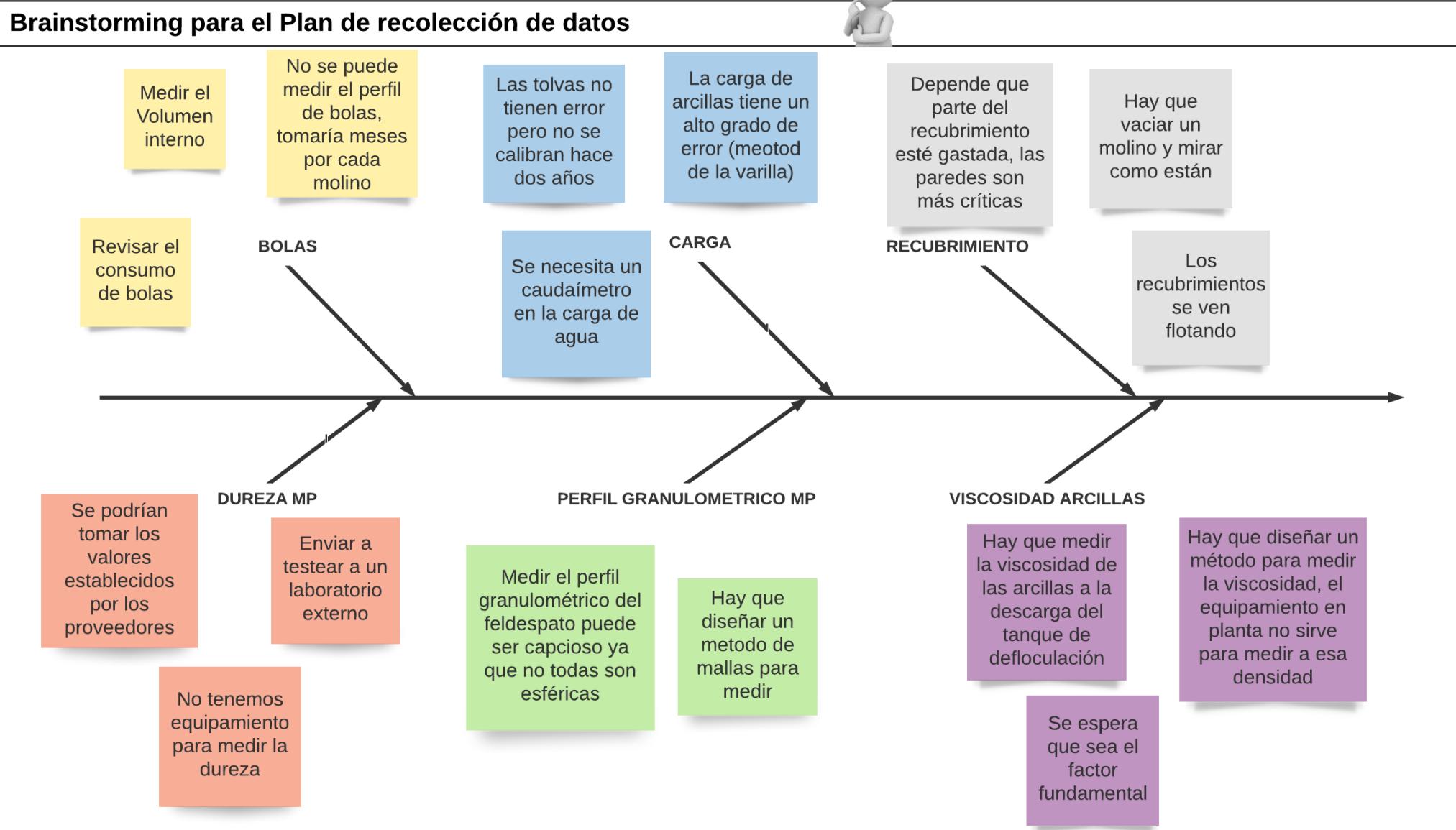


% p/v





## Brainstorming para el Plan de recolección de datos





Se definieron prioridades para medir y en base a eso se designó un presupuesto, se armó un plan de medición y se establecieron plazos

Prioridad	Medición	Presupuesto Requerido	Acción
1	Viscosidad Arcillas	Bajo	Medir
2	Volumen de Bolas	Bajo	Medir
3	Carga del molino	Bajo	Medir
4	Recubrimiento	Medio	Medir
5	Perfil Granulométrico MP	Alto	No Medir
6	Dureza MP	Alto	No Medir





## Plan de Recolección de Datos

Objetivo de la colección de datos:

**Mejorar la estabilidad del perfil granulométrico de la pasta**

Colectar datos para:

**Verificar lo que ocurre en el molino**

*(propósito, valor esperado de la salida)*

Para el:

**Molido de materia prima**

*(proceso o producto)*

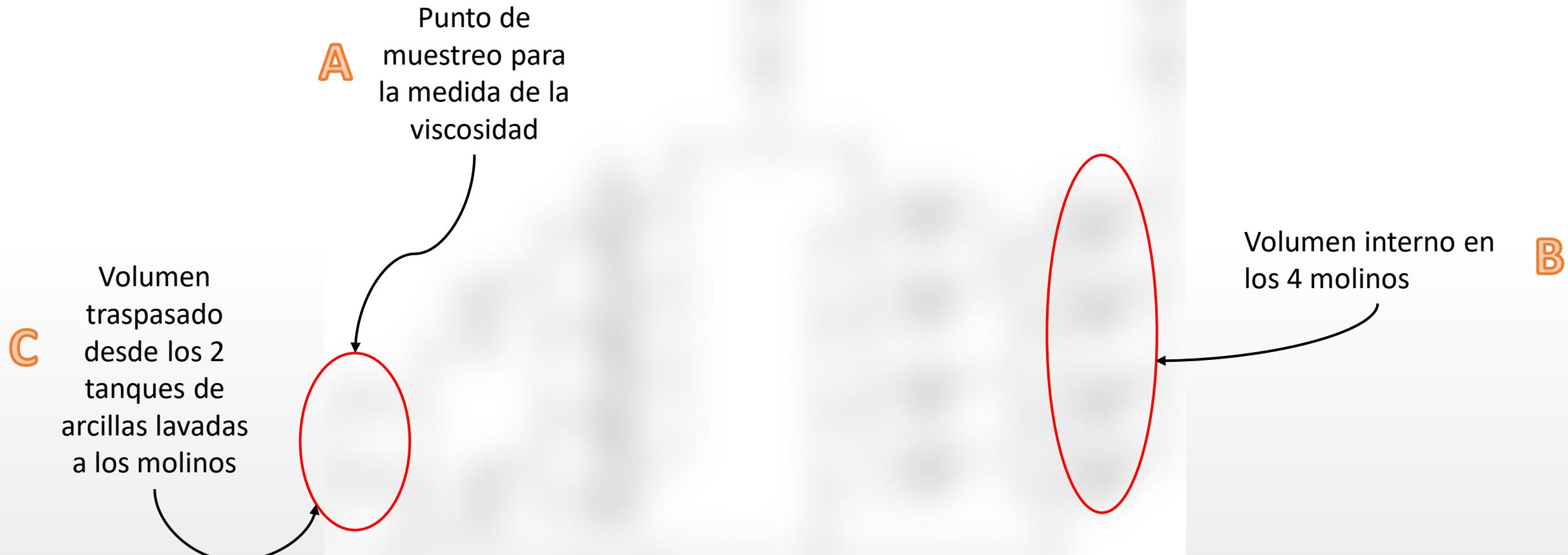
A

Qué medir	Tipo de variable	Estratificación	Quién	Cómo	Dónde	Cuándo	Duración	Método de Recolección	Tiempo necesario
Viscosidad Arcillas	Continua	Fórmula J2					40 moliendas (10 por molino)	Con un balde de 1 litro	1 hora
Volumen de bolas del molino	Continua	Fórmula J2					40 moliendas (10 por molino)	Con un láser de mano y una planilla	5 minutos
Volumen de arcilla que entró al molino	Continua	Fórmula J2					40 moliendas (10 por molino)	Con un láser de mano y una planilla	5 minutos

B

C

## Puntos de muestreo:

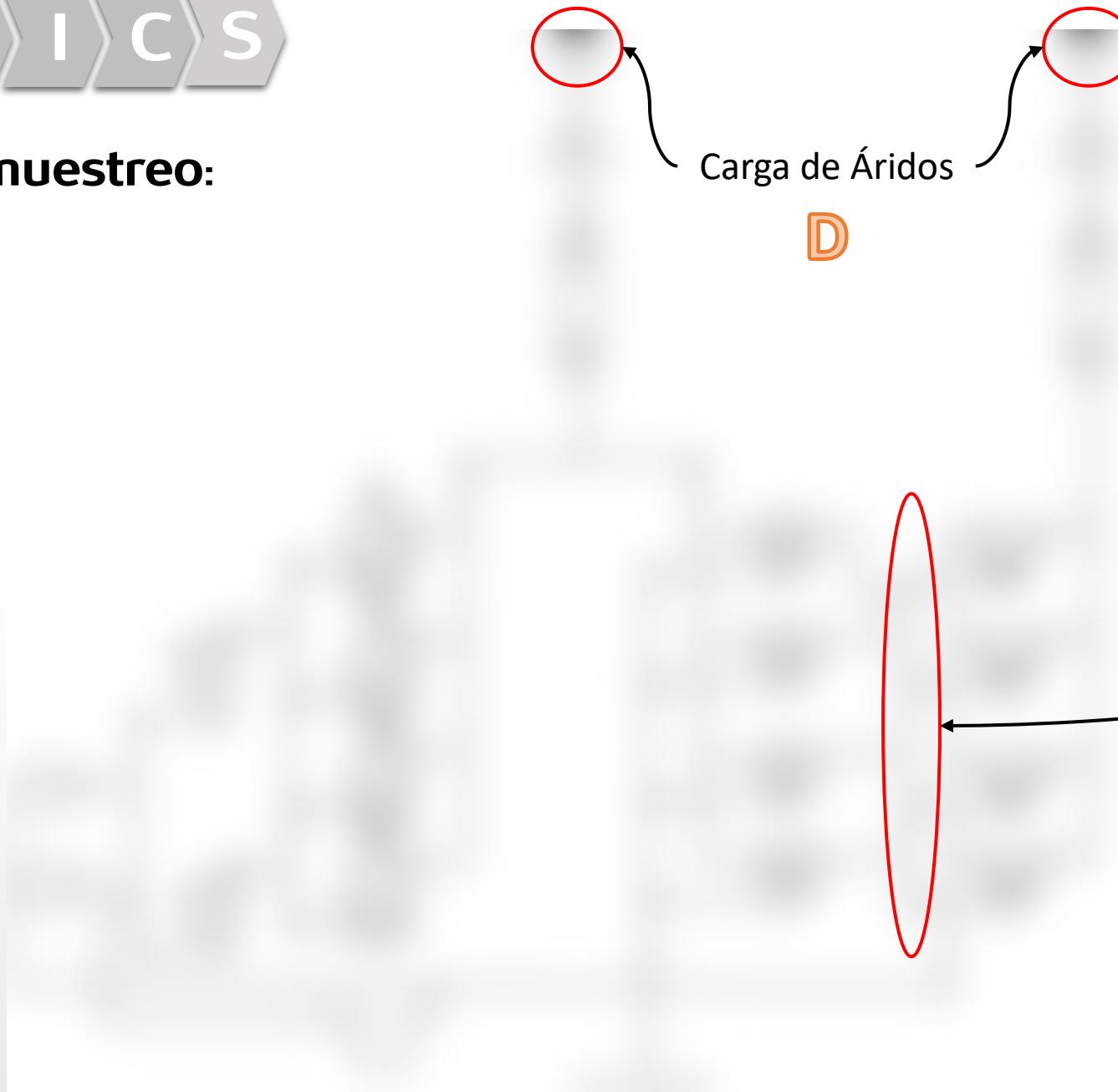




	Qué medir	Tipo de variable	Estratificación	Quién	Cómo	Dónde	Cuándo	Duración	Método de Colección	Tiempo necesario
D	Carga de Áridos que entró al molino	Continua	Indiferente					20 moliendas	Con una pala cargadora	45 minutos
E	Recubrimiento	Discontinua	Molino					2 semanas	Fotos	20 minutos
	Malla #325	Continua	Fórmula J2					40 moliendas (10 por molino)	Picnómetro	20 minutos
F	Densidad	Continua	Fórmula J2					40 moliendas (10 por molino)	Picnómetro	5 minutos



## Puntos de muestreo:

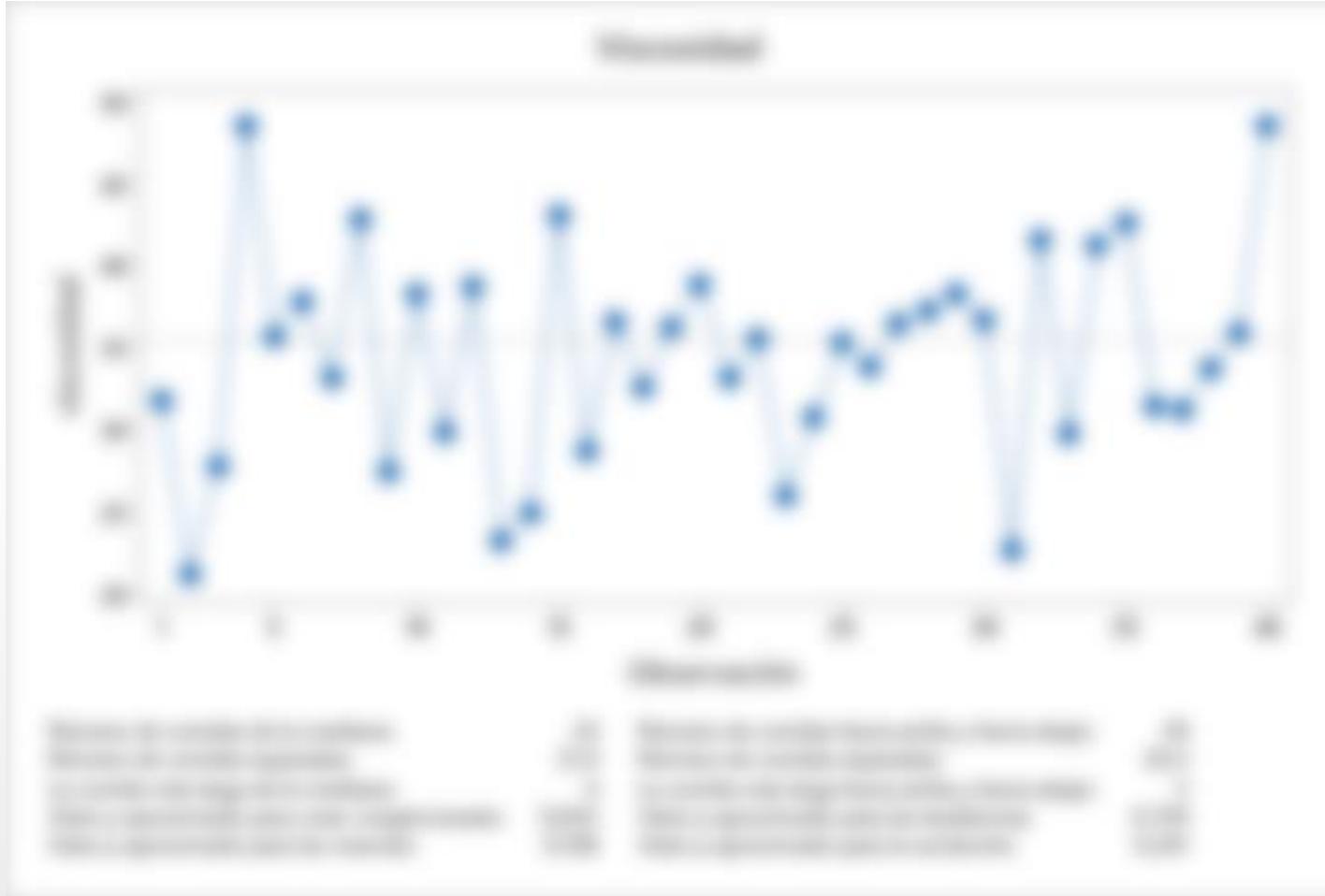


# Resultados del plan de medición

- 1. Viscosidad**
- 2. Volumen de Bolas**
- 3. Carga**
  - a. Arcillas**
  - b. Áridos**
- 4. Malla #325**
- 5. Densidad**



## 1. Viscosidad

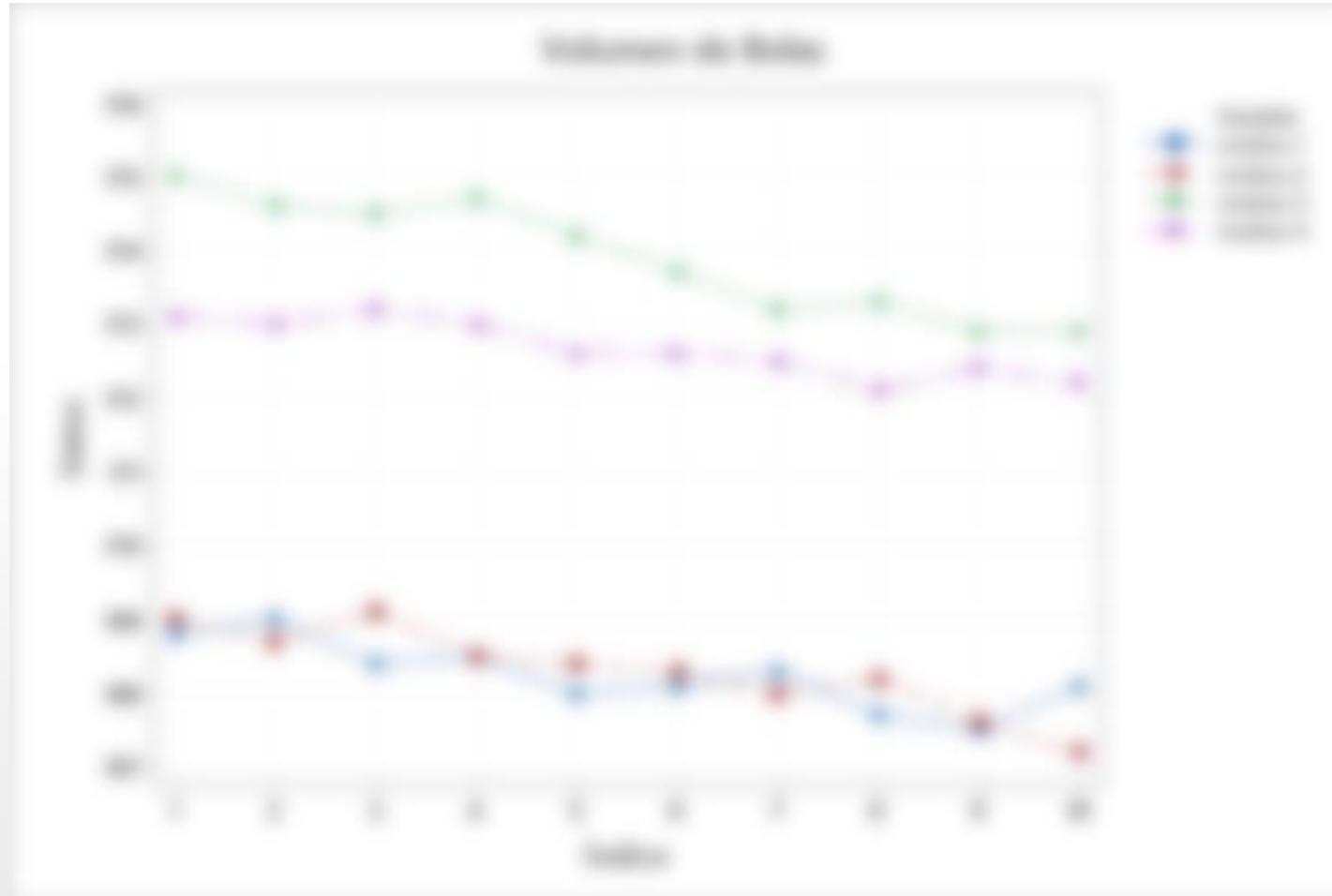


*Estadística descriptiva*



- **Conglomerado:** valor  $p<0,05$  tendencia a tener conglomerados, probablemente por lotes de materias primas
- **Mezclas:** valor  $p>0,05$  son datos variables provenientes del mismo proceso.
- **Tendencias:** valor  $p>0,05$  que hay una tendencia en los datos
- **Oscilación:** valor  $p>0,05$  poca oscilación en los datos.

## 2. Volumen de Bolas



Se ve una clara diferencia de volúmenes de bolas dentro de los molinos pero el consumo es parejo para los 4 molinos. Siendo el 3 y el 4 los de mayor volumen de bolas.

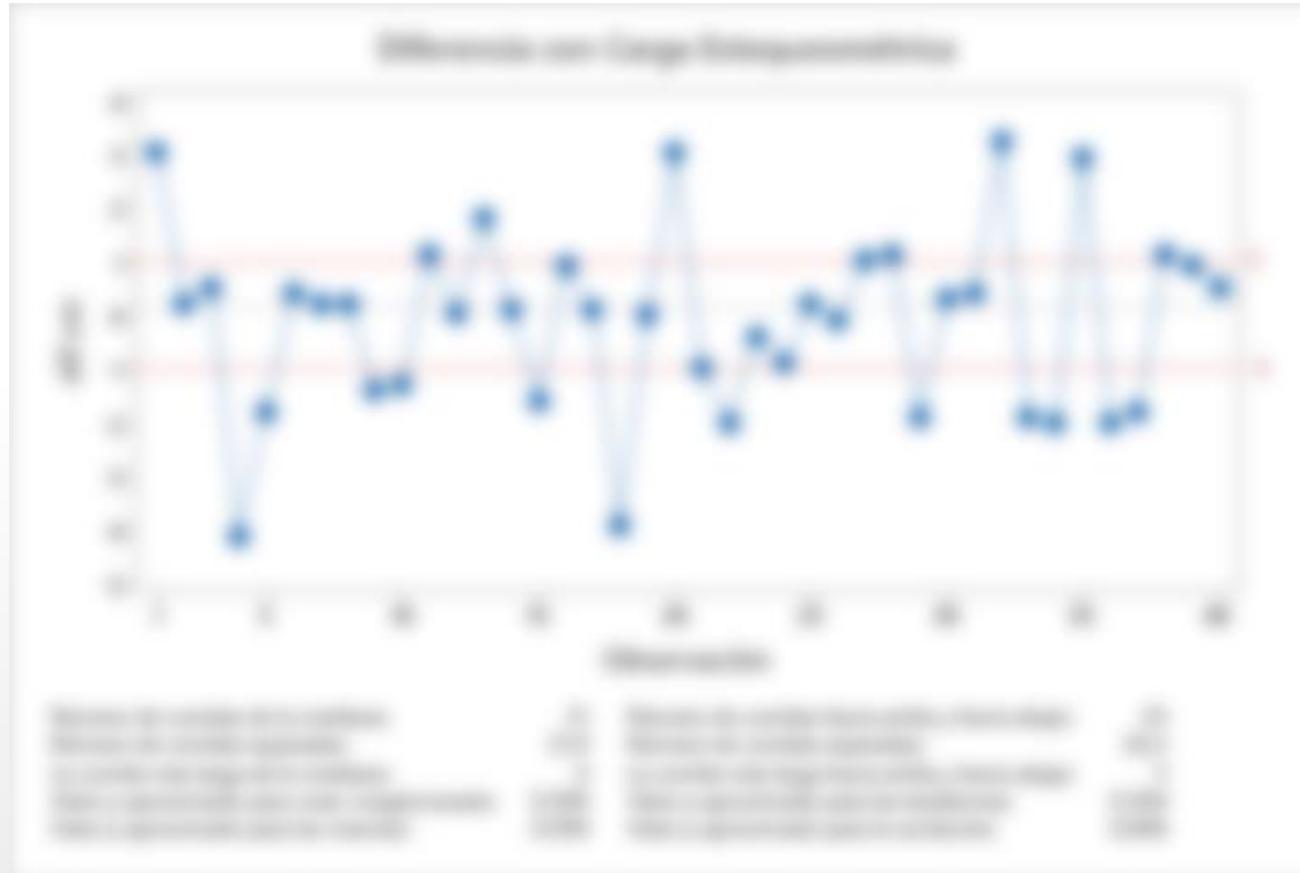
### 3.a Carga Arcillas



La carga de arcillas se mide con una varilla. Al conocerse la capacidad del pozo se introduce una varilla en el mismo, midiendo la zona libre del pozo antes y después de la carga.

$$Dif_{arcillas} = H_{llenado\ teórico} - H_{real}$$





USL=1  
LSL=-1

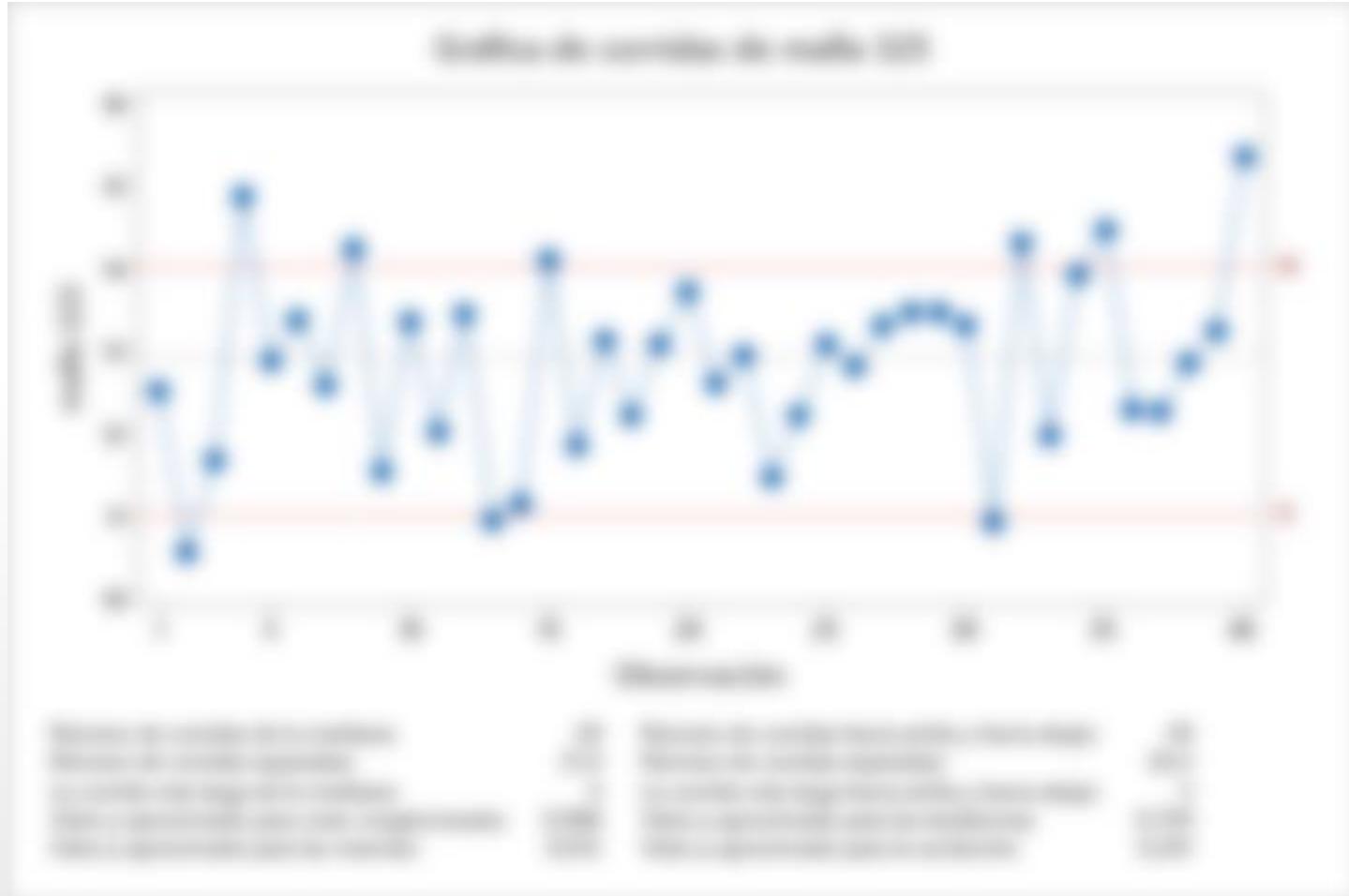
Se denota que el proceso no cumple con los límites de especificaciones establecidos

- **Conglomerado:** valor  $p<0,05$  tendencia a tener conglomerados.
- **Mezclas:** valor  $p>0,05$  son datos variables provenientes del mismo proceso.
- **Tendencias:** valor  $p>0,05$  que hay una tendencia en los datos
- **Oscilación:** valor  $p>0,05$  poca oscilación en los datos.

### 3.b. Carga Áridos

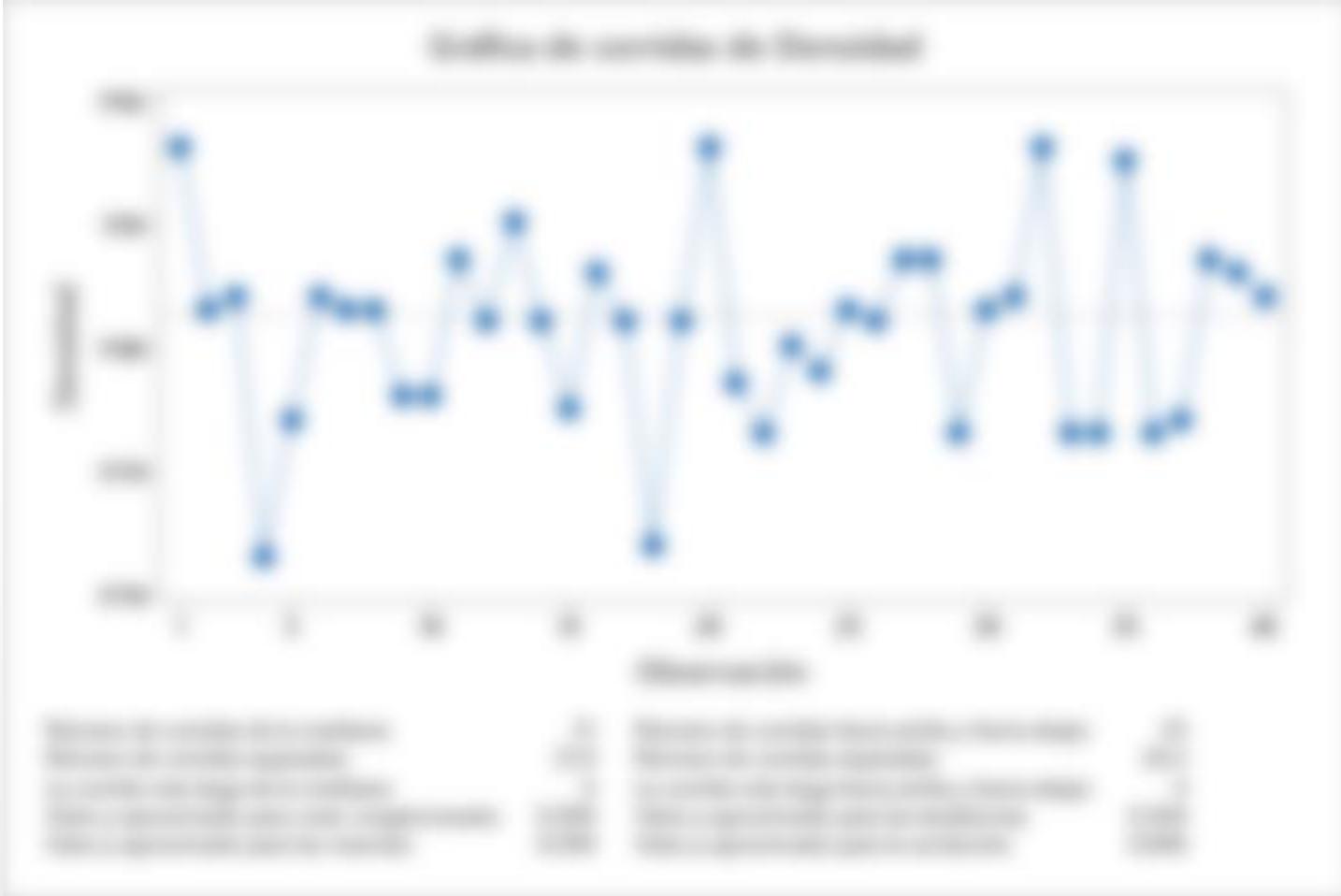


Se observó un error menor al 1% lo cual cumple con especificaciones

**4. Malla #325**



## 5. Densidad



# Measurement System Analysis

## MSA

### 1. Resolución

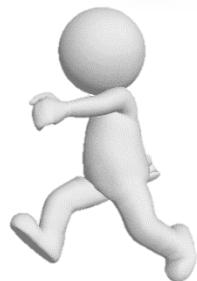
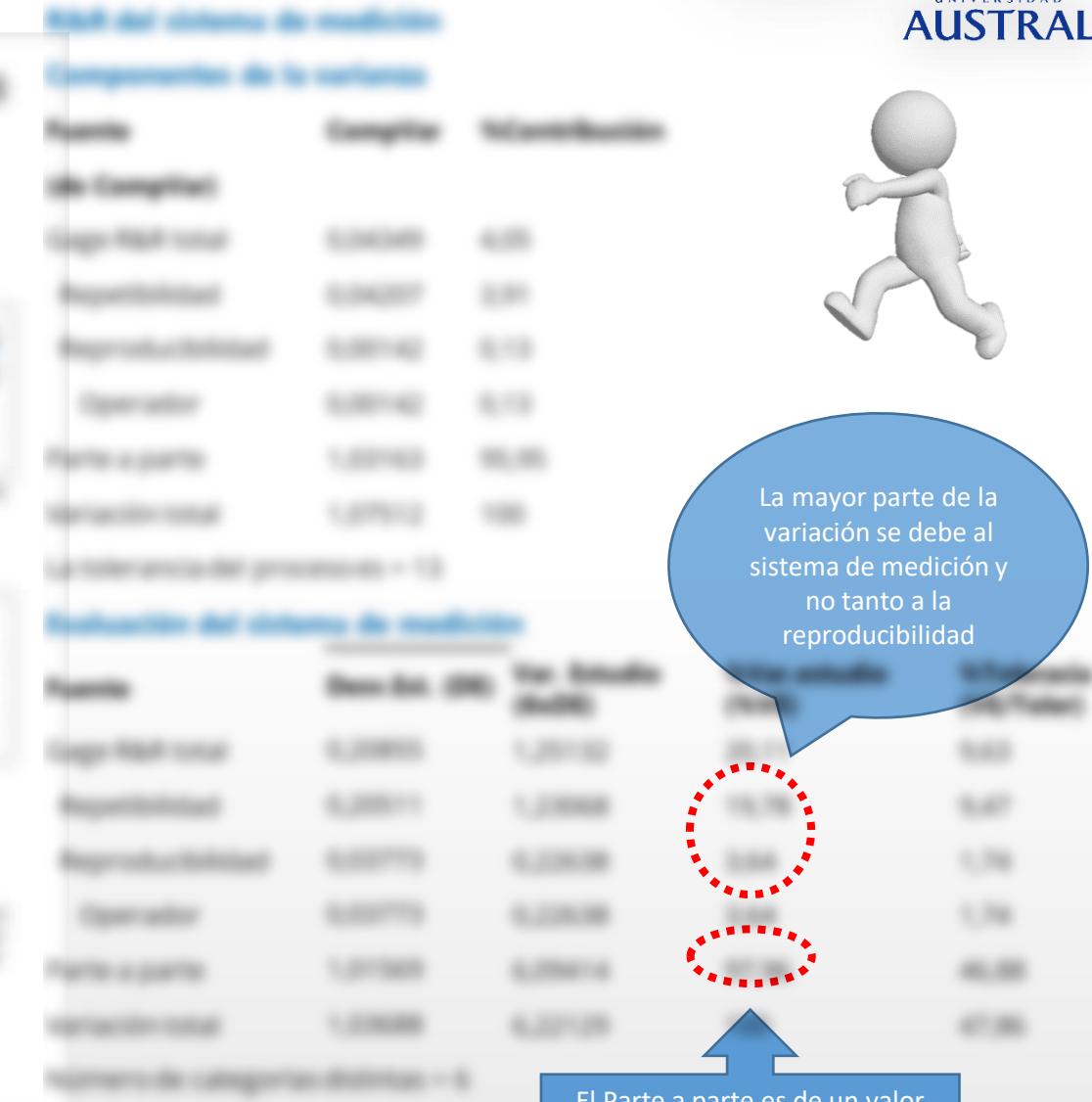


### 2. Estudio GR&R

Se tomaron 10 muestras de pastas molidas, se le pidió a 3 operarios que realicen mediciones de malla #325 y que las repitan 3 veces a cada una



# D M A I C S



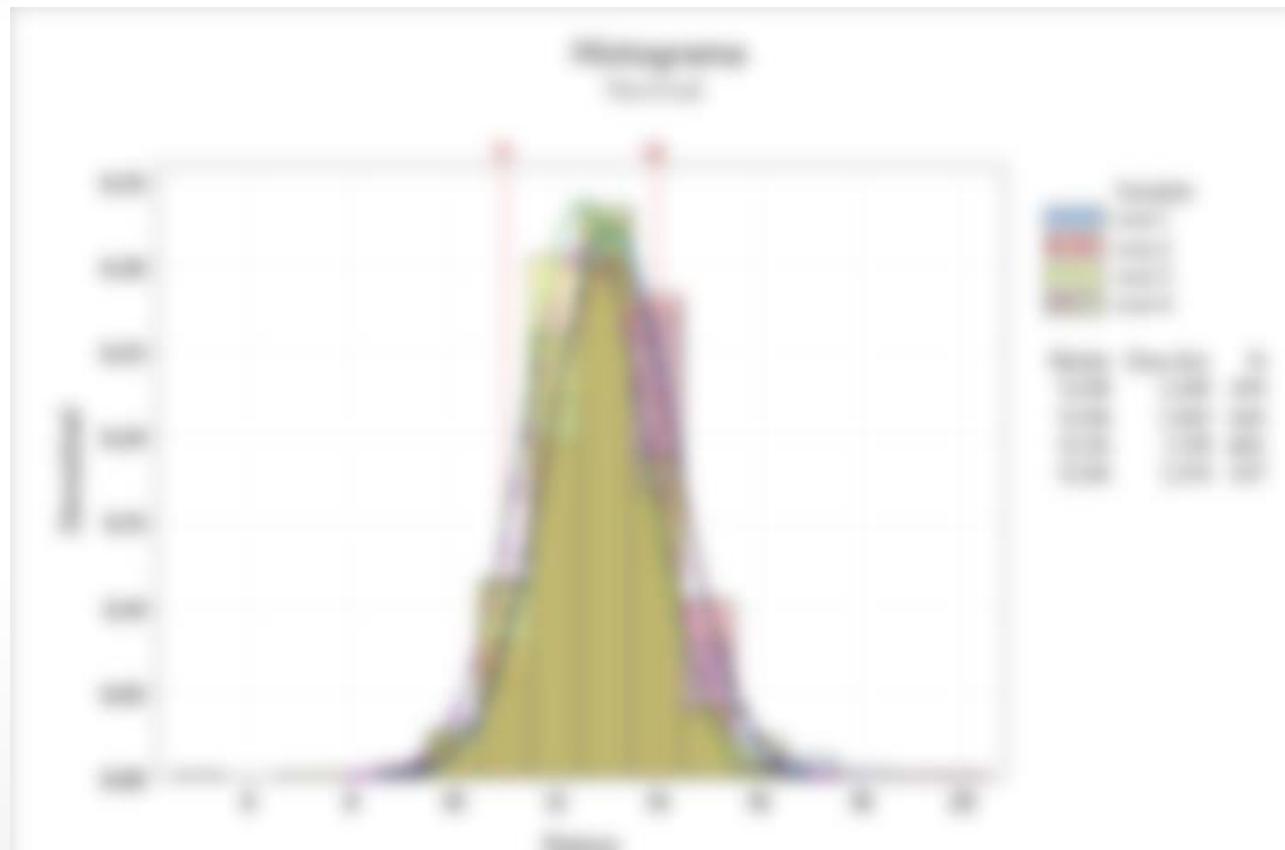
La mayor parte de la  
variación se debe al  
sistema de medición y  
no tanto a la  
reproducibilidad

El Parte a parte es de un valor  
alto, por lo que es posible  
distinguir entre las partes



# Datos históricos de los molinos

- 1. Malla #325**
- 2. Densidad**



Máximo	Mínimo	Medio	Desviación Estándar	Variancia	Coeff Var	Máximo	Mínimo	Rango	Aumento	Cambio
10	9.00	11.0000	0.200	0.0000	0.00	10.00	9.00	1.00	0.00	0.00
10	9.00	11.0000	0.200	0.0000	0.00	10.00	9.00	1.00	0.00	0.00
10	9.00	11.0000	0.200	0.0000	0.00	10.00	9.00	1.00	0.00	0.00
10	9.00	11.0000	0.200	0.0000	0.00	10.00	9.00	1.00	0.00	0.00

### Especificaciones

LSL =

USL =

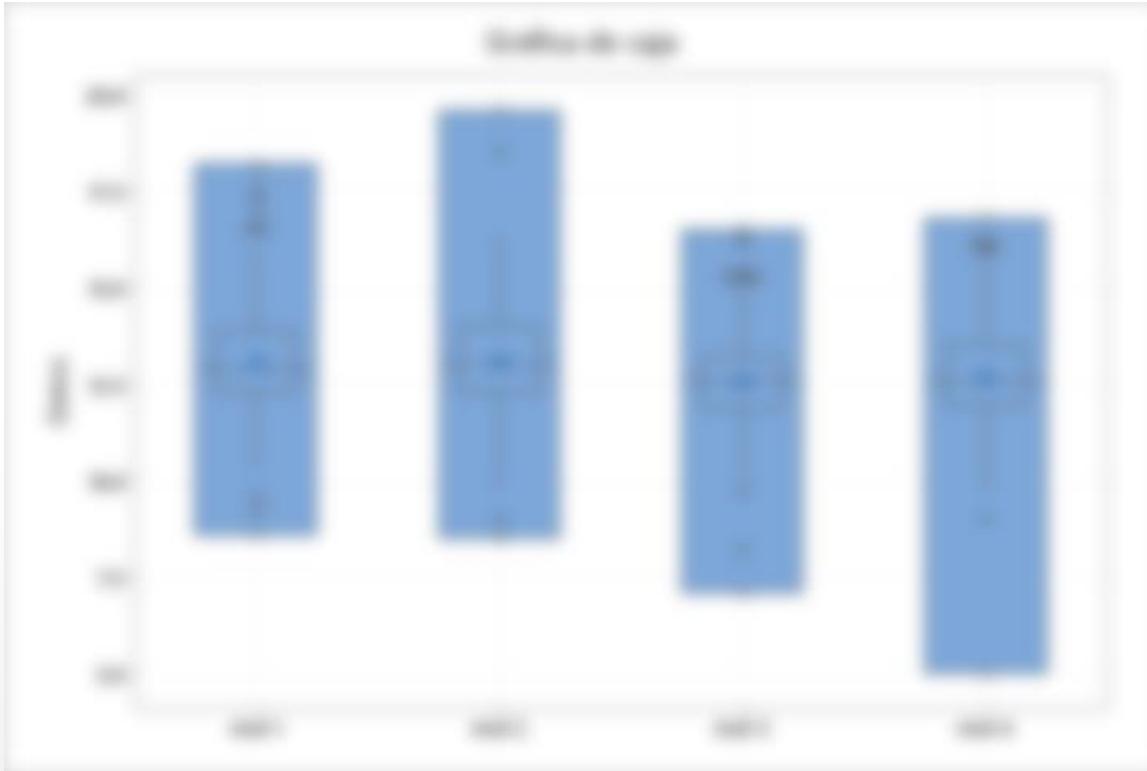
- Molino 1 y 2 están descentrados respecto a la especificación
- Molino 3 tiene la menor desviación estándar y Coeficiente de variación
- Molino 1 y 2 una distribución más mesocúrtica

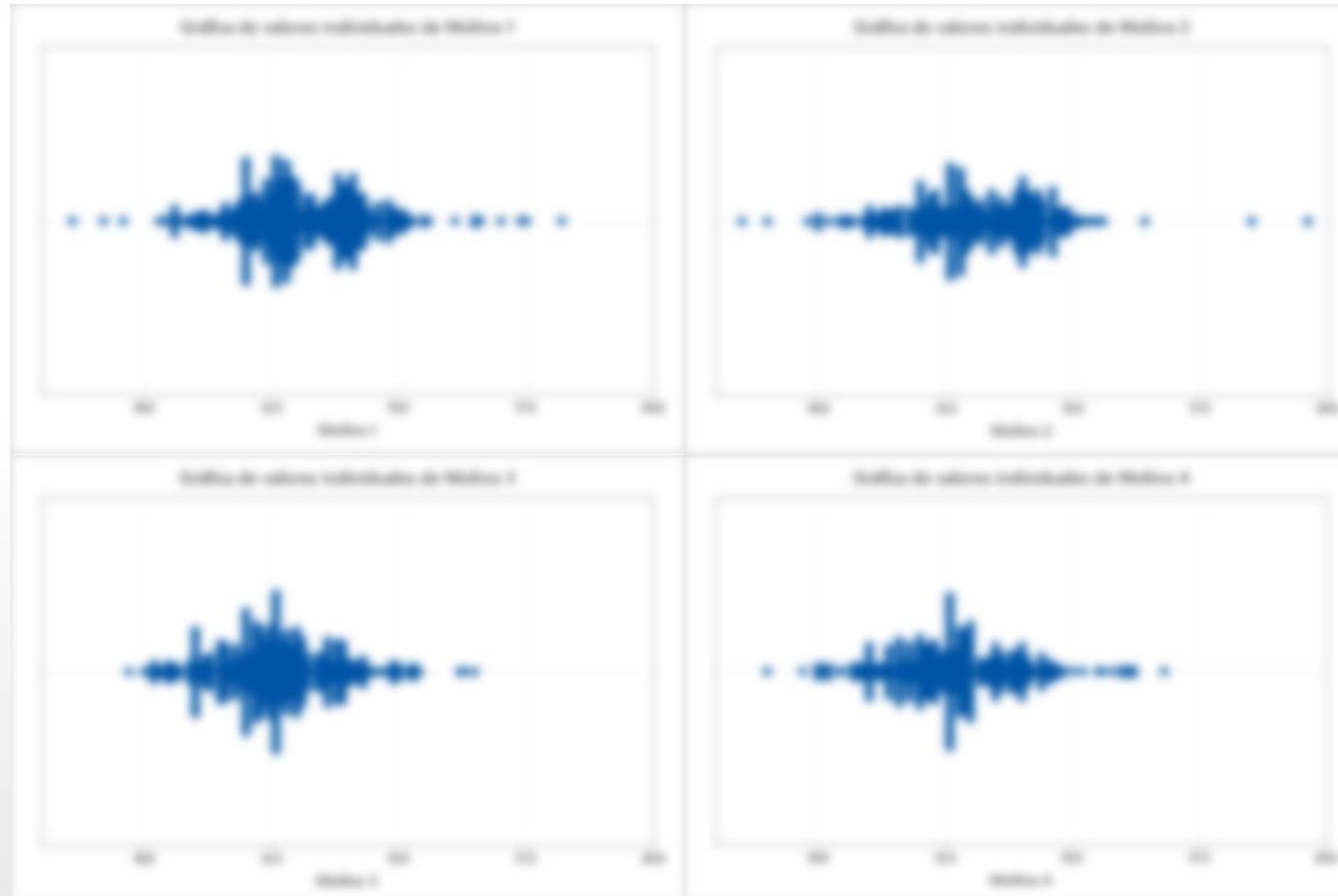


6<sup>th</sup> lean  
D M A I C S

Roca

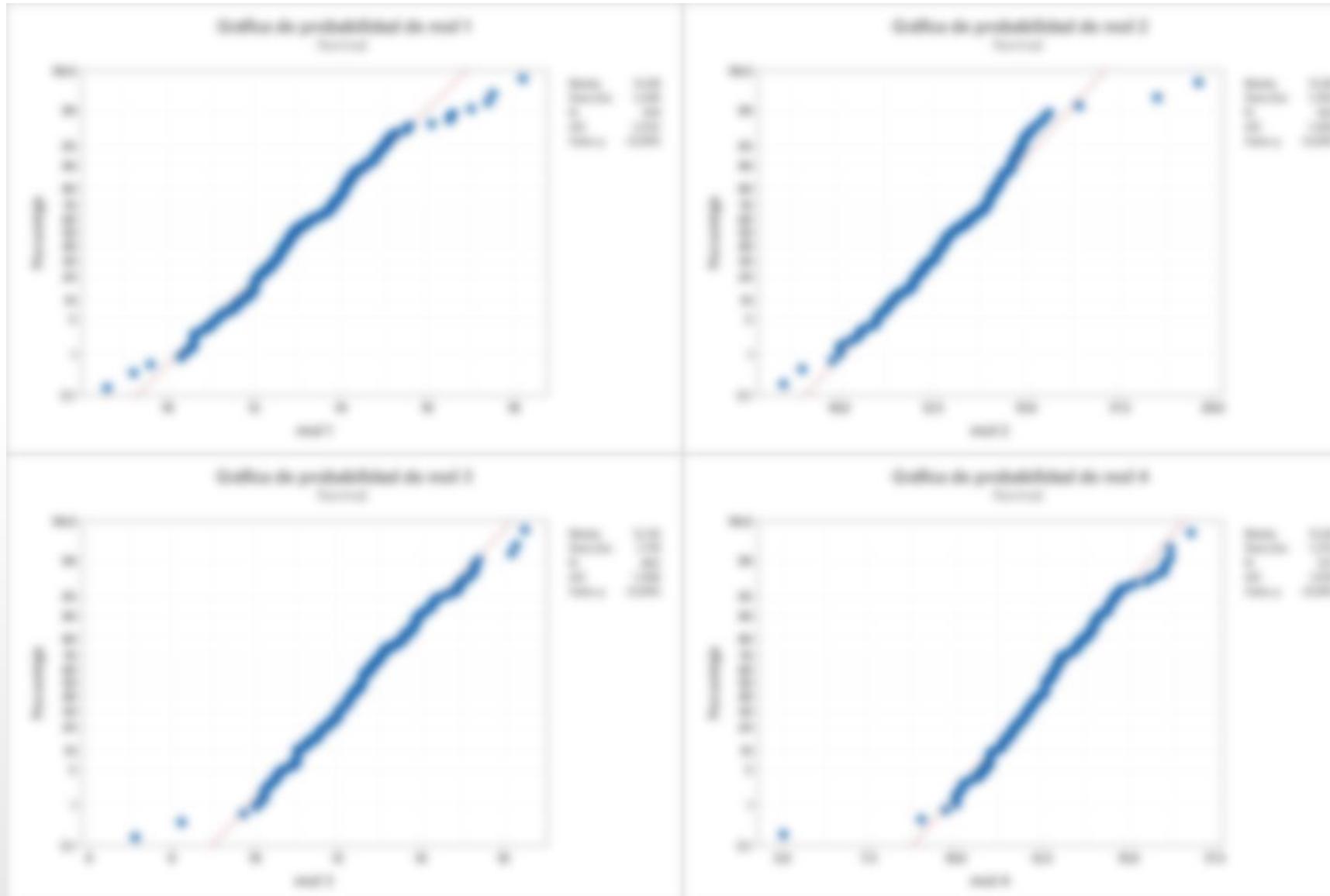
UNIVERSIDAD  
AUSTRAL





## Valores individuales

- El molino 1 no parece unimodal, tiene forma de serrucho
- El molino 2 posee un rango muy alto
- El molino 4 demuestra mayor acumulación en el centro



## Prueba de Normalidad

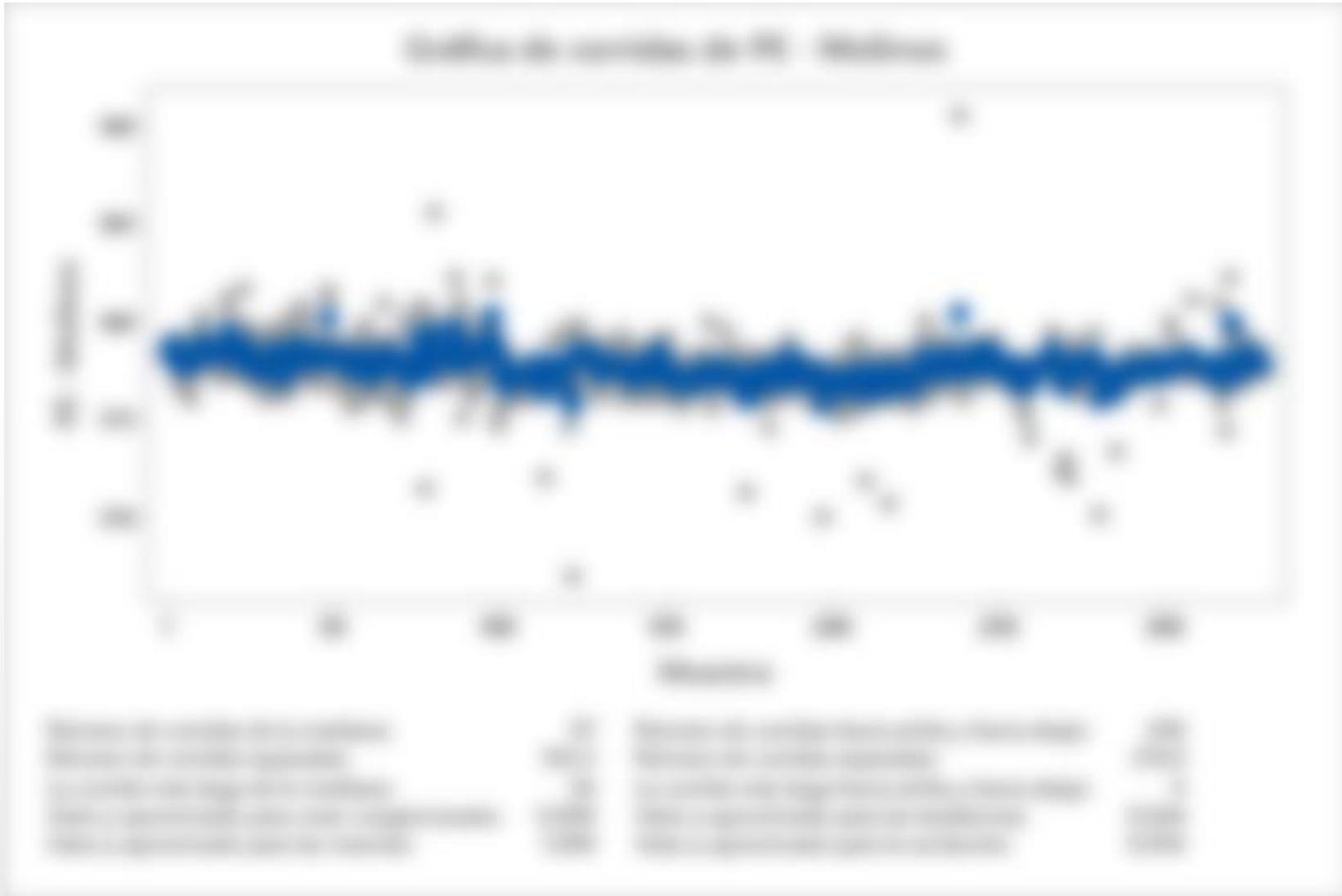
Ninguno de los cuatro molinos poseen una distribución normal

Valor  $p < 0,005$  para todos los casos





D M A I C S





## Fase 2: Medición - (Peaje).

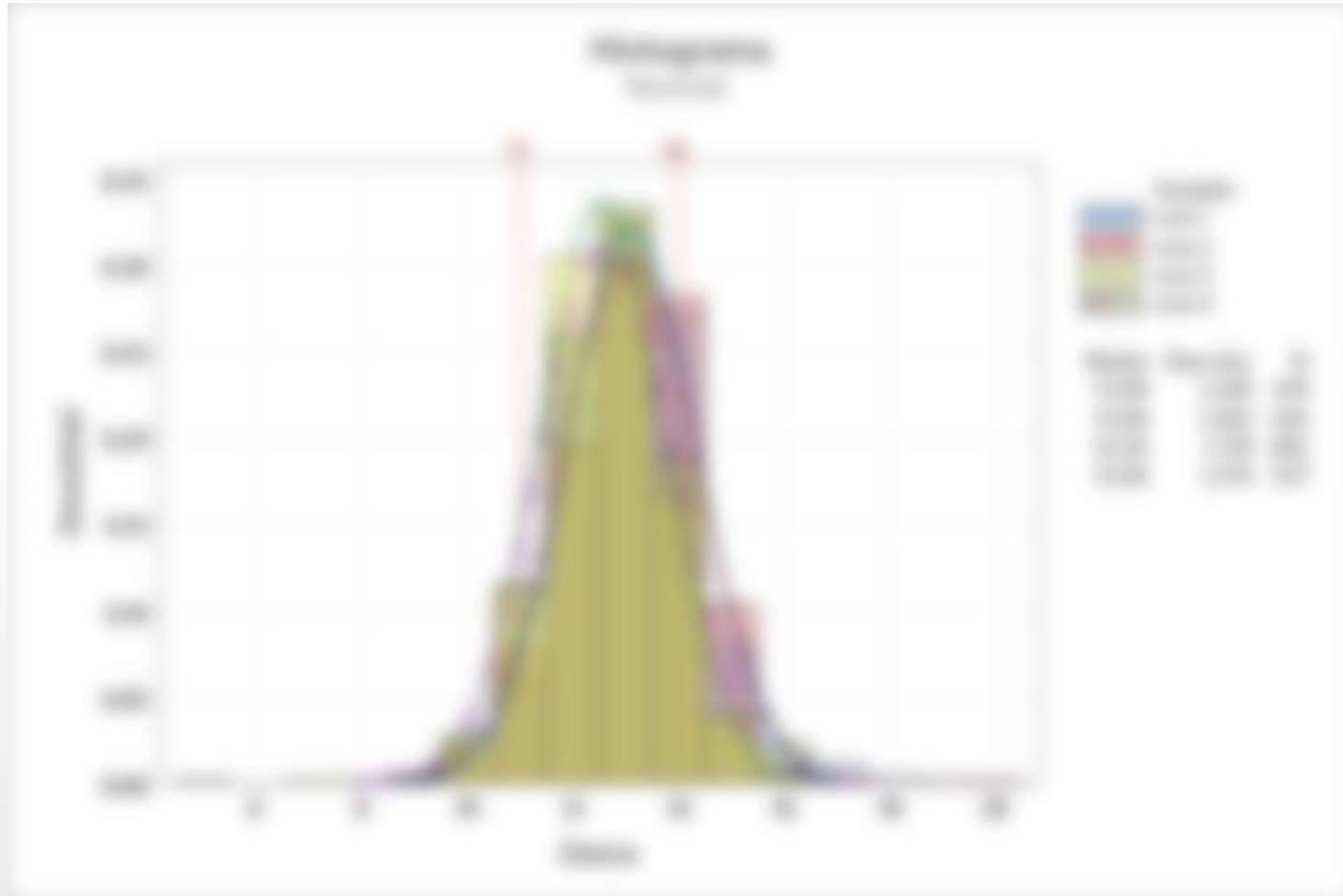
- **¿Conoce la línea base de su Proyecto?**  
Si, los indicadores válidos y confiables están establecidos
- **¿Validó las métricas e identificó las variables que influyen los procesos?**  
Las variables fueron identificadas y medidas. Además se realizo un MSA de la malla #325
- **¿Está su proyecto a tiempo?**  
Está demorado
- **¿Cuáles son las principales lecciones aprendidas en la fase Medir?**  
Que hay que organizar metódicamente un plan de recolección de datos, de lo contrario fracasará, más en un caso como éste el cual tiene muchas variables
- **¿Cuáles son los siguientes pasos?**  
Analizar la información recolectada para buscar las causas raíces



# **Etapa 3:** **Análisis**



# Análisis de Capacidad



Cp  
Cpk



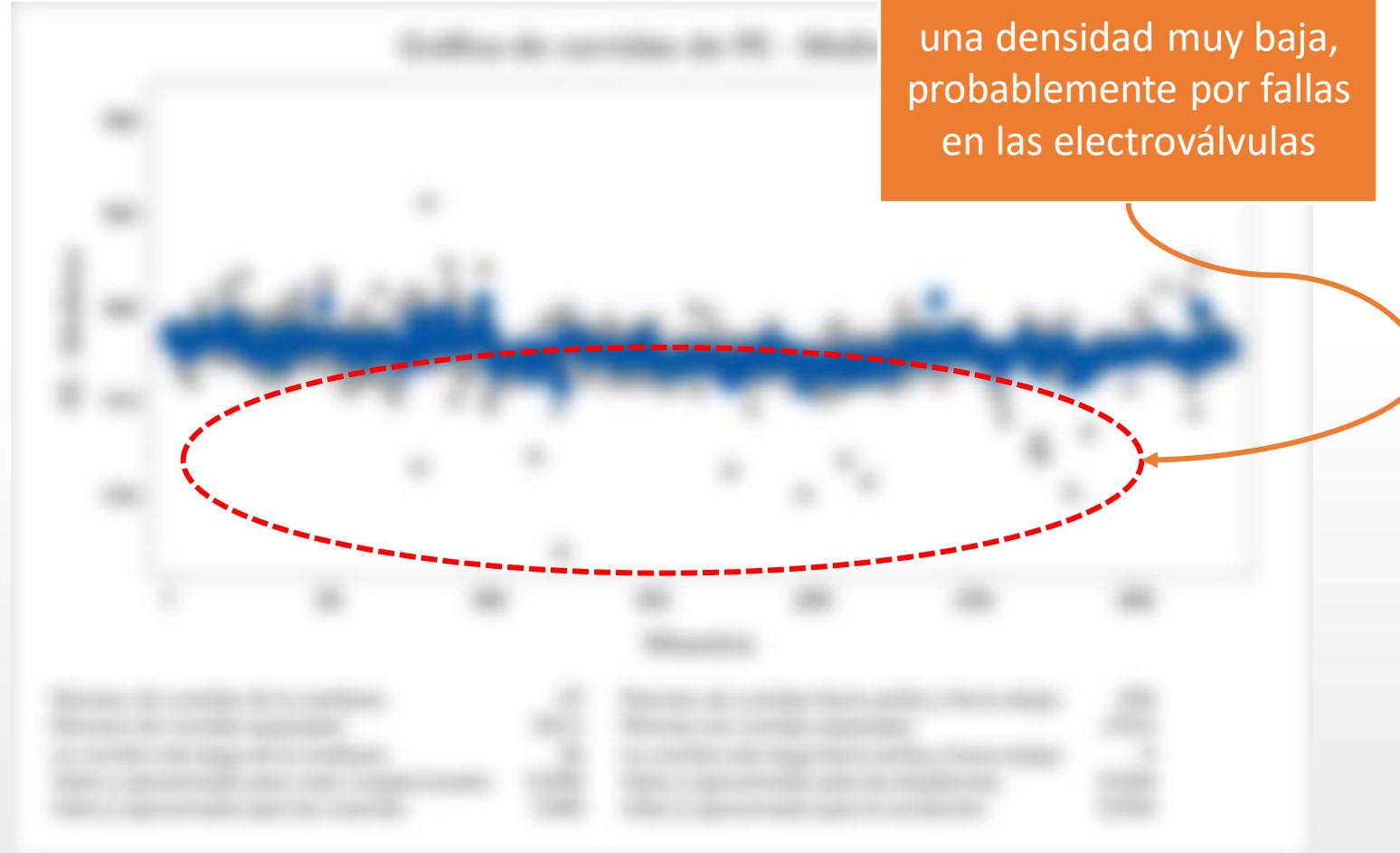
Se observa que ningún molino es capaz de cumplir con las especificaciones del proceso y que el único que está centrado es el Molino 3 ( $Cp=Cpk$ )

$Cp < 1$



## Variación de la densidad de descarga

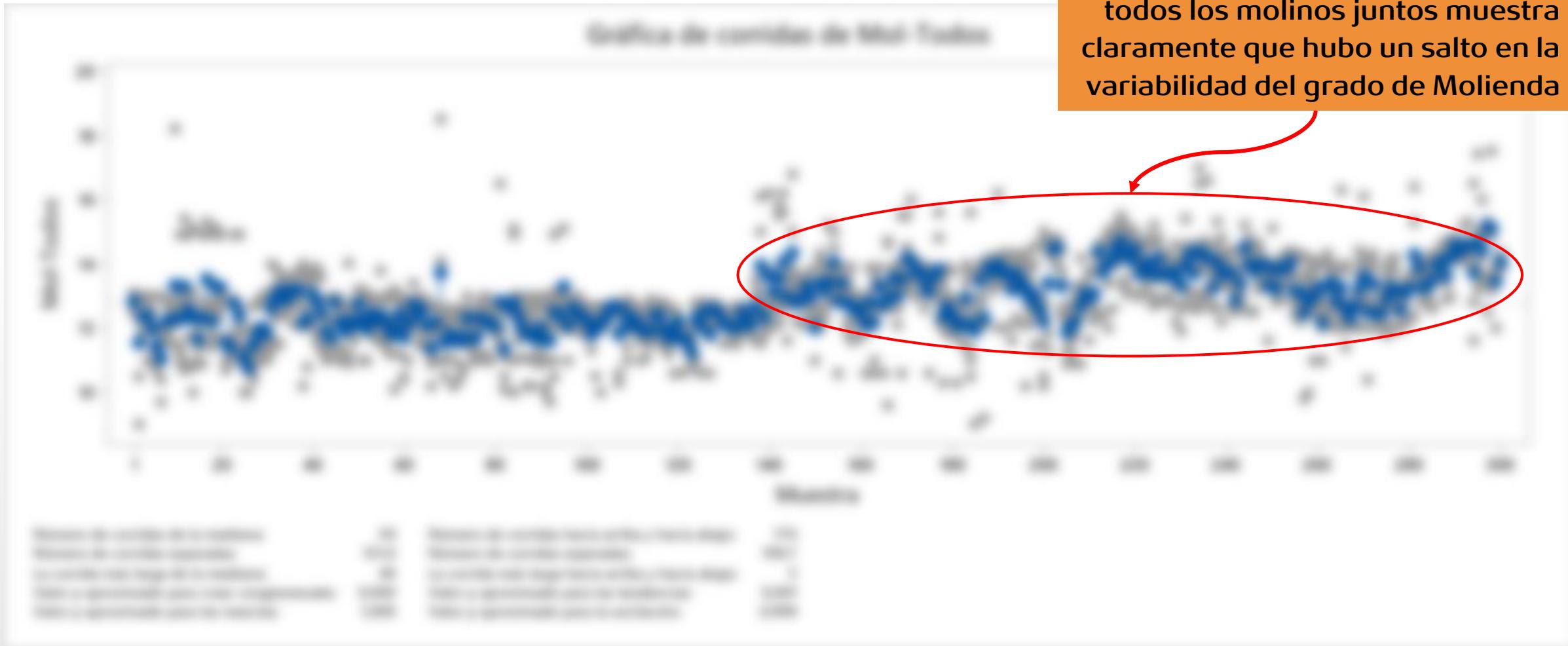
Existen varios valores con una densidad muy baja, probablemente por fallas en las electroválvulas





La desviación estándar es por desviaciones en la carga de arcillas

## Variación de la malla #325



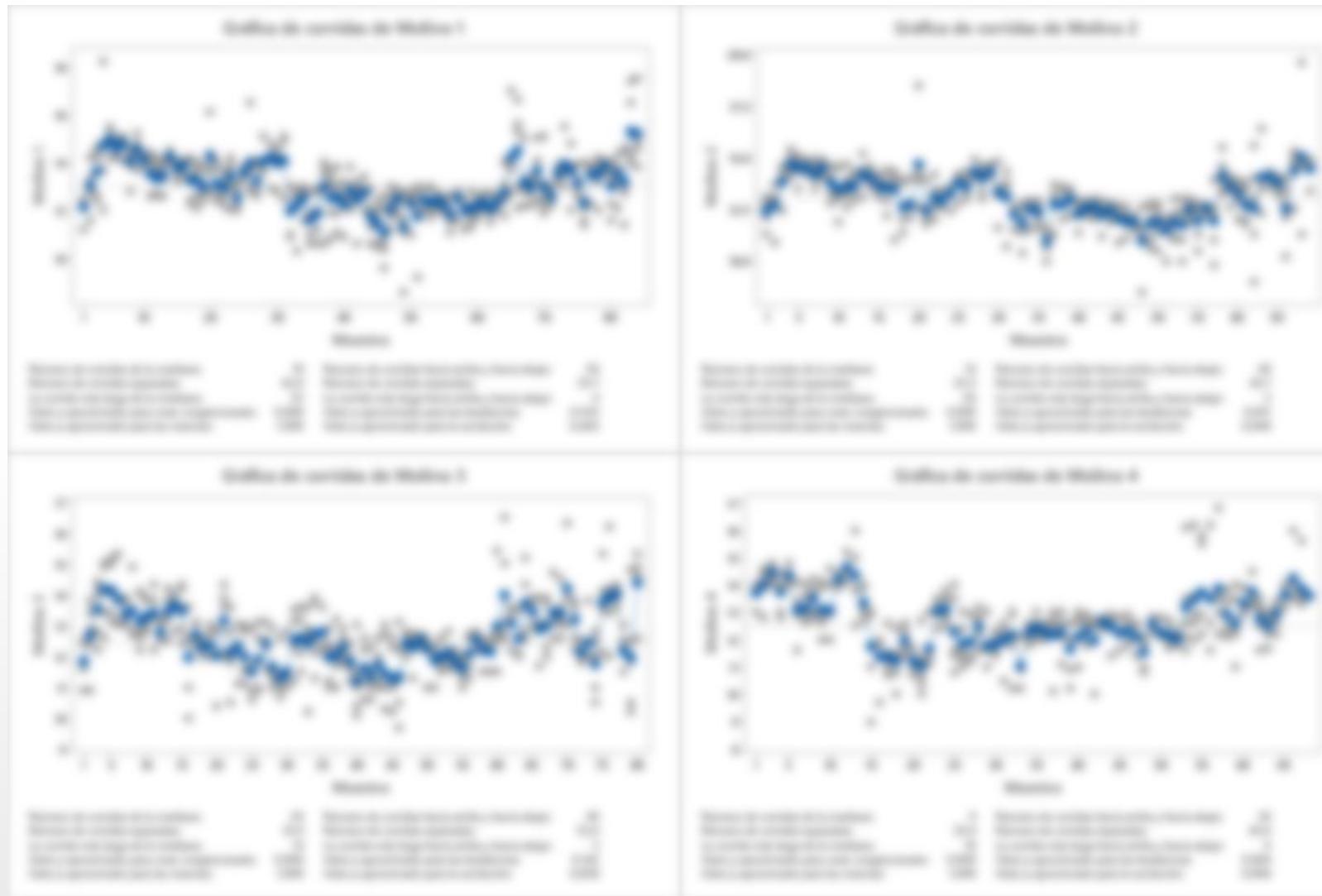


D M A I C S

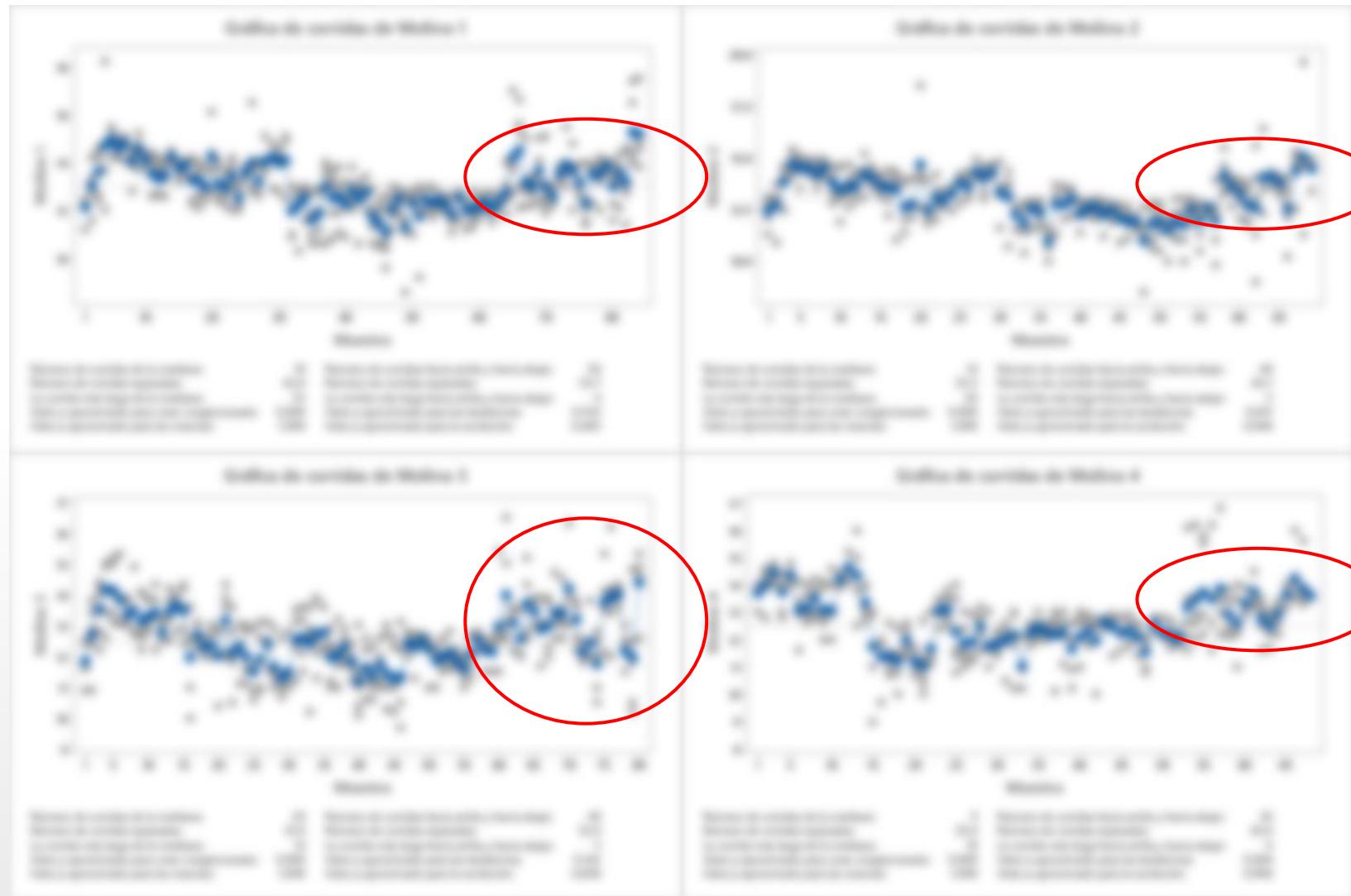
# Run Chart

Se toman subgrupos de 5 molinos que representan un pozo de maduración

UNIVERSIDAD AUSTRAL



- **Conglomerado:** valor  $p<0,05$  para todos los casos.  
Nos indica rechazo de hipótesis nula en favor del azar de los datos. Es decir, una **clara tendencia a tener conglomerados**, probablemente por lotes de materias primas o cambios en el set up del proceso.
- **Mezclas:** valor  $p>0,05$  para todos los casos.  
Nos indica aceptación de hipótesis nula en favor de que **son datos variables provenientes del mismo proceso**.
- **Tendencias:** valor  $p>0,05$  para Molinos 1, 2 y 3.  
Nos indica rechazo de hipótesis nula para el **molino 4 en favor de hipótesis de ausencia de tendencia** pero aceptación de hipótesis nula para **molinos 1,2 y 3**, es decir, que hay una **tendencia en los datos**. En éste caso se ve que es a moler de menos.
- **Oscilación:** valor  $p>0,05$  para todos los casos.  
Nos indica aceptación de hipótesis nula en favor **poca oscilación en los datos**.



Se observa un gran salto en la dispersión de las moliendas a partir de los subgrupos 60 en adelante. Se cree que es por problemas en los recubrimientos que se han desprendido



El molino 3 es el que mayor variación muestra



Se decide vaciar el Molino 3 y revisar el interior



D M A I C S

**Se vacía el Molino 3  
y se encuentra lo  
esperado**



**Roca**

UNIVERSIDAD  
**AUSTRAL**



**Se realiza una medición del grosor de las paredes del molino utilizando un clavo y una regla**

*Espesor = 35 – 38 cm*



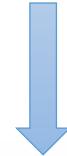
**1 cm por debajo del original**



**Las paredes laterales están en buen estado, solo se instalarán nuevas en las zonas faltantes**



**Se observa el desgaste del recubrimiento en el sentido de giro del Molino**



**Se debe invertir el sentido de giro de  
el Molino**

## Se encuentra también rotura en los rodamientos

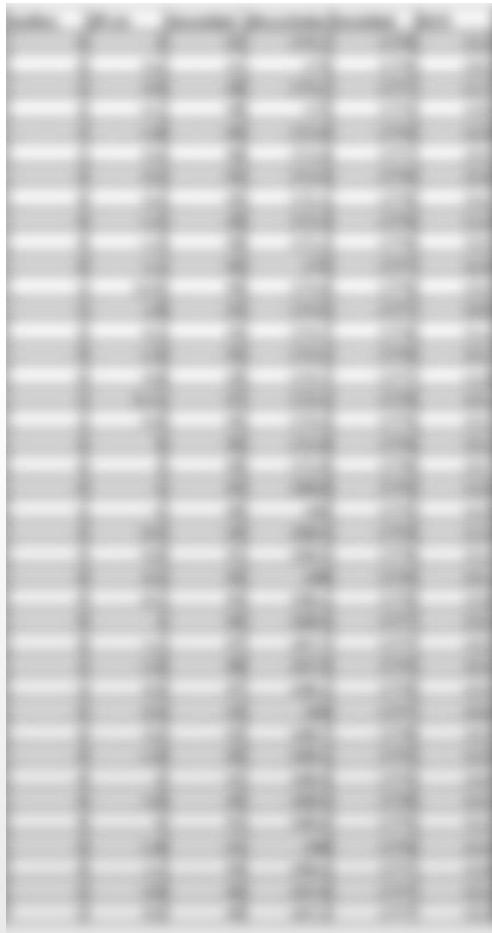


El molino queda fuera de servicio hasta que se instalen los repuestos



# Análisis de regresión múltiple

*Malla #325 = f(Volumen de bolas ; Viscosidad Arcillas ; Carga del molino; Densidad)*



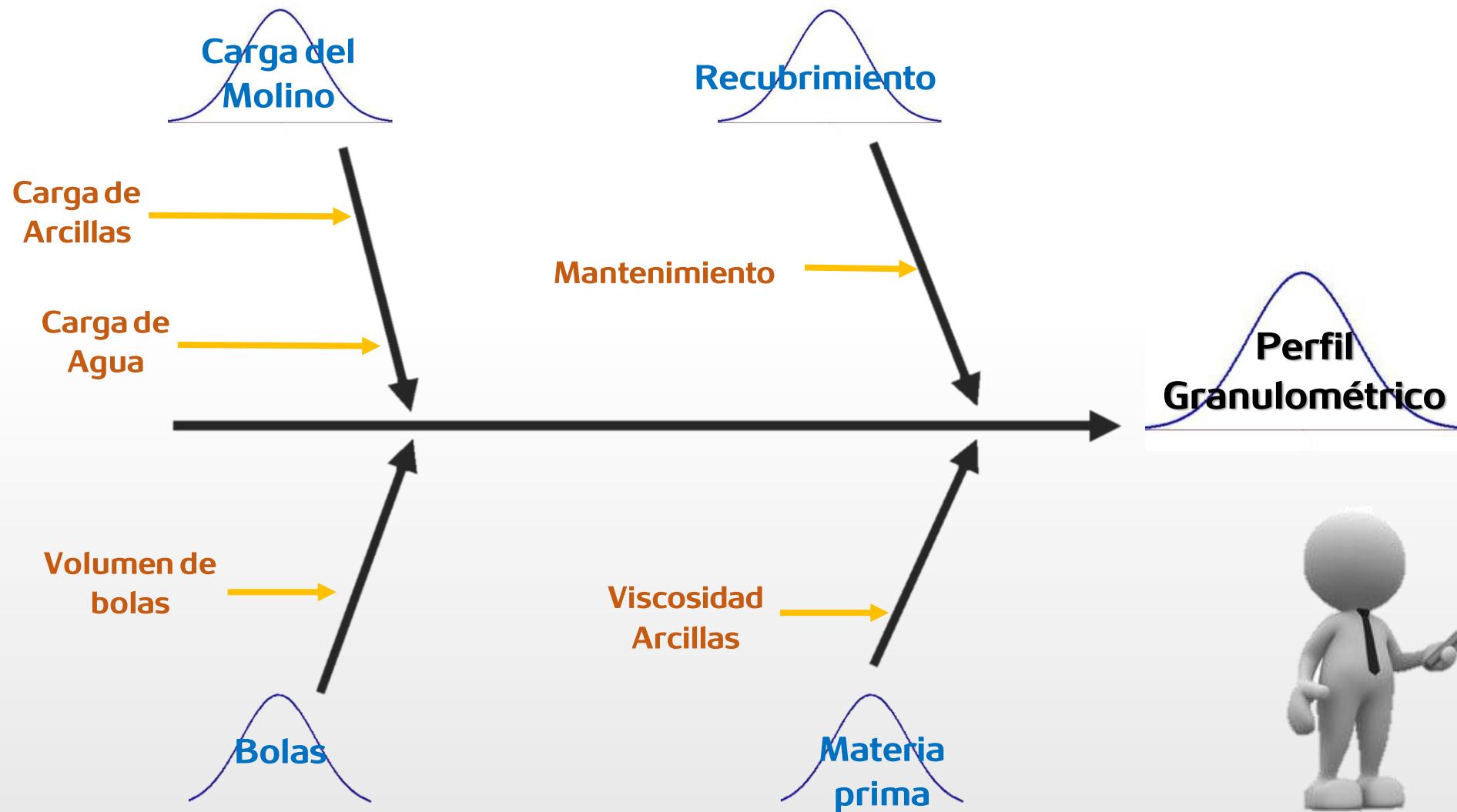
Del plan de recolección de datos se obtuvieron 40 ensayos de molienda controladas con las condiciones de molienda iguales para todos. De los valores de volúmenes de bolas, viscosidad de arcillas y cargas del molino se realizó una regresión múltiple

<i>Coeficientes</i>	
$B_0$	-847,55
$Dif_{arcillas}$	-0,17
$Visc$	-0,17
$Vol_{bolas}$	-0,03
$Densidad$	-0,48

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99997
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99994
R <sup>2</sup> ajustado	0,99993
Error típico	0,06440
Observaciones	40


$$\text{Malla \#325} = -847,55 - 0,17 \cdot Dif_{arcillas} + 0,17 \cdot Visc - 0,03 \cdot Vol_{bolas} + 0,48 \cdot Densidad$$

## Diagrama Causa y Efecto con Causas Raíces Identificadas



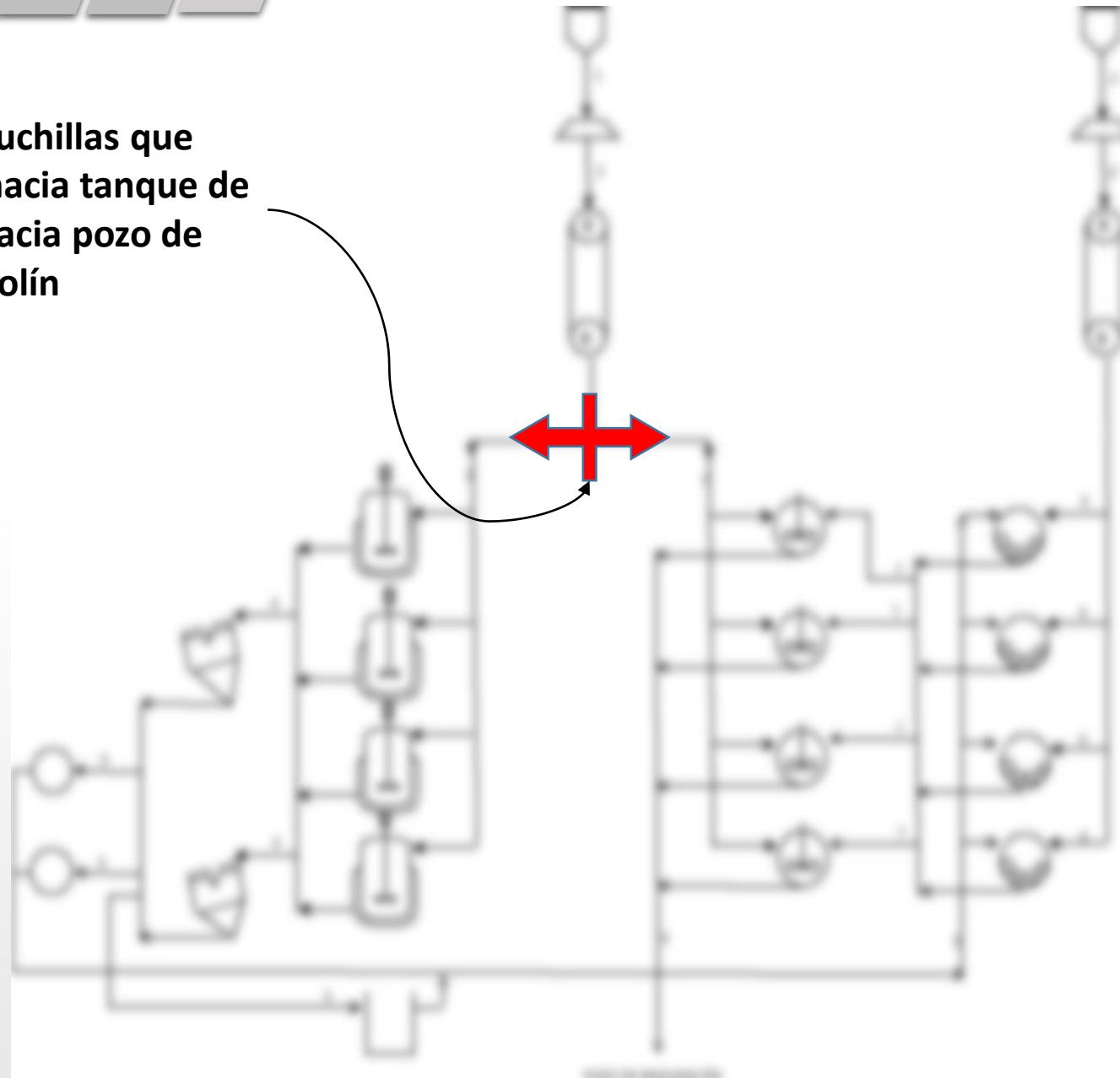
- 
- 
- 
- 
-

# Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

Funcion Etapas	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de Falla	Severidad	Potencial Causal/Mecanismo de Falla	Ocurrencia	Control de Proceso	Detección	NPR
¿Cuáles son las etapas del proceso?	¿De que manera la etapa del proceso puede fallar?	¿Cuál es el impacto del Modo de Falla sobre el cliente?	¿Cuán severo es el efecto sobre el Cliente?	¿Cuáles son las causas del Modo de Falla?	¿Con que frecuencia ocurre la causa del Modo de Falla?	¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes que previenen la causa del Modo de Falla?	¿Con que facilidad puede detectar la causa o Modo de Falla?	Calculado
Molienda de Materiales	Grado de molienda fuera de especificacion	Perdidas por secado en colado y cocción con defectos	5	Volumen de bolas	7		3	105
Perfil granulométrico necesario para lograr una óptima deposicion en los moldes y dilatación en el horno				Desgaste de Recubrimiento	4		4	80
Carga de materiales en la tolva	Formula fuera de proporción	Perdida de propiedades reológicas y físicas	5	Cambio en la viscosidad de Arcillas	9		9	405
Asegurar la proporción relativa de materiales para lograr propiedades reológicas y físicas adecuadas				Dosificación de Agua	3		5	75
				Volumen de Arcillas	9		8	360
				Carga de Materia Prima en las Tolvas	1		7	35
				Cuchilla que separa carga de Arcillas o Caolines	3		9	135



Juego de cuchillas que  
redirecciona hacia tanque de  
Arcillas o hacia pozo de  
Caolín





## Fase 3: Analizar - (Peaje).

- **¿Conoce las causas raíces de su Proyecto? ¿Conoce que está causando el problema?**  
**Si, las causas raíces fueron identificadas**
- **¿Fue necesario actualizar la carta del Proyecto?**  
**No fue necesario**
- **¿Todos los miembros del equipo participaron activamente?**  
**Aunque todos asistieron a las reuniones, no todos contribuyeron activamente**
- **¿Está su proyecto a tiempo?**  
**Está demorado**
- **¿Cuáles son las principales lecciones aprendidas en la fase Analizar?**  
**Que no hay que apurarse, es mejor analizar bien toda la información para evitar sorpresas**
- **¿Cuáles son los siguientes pasos?**  
**Desarrollar y/o diseñar un sistema para controlar éstas variables críticas**



# Etapa 4: Mejora





D M A I C S

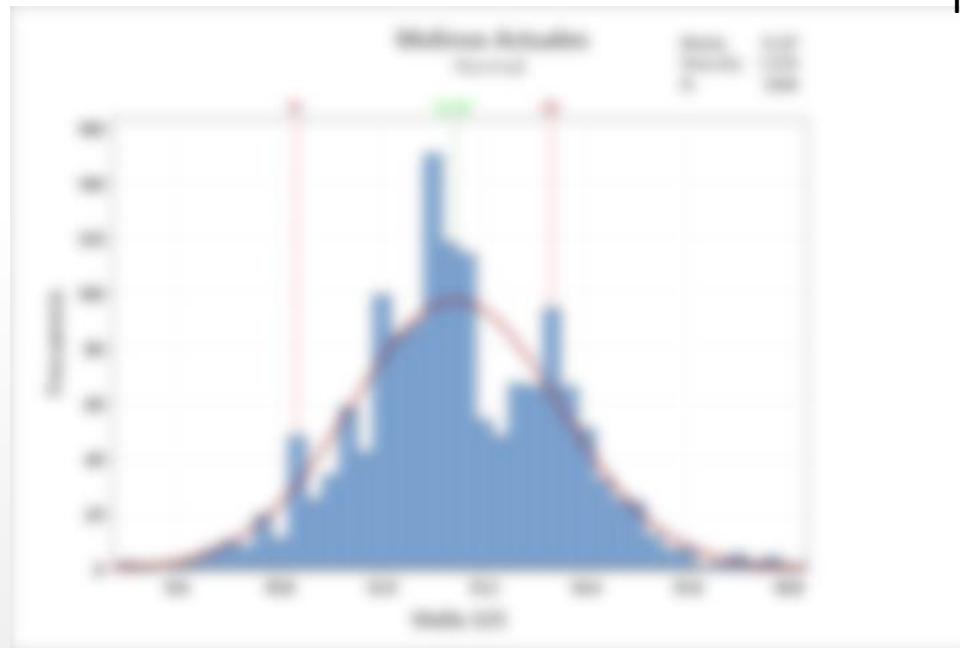
# Capacidad del Proceso

## Límites de control para las causas raíces



## Capacidad del Proceso

### Límites de control para las causas raíces



Normalizar la distribución

$$N(0; 1)$$

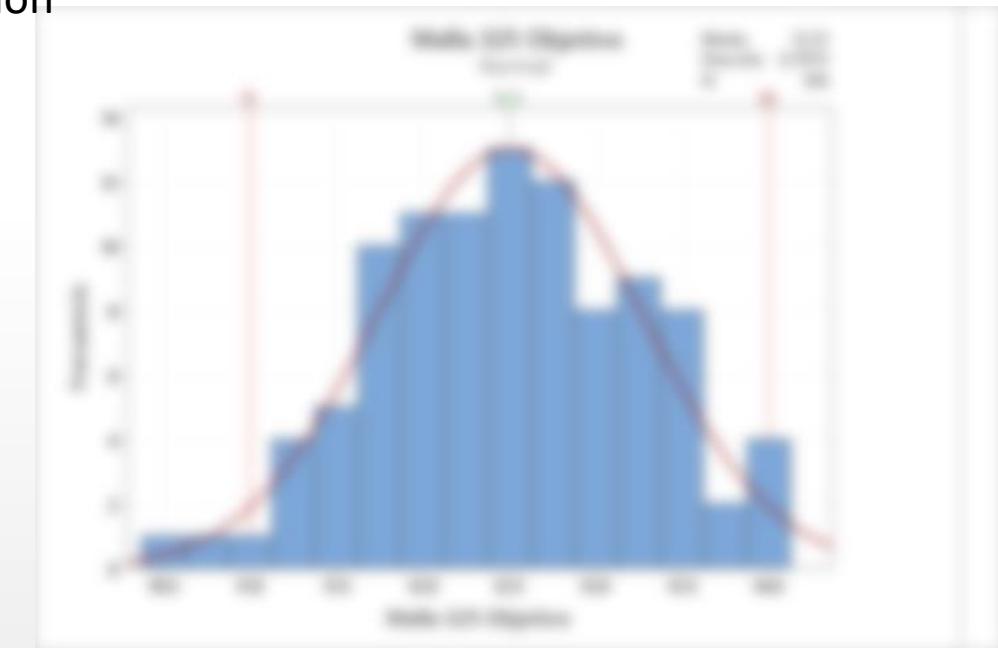

$$Z_{\alpha/2} = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{x - \mu}{Z_{\alpha/2}}$$

$$\alpha = 95\%$$

$$\mu = 12,5$$

$$\sigma = 0,76$$





# Matriz de selección de soluciones

Acción	Impacto	Costo	Dificultad de aplicación	Total
Medir Viscosidad				
Caudalímetro				
Cronograma carga de bolas				
Lotear pozo arcillas				
Electroválvulas en serie				
Verificar recubrimiento				
Poka Yoke cuchillas				
Contrato marco empresa calibradora				





# Plan de acción

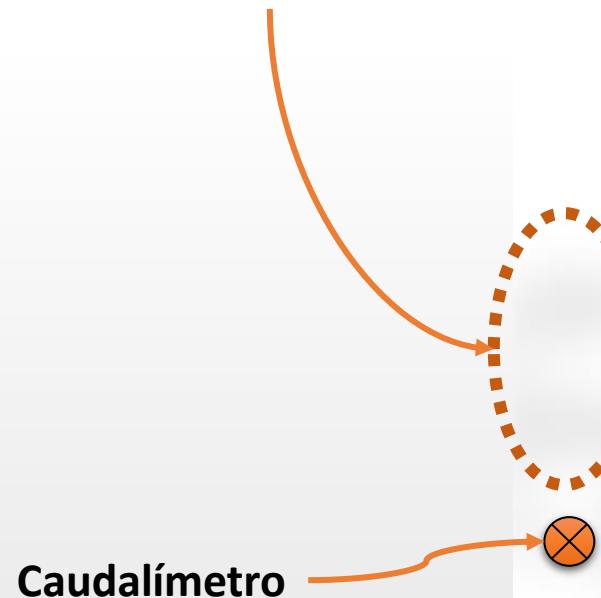


Prioridad	Plan de accion	Responsable	Objetivo	Fecha tentativa
1	Implementar una cultura de mejora continua dentro de la empresa.	Equipo de liderazgo	Mejorar la satisfacción con los servicios.	01/06/2024
2	Desarrollar un compromiso para la mejora continua.	Equipo de liderazgo	Mejorar la satisfacción de la competencia.	01/06/2024
3	Implementar un compromiso de mejora continua y establecer directrices para el desarrollo de las mejoras.	Equipo de Producción	Mejorar la satisfacción entre los clientes.	01/06/2024
4	Implementar políticas para mejorar los niveles de cumplimiento.	Equipo de Producción	Mejorar el uso de recursos de trabajo por parte de los empleados.	01/06/2024
5	Mejorar la satisfacción entre los empleados.	Equipo de Producción	Mejorar la motivación por parte de los empleados.	01/06/2024
6	Mejorar las estrategias para la implementación de mejoramiento continuo.	Equipo de Producción	Mejorar la satisfacción del cliente.	01/06/2024
7	Mejorar indicadores utilizados para evaluar el desempeño humano y establecer criterios para mejorar el trabajo.	Equipo de Producción	Mejorar la productividad.	01/06/2024
8	Mejorar la satisfacción entre los empleados.	Equipo de Producción	Mejorar la satisfacción entre los empleados.	01/06/2024
9	Mejorar la satisfacción entre los empleados.	Equipo de Producción	Mejorar que los empleados y trabajadores estén satisfechos.	01/06/2024



D M A I C S

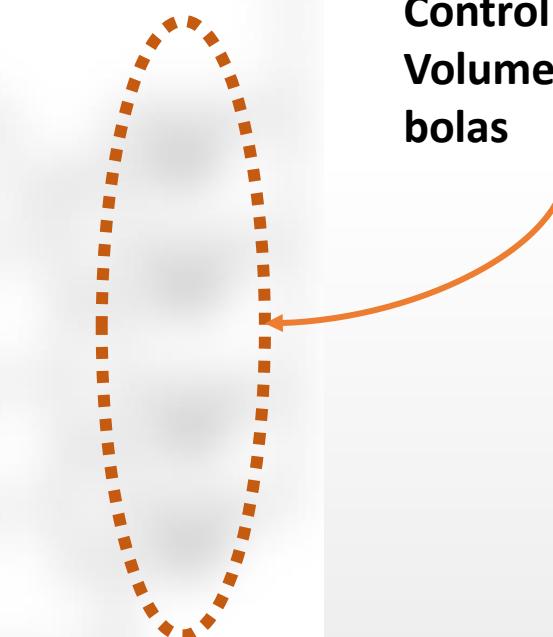
Poka Yoke para lotear pozos de arcilla a viscosidad controlada



Semáforo de dos colores. Uno para cargar Arcilla y el otro Caolín



Control de Volumen de bolas



# Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

Funcion Etapas	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de Falla	NPR	Accion Recomendada	Responsabilidad	Accion Tomada	NPR a esperar
¿Cuáles son las etapas del proceso?	¿De que manera la etapa del proceso puede fallar?	¿Cuál es el impacto del Modo de Falla sobre el cliente?	Calculado	¿Cuáles son las acciones para reducir la ocurrencia, disminuir la severidad o mejorar la detección?	¿Quién sera el responsable de que la acción recomendada ocurra?	¿Cuáles seran las acciones específicas ejecutadas?	Objetivo
Molienda de Materiales	Grado de molienda fuera de especificacion	Perdidas por secado en colado y cocción con defectos	105 80 405 75 360			50 30 45 35 30	
Perfil granulométrico necesario para lograr una óptima deposicion en los moldes y dilatación en el horno							
Carga de materiales en la tolva	Formula fuera de proporción	Perdida de propiedades reológicas y físicas	35 135			5 30	
Asegurar la proporción relativa de materiales para lograr propiedades reológicas y físicas adecuadas							

The diagram illustrates the AMFE process flow. It starts with identifying potential failure modes and their effects, leading to recommended actions and responsibilities. Green arrows indicate the flow from one step to the next. Red dashed circles highlight specific numerical values (105, 80, 405, 75, 360, 35, 135) associated with different failure modes or effects.



- ¿Se identificaron las variables de entrada y de proceso relevantes?  
*Si*
- ¿Se ha evaluado la capacidad de desempeño actual del proceso?  
*Si*
- ¿Cómo fueron evaluados?  
*Con un diagrama de Gant y análisis del Takt Time*
- ¿Se consideraron todos los requisitos reglamentarios?  
*Si, se consideraron las especificaciones del cliente*
- ¿Se ingresaron todos los datos relaciones con el proceso en un VSM?  
*Si*
- ¿Se desarrolló un diseño de producción?  
*Si*
- ¿Qué medidas se introdujeron para garantizar la calidad constante de proveedores?  
*Si, se introdujeron variables no controladas al mundo de las controladas*
- ¿Cómo se asegura la disponibilidad de los empleados? ¿Cómo se garantiza su capacidad y motivación?  
*Rotándolos para que conozcan y entiendan las necesidades de sus clientes y proveedores internos*
- ¿Está su proyecto a tiempo?  
*Está demorado*
- ¿Cuáles son los siguientes pasos?  
*Establecer un plan y un gráfico de control*



# Etapa 5: Control





# Control plan

- 1. ¿Cómo alertará el proceso a la organización si algo sale mal?**
  
- 2. ¿Con que frecuencia se Recopilarán los datos? ¿Quién recopilara los datos?**
  
- 3. ¿Cómo podría probar el proceso a prueba de errores?**
  
- 4. ¿Cómo se asegurará que los resultados se mantengan en su lugar?**
  
- 5. ¿Cómo se asegurará de que la solución no se basa "únicamente" en la presencia de una determinada persona y que se pueda replicar a otras áreas de la empresa?**

## 1. ¿Cómo alertará el proceso a la organización si algo sale mal?



# Gráfico de Control

Se desarrolla un nuevo grafico de control en conjunto con el departamento informático para las nuevas variables de control del proceso incluyendo las que ya estaban





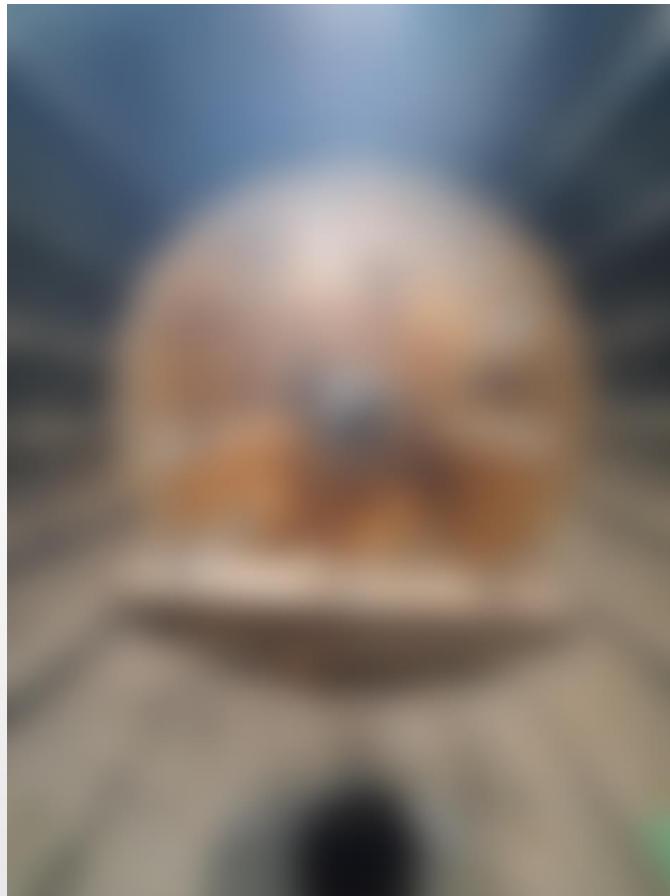
## 2. ¿Con que frecuencia se Recopilarán los datos? ¿Quién recopilará los datos?

Plan de recolección de datos Control									
Que	Tipo de Variable	Estratificación	Quien	Responsable	Cuando	Cuantas veces	Cada cuanto	Tiempo necesario	Registro
Consumo de agua	Continua	Todos los días	Operador del sistema	Supervisor de Producción	Algunas veces	Una vez	El primer cuarto del día	5 minutos	Reporte en pantalla digital
Consumo de agua	Continua	Todos los días	Operador del sistema	Supervisor de Producción	Algunas veces	Una vez	El segundo cuarto del día	5 minutos	Reporte en pantalla digital
Consumo de agua	Continua	Todos los días	Operador del sistema	Supervisor de Producción	Algunas veces	Una vez	El tercer cuarto del día	5 minutos	Reporte en pantalla digital
Consumo de agua	Continua	Todos los días	Operador del sistema	Supervisor de Producción	Algunas veces	Una vez	El cuarto cuarto del día	5 minutos	Reporte en pantalla digital
Consumo de agua	Continua	Todos los días	Operador del sistema	Supervisor de Producción	Algunas veces	Una vez	Total del día	5 minutos	Reporte en pantalla digital



# Plan de revisión de Recubrimientos

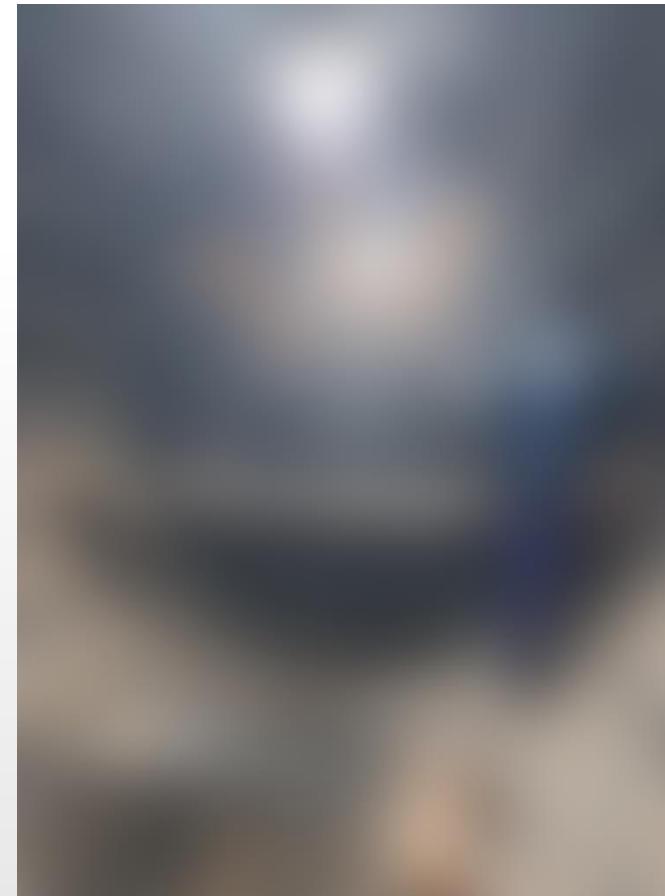
Se define parar los molinos una vez al año, con una separación de 4 meses entre ellos. La parada del molino se estima en dos semanas entre vaciado, limpiado y refacción



## Molino 3



Se procede con la compra de recubrimientos e instalación de los mismos



### 3. ¿Cómo podría probar el proceso a prueba de errores?

Realizando capacitaciones y rotando al personal por las distintas áreas para que todos comprendan las necesidades y requisitos de clientes y proveedores internos



#### Plan de Capacitaciones

En	Responsable	A quien	Inicio	Fin	Duración	Objetivo
Maduración de Módulo #01/21	Jefe de Calificación	Ángel Cristina Daniela Carla Daniela Daniela	29-agosto	29-agosto	30 días	Objetivo: Entender y aprender
Maduración de Módulo #02/21	Jefe de Calificación	Ángel Cristina Daniela Carla Daniela Daniela	30-agosto	30-agosto	2-días	Objetivo: Entender y aprender

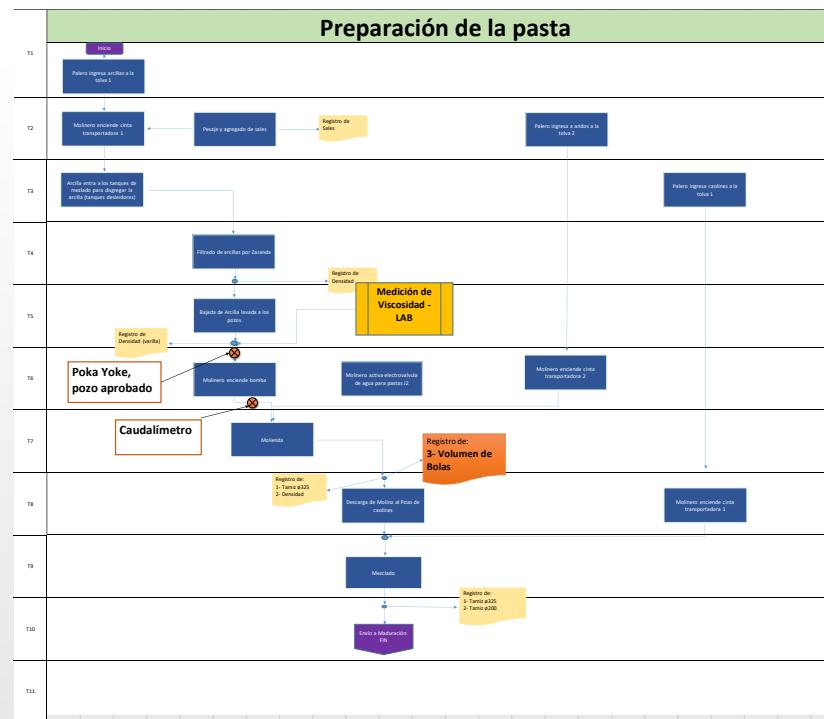
#### Plan de rotaciones

Cada 6 meses se rotará al personal de preparación con el de maduración



## 4. ¿Cómo se asegurará que los resultados se mantengan en su lugar?

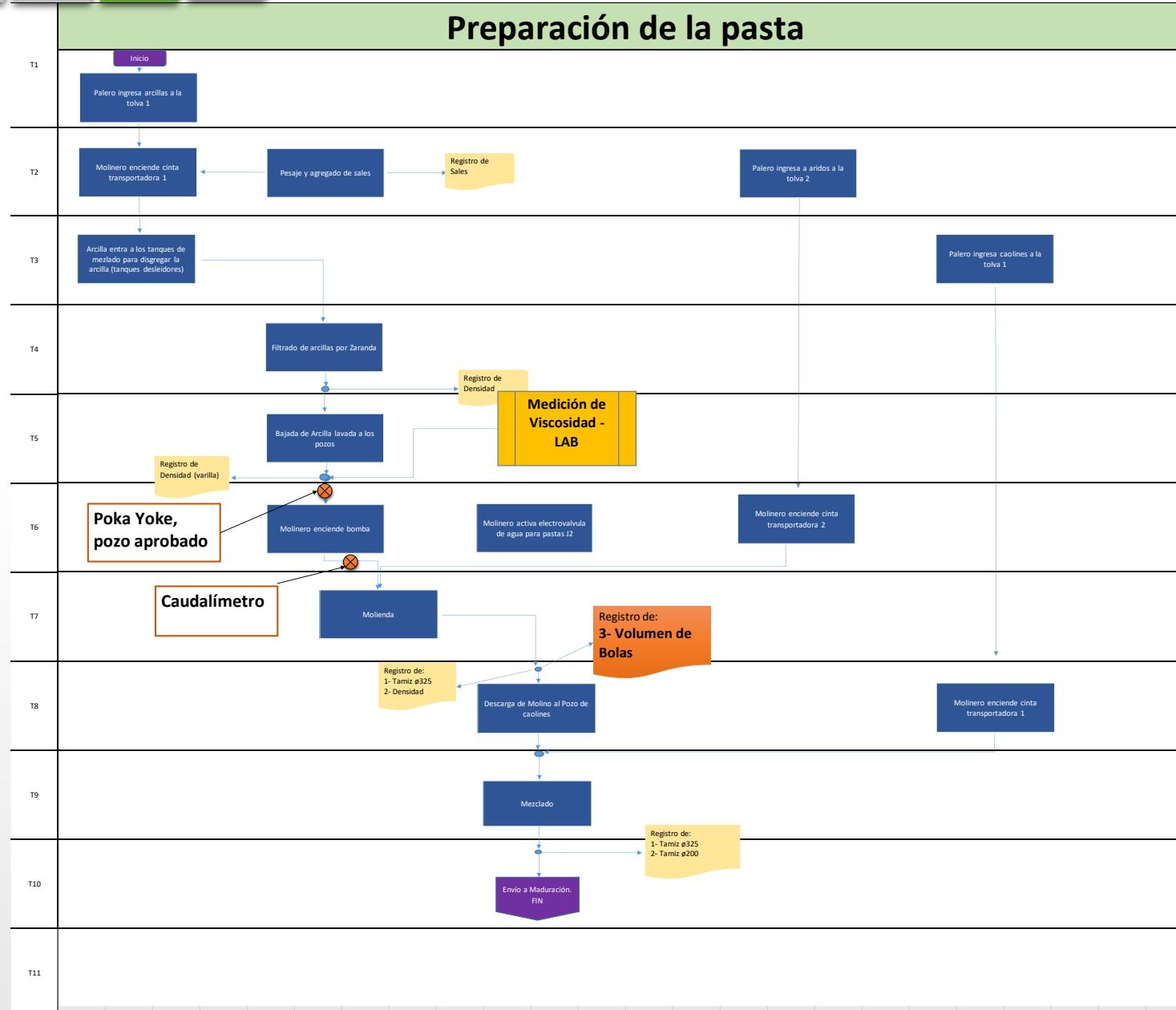
En conjunto con el departamento de Métodos y tiempos se redefinieron las tareas y se llevó a cabo la redacción de los nuevos SOP's (procedimientos operativos estándar)



	Tarea	Responsable	Acciones	Control
1	Preparación de la pasta	Operario Molino	Operario de Preparación	Operario de Producción
2	Medición de Densidad	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Operario de Producción
3	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción	Supervisor de Producción
4	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción	Supervisor de Producción
5	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción	Supervisor de Producción
6	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción	Supervisor de Producción
7	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción	Supervisor de Producción
8	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción	Supervisor de Producción
9	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción	Supervisor de Producción
10	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción	Supervisor de Producción
11	Densidad	Operario Molino	Supervisor de Preparación	Supervisor de Producción

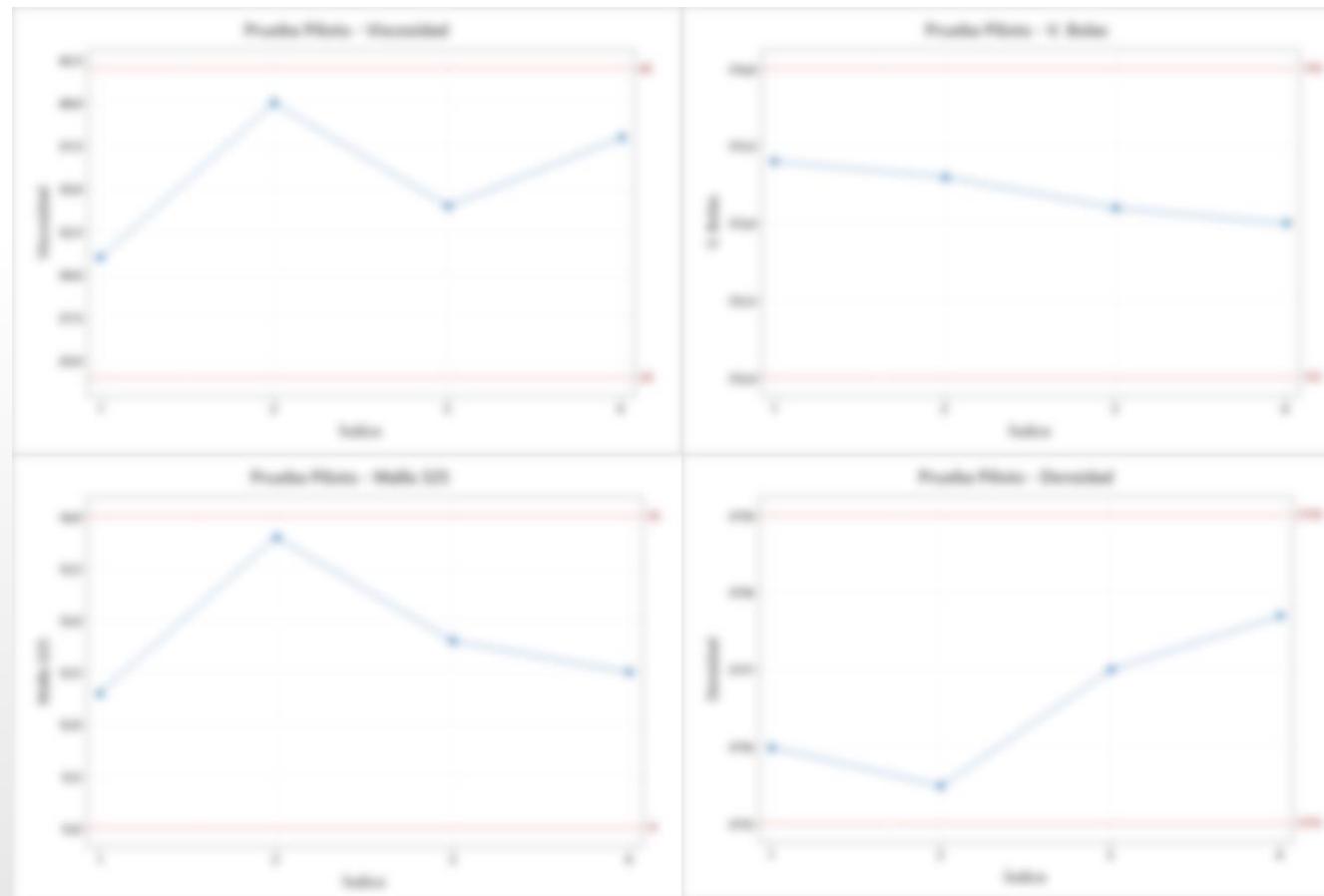


## Preparación de la pasta



# Prueba piloto

Se realizo una prueba piloto de 4 moliendas con el molino 4 ajustando la viscosidad de las Arcillas y dio perfecto!





5. ¿Cómo se asegurará de que la solución no se basa "únicamente" en la presencia de una determinada persona y que se pueda replicar a otras áreas de la empresa?

**Con la etapa Compartir**



# Etapa 5: Compartir



*Involucrando a todo el equipo de Jefes, Supervisores y Monitores en la aplicación y seguimiento del proyecto*

*Presentar el trabajo a otros Jefes de sectores para que conozcan como se está trabajando y que además conozcan la metodología para aplicarla en sus sectores*



- **¿Qué tan bien se han cumplido los objetivos de calidad, costos y capacidad?**  
*Se debe realizar una prueba piloto a gran escala y verificar si se han cumplido los objetivos de capacidad*
- **¿Cómo se documenta finalmente el proceso?**  
*Con el departamento de Métodos y tiempos se registra la documentación oficial*
- **¿El proceso es monitoreado por un sistema KPI sensible?**  
*Si*
- **¿Existe un plan en caso de que ocurran desviaciones?**  
*Si*
- **¿Cómo se puede saber si estas actividades son suficientes?**  
*Con una prueba piloto a gran escala*
- **¿Cuáles son los contenidos de la documentación final?**  
*Diagrama de flujo, SOP's, planillas de Excel, indicadores*
- **¿Qué indica que el propietario del proceso ha asumido toda la responsabilidad y el equipo de desarrollo ahora está liberado de sus tareas?**  
*Que el equipo propietario del proceso lideró el desarrollo del proyecto*
- **¿Se cumplen los objetivos?**  
*Si*



Fin!