



Aspectos Básicos de Six Sigma



Objetivos de aprendizaje

Al final de este módulo, podrá:

- **Reconocer que Six Sigma es un enfoque valioso para mejorar la calidad de procesos**
- **Interpretar un cuadro básico de control estadístico de proceso**
- **Distinguir entre límites de proceso y límites especificados de control**
- **Describir un proceso capaz**

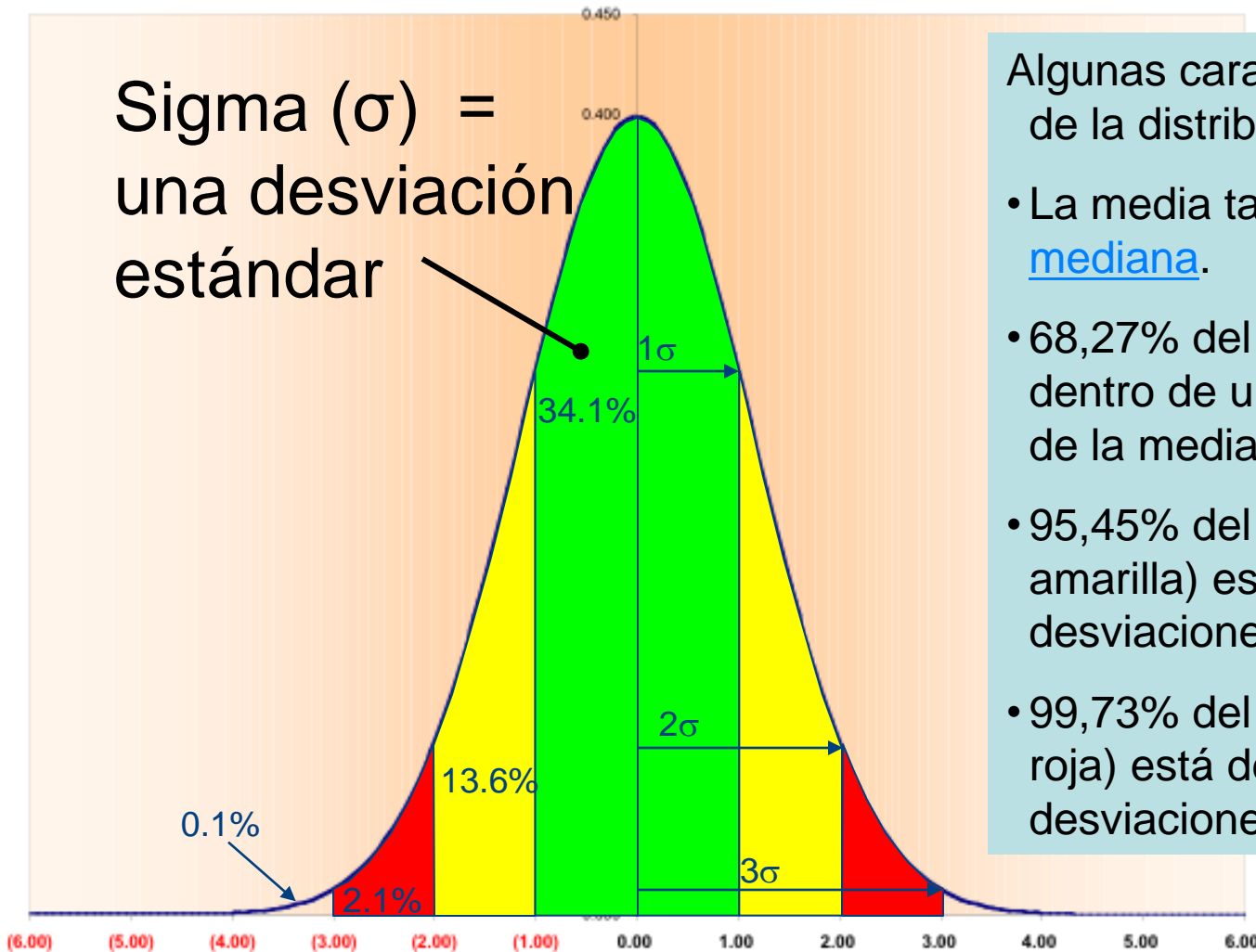
¿Qué es Six Sigma?

- Una *estrategia* para mejorar la calidad de procesos mediante la identificación y eliminación de defectos y la minimización de la variación en los resultados del proceso
- Un enfoque determinado por datos basado en la *medición* de la variación de proceso utilizando control estadístico de proceso
- Un enfoque estructurado de *implementación* basado en un ciclo DMAIC y expertos certificados

El objetivo de Six Sigma es reducir la variación de proceso

Curva estándar de distribución normal

Sigma (σ) =
una desviación
estándar



Algunas características importantes de la distribución normal:

- La media también es su [moda](#) y [mediana](#).
- 68,27% del área (zona verde) está dentro de una desviación estándar de la media.
- 95,45% del área (zona verde y amarilla) está dentro de dos desviaciones estándar
- 99,73% del área (verde, amarilla y roja) está dentro de tres desviaciones estándar

- “Defecto” se define como cualquier resultado de proceso que no satisfaga las especificaciones del cliente.
- Mejorar la calidad significa reducir los defectos por millón de oportunidades (DPMO, por su sigla en inglés). Existen dos atributos de este criterio de medición que se pueden controlar:
 - *Oportunidades* – reducir la cantidad de pasos, entregas y otras “oportunidades” ayuda a mejorar la calidad
 - *Defectos* – reducir la cantidad de defectos por cada etapa de proceso en un mejoramiento continuo de proceso ayuda a mejorar la calidad

Six Sigma – Significado práctico

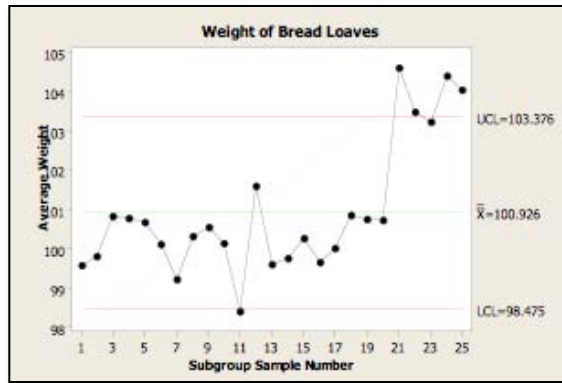
99% BUENO (3,8 Sigma)

- 20.000 artículos de correo perdidos por hora
- Agua potable insegura durante casi 15 minutos por día
- 5.000 procedimientos quirúrgicos incorrectos por semana
- Dos aterrizajes incorrectos en la mayoría de los aeropuertos importantes cada día
- 200.000 recetas de medicamentos erróneas cada años
- Falta de electricidad durante casi siete horas cada mes

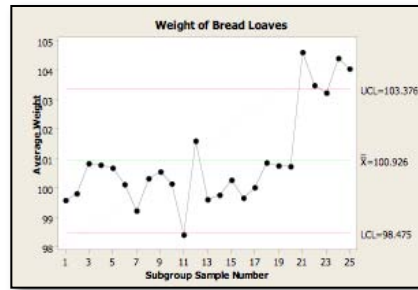
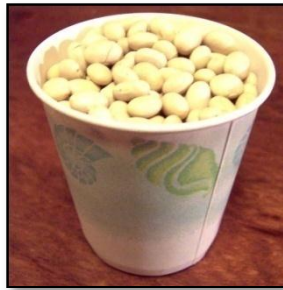
99,99966% BUENO (6 Sigma)

- Siete artículos de correo perdidos por hora
- Un minuto inseguro de agua potable cada siete meses
- 1,7 operaciones incorrectas por semana
- Un aterrizaje incorrecto cada cinco años
- 68 recetas erróneas cada año
- Una hora sin electricidad cada 34 años

Control estadístico de procesos



- Los cuadros de control son la herramienta principal del control estadístico de procesos
- Los cuadros de control entregan información acerca de la estabilidad/predictibilidad del proceso, específicamente respecto de su:
 - Tendencia central (respecto del valor objetivo)
 - Variación
- Los cuadros de control estadístico de proceso son cuadros de secuencias temporales de procesos importantes o características de productos



Ejercicio en clases

- La farmacia desea monitorear la entrega de dosis del medicamento Poroto Blanco
- Se tomarán y pesarán 3 muestras cada día, llevando registro en una planilla.
- Los datos se ingresarán en dos cuadros de control (uno para medias y otro para rangos)
- Los datos de los primeros veinte días establecerán la capacidad actual del proceso
- A partir de ahí, la farmacia monitoreará las dosis mediante el ingreso de las muestras diarias al cuadro de control
- Los mejoramientos de proceso se hacen de acuerdo con las necesidades, sobre la base de los datos recolectados.

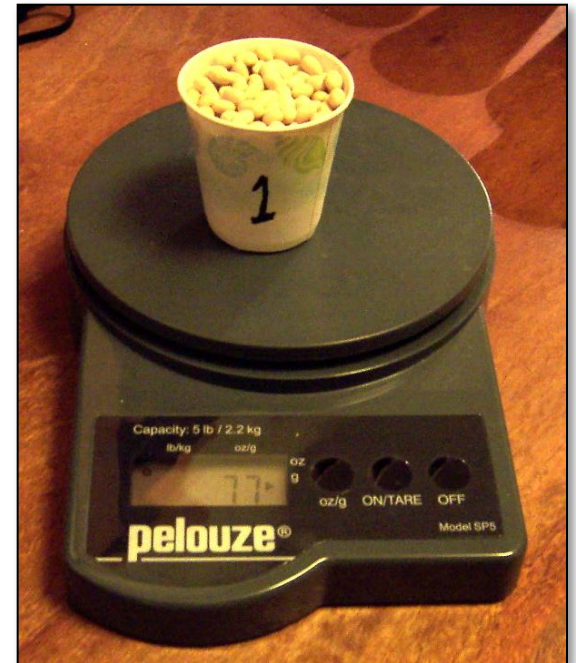


Qué hacer

Fase I

Capacidad del Proceso

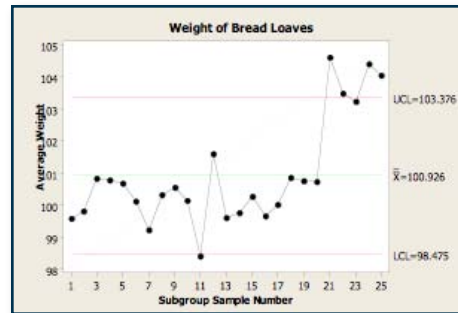
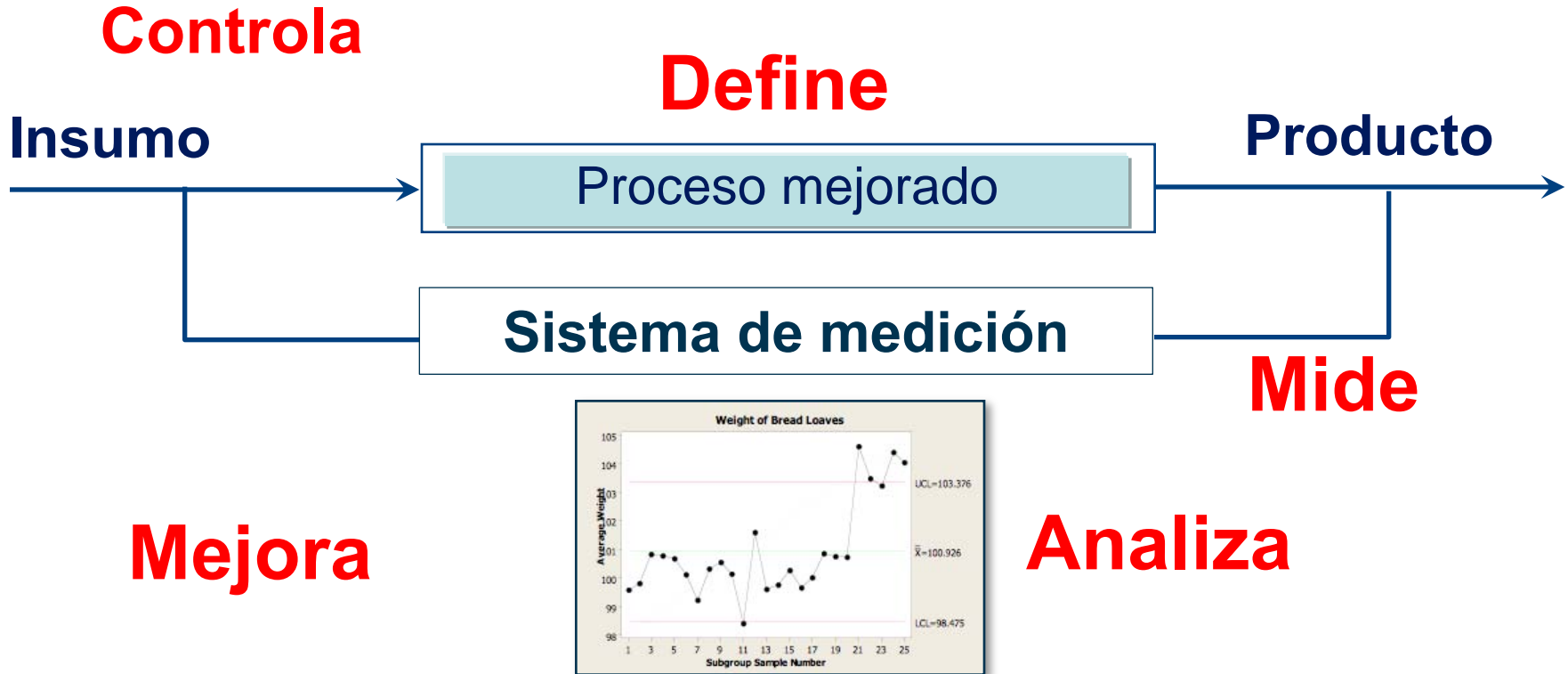
- **Seleccione tres muestras con el mismo número (día)**
- **Pese cada una en la balanza digital**
- **Registre los datos en la planilla, calcule la media (promedio) e informe los resultados al instructor**
- **También informe los pesos más altos y más bajos de cada día. Calcule el rango = más alto – más bajo**



Proceso Six Sigma – DMAIC, por su sigla en inglés

- **Define**
 - Quiénes son los clientes y cuáles son sus requerimientos
 - Identifica las características claves importantes para el cliente
- **Mide**
 - Categoriza los insumos claves y las características de los productos, verifica los sistemas de medición
 - Recaba datos y fija un desempeño de línea de base
- **Analiza**
 - Convierte datos crudos en información para entender el proceso
- **Mejora**
 - Desarrolla soluciones para mejorar la capacidad del proceso y compara los resultados con el desempeño de línea de base
- **Controla**
 - Monitorea el proceso para garantizar que no se produzcan cambios inesperados

Ejemplo simple de DMAIC



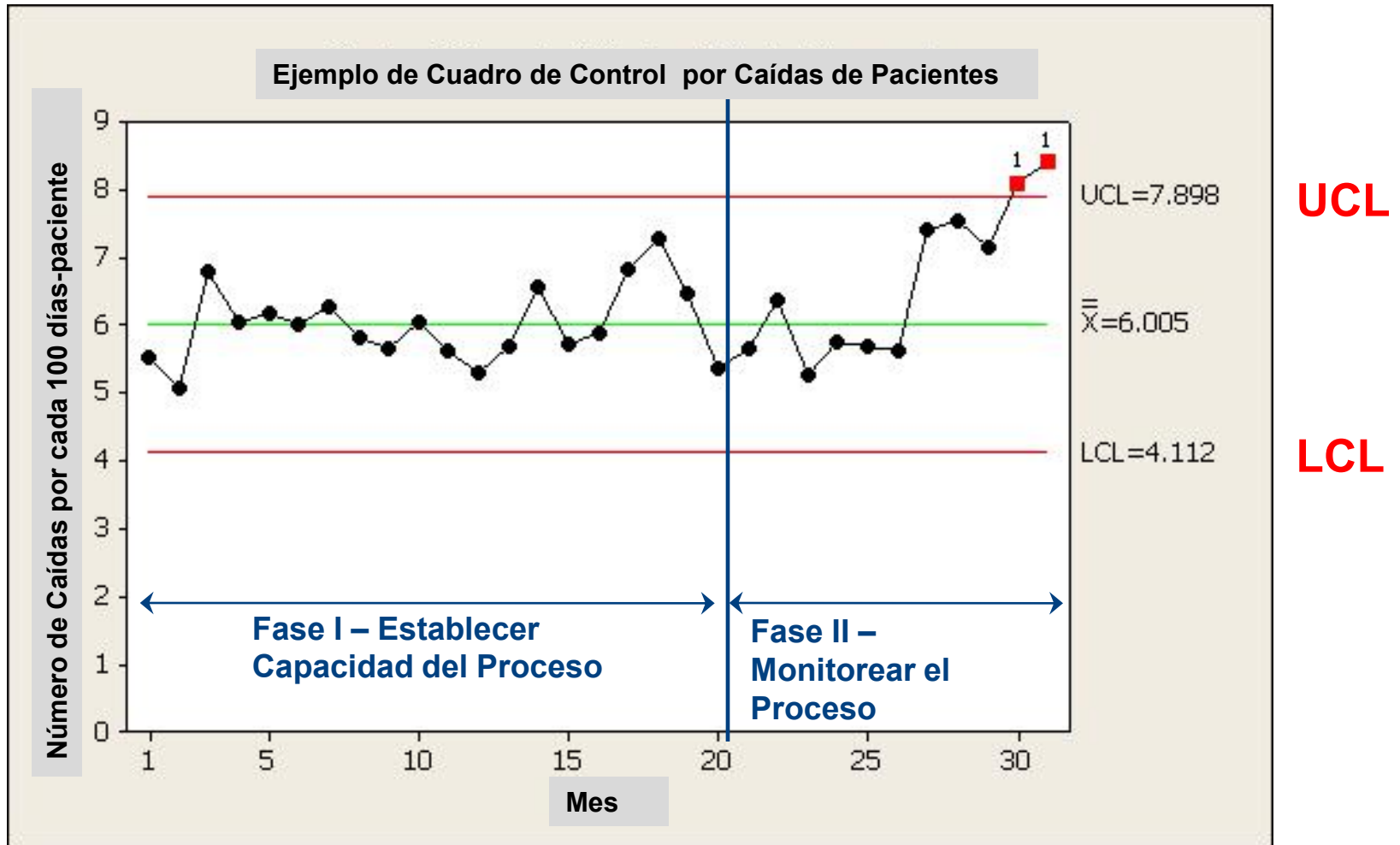
- DMAIC es fácil de ver en aplicaciones de control de proceso
- Los mismos pasos se pueden usar para analizar sistemas más complejos, con frecuencia en tándem con las herramientas Lean

Tipos de variación de proceso

- ***La variación de causa común*** es la sumatoria de varias ‘causas posibles’, que no se pueden atribuir a una sola causa importante. La variación de causa común es básicamente el ruido en el sistema. Cuando un proceso opera sujeto a una variación de causa común está en un estado de control estadístico.
- ***La variación de causa especial*** se debe a diferencias entre las personas, máquinas, materiales, métodos, etc. La ocurrencia de una causa especial (o asignable) se traduce en una condición fuera de control.

Los cuadros tablas de control son un medio para distinguir entre variabilidad de causa común y variabilidad de causa especial

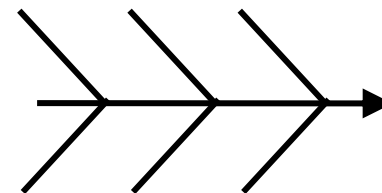
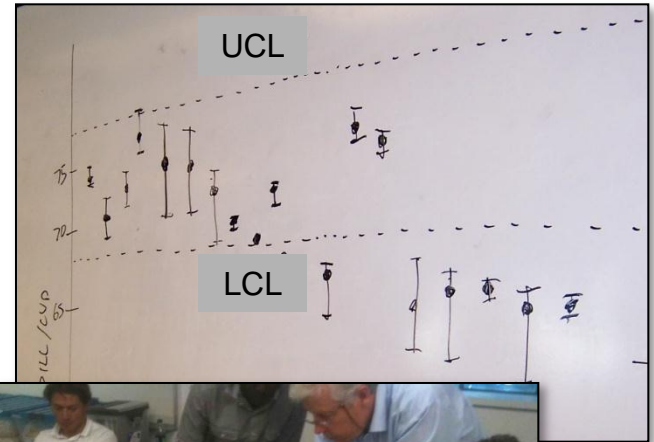
Ejemplo de Cuadro de Control - Caídas de Pacientes



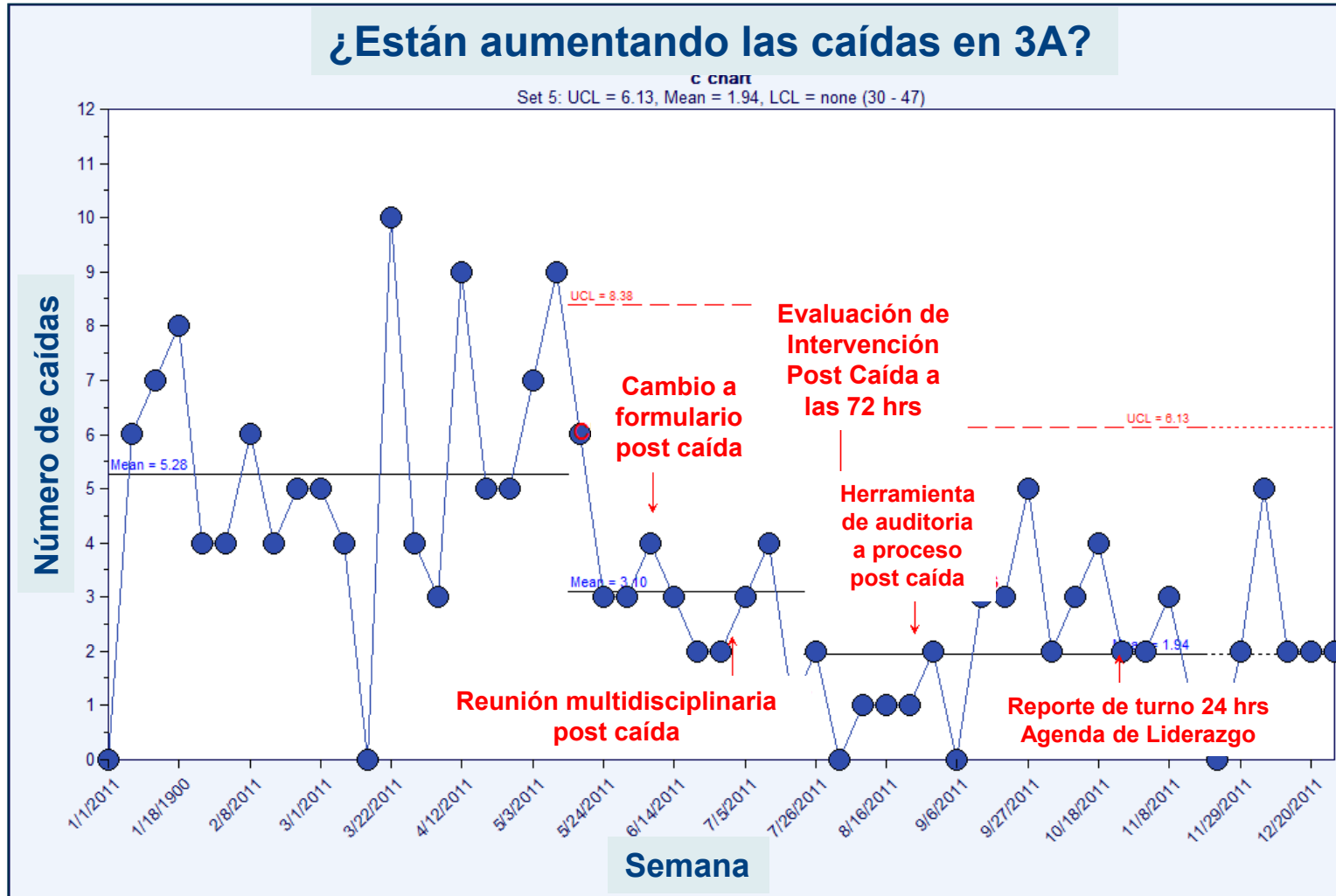
Qué hacer

Fase II Monitoreo del Proceso

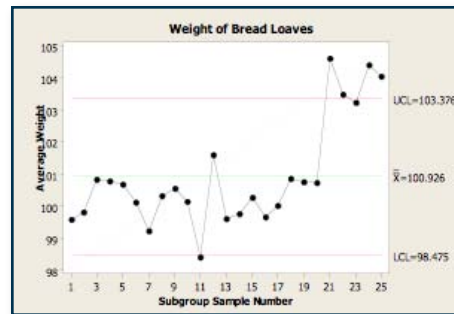
- Dibuje límites de control en su planilla basado en las primeras 20 muestras.
- Pese una nueva muestra (3 vasitos), registre los datos en la segunda planilla y calcule el promedio y el rango
- Grafique el promedio y el rango en el papelógrafo y decida si el proceso está bajo control
- Si el proceso se sale de control, deténgase e investigue usando el diagrama de causa y efecto



Ejemplo cuadro de control- Cuadro de caída de pacientes

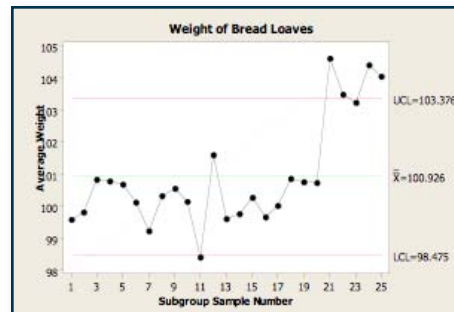


Mejoramiento de proceso y cuadros de control – inicio



- En las primeras etapas, los cuadros de control (por lo general sobre variables del producto), se usan para comprender la conducta del proceso
- Después de las acciones correctivas, se utilizan los cuadros de control sobre las variables críticas de *insumo*

Mejoramiento de proceso y cuadros de control – Mantenimiento



- El objetivo es monitorear y controlar los *insumos* y con el tiempo, eliminar la necesidad de cuadros de control estadístico de proceso mediante la existencia de medidas preventivas
- Si se ha implementado un cuadro, sáquelo si no entrega información valiosa y aplicable

Capacidad de proceso

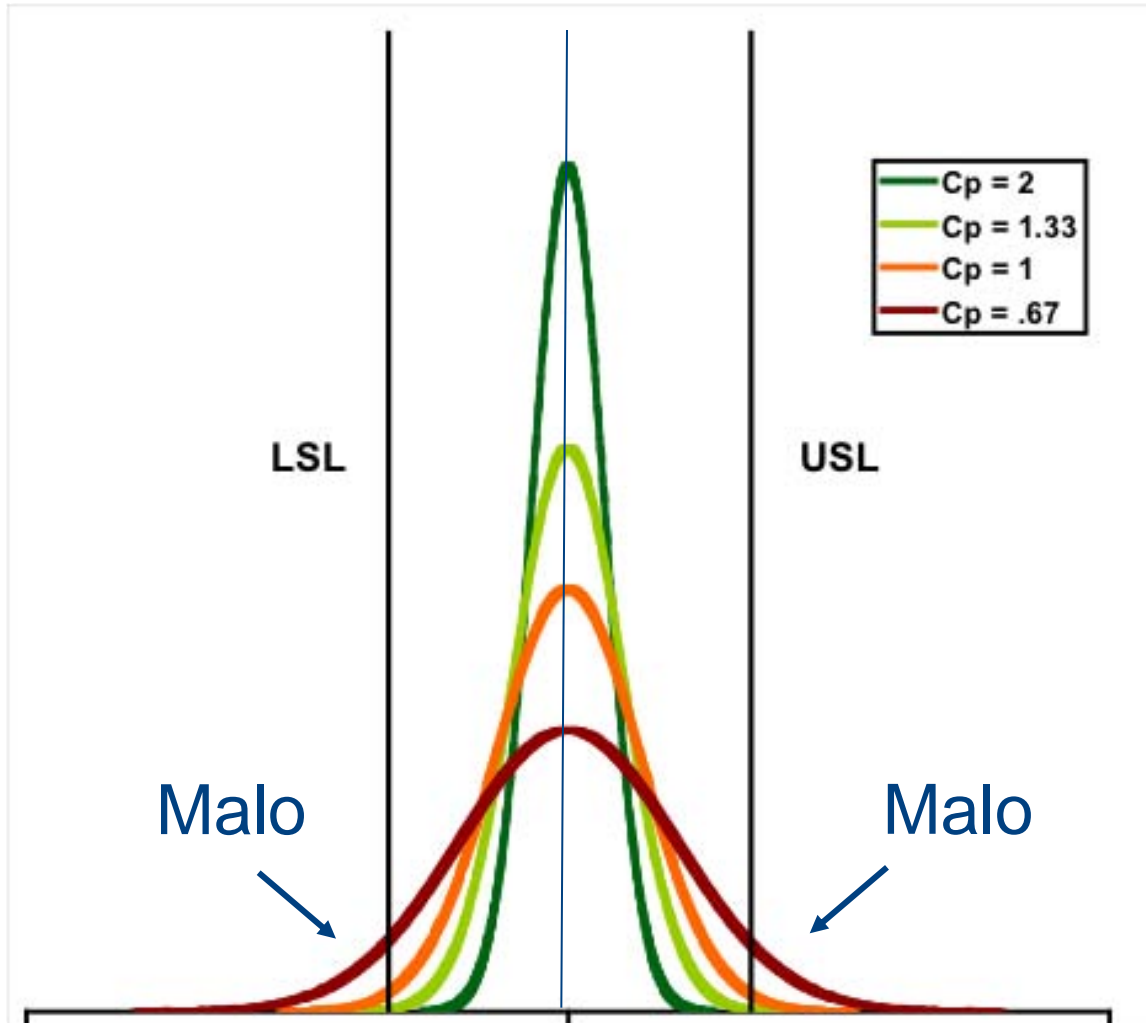
- **“La capacidad del proceso en términos generales se define como la capacidad de un proceso de satisfacer las expectativas del cliente” (Bothe, 1997)**
- **Una vez que el proceso está bajo control, entonces se puede responder la pregunta si el proceso es capaz de satisfacer las especificaciones del cliente**

Definición de calidad de cliente y proceso

- La calidad de proceso es una medida de la capacidad de un proceso de producir de acuerdo con su capacidad esperada
 - *Los valores superiores e inferiores entre los cuales el proceso se debe controlar se conocen como los límites de control superior e inferior (UCL y LCL, por sus siglas en inglés)*
- La calidad del cliente es el cumplimiento con las especificaciones del cliente dentro de una banda de tolerancia
 - *Los valores superiores e inferiores que el cliente está dispuesto a aceptar se conocen como límites superiores e inferiores de las especificaciones (USL y LSL, por sus siglas en inglés)*

¿Cómo podemos garantizar la capacidad de proceso?

Evaluación de la capacidad del proceso

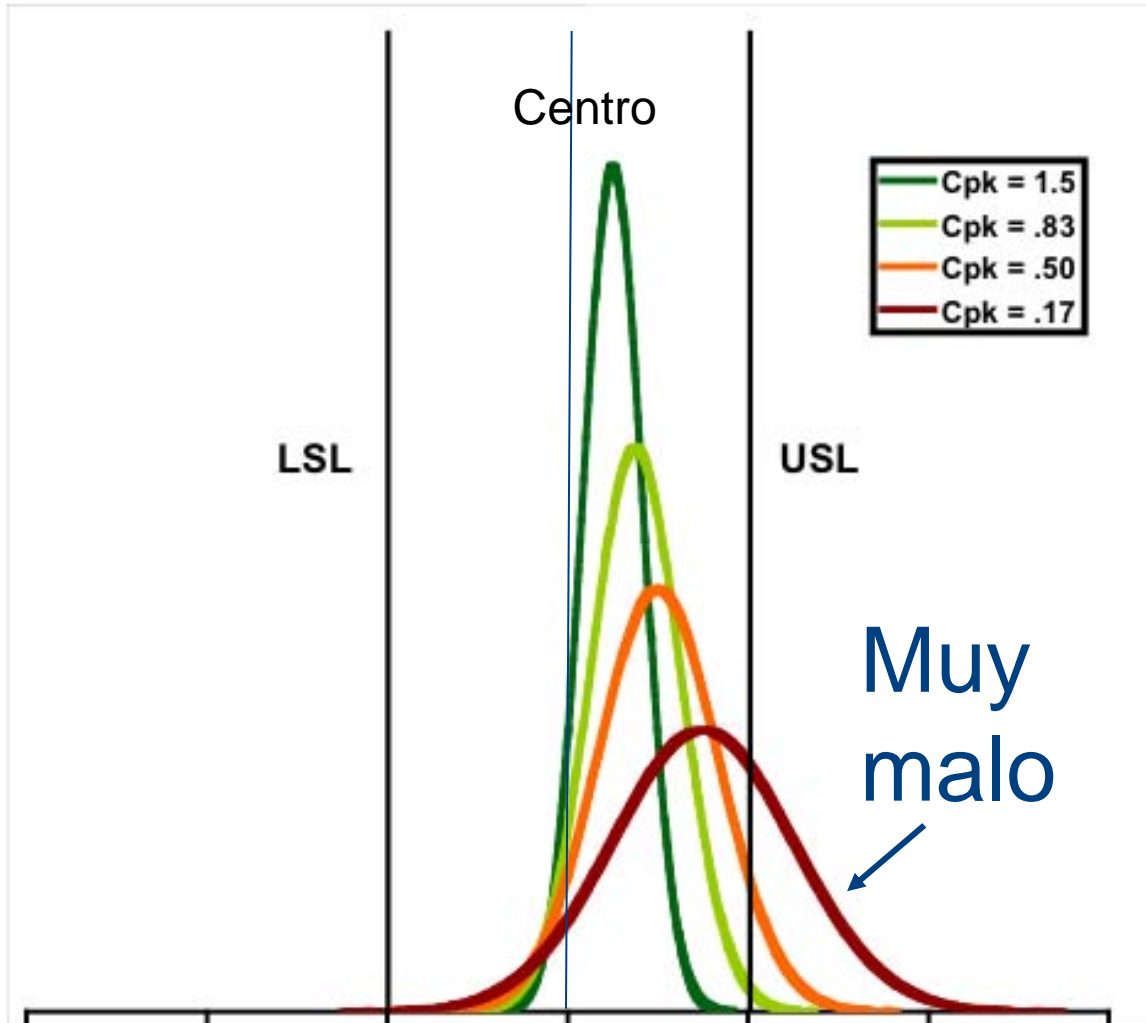


C_p , es un término utilizado para definir la capacidad de proceso y matemáticamente se expresa mediante:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

La figura muestra distribuciones centradas con diversos niveles de C_p . Note que los C_p menor que dos tiene extensiones visibles fuera de los límites aceptables.

Distribuciones no centradas



Si la distribución está descentrada, la probabilidad de un mal resultado aumenta en forma drástica. En este caso se usa C_{pk} . Es el menor de

$$C_{pk} = \frac{USL - Media}{3\sigma}$$

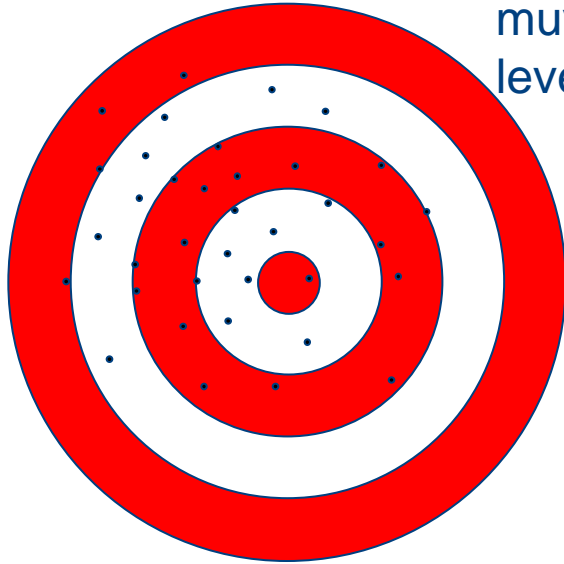
ó

$$C_{pk} = \frac{Media - LSL}{3\sigma}$$

Esta figura muestra la misma distribución descentrada en $1,5\sigma$. Los C_{pk} s son menores que los C_p s correspondientes. Esto ilustra la necesidad de controlar la variación y al mismo tiempo lograr de manera exacta la media deseada.

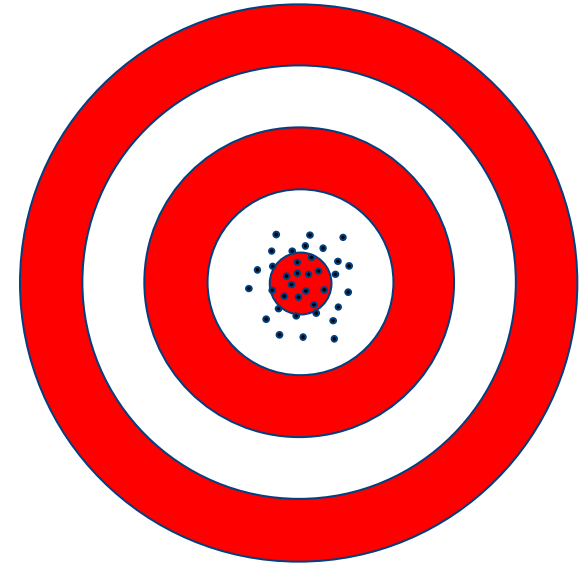
Cp versus Cpk

En este caso, el tirador (arquero) tiene mala puntería – los tiros están muy dispersos y levemente descentrados



C_p es bajo
 C_{pk} es bajo

C_p es alto
 C_{pk} es alto



En este caso, el tirador (arquero) tiene buena puntería y ahora ha ajustado la mira del arma (arco) para disparar sobre el blanco



C_p es alto
 C_{pk} es bajo

En este caso, el tirador (arquero) tiene buena puntería, pero todos los tiros están descentrados

Implicancias de un proceso Six Sigma

Six Sigma se define como 3,4 defectos por millón de oportunidades o un resultado de la primera pasada de 99,9997%

| "Sigma" | Mediana de proceso | | Mediana de proceso desplazada 1.5σ | |
|---------|--------------------|---------|---|---------|
| | Cp | DPMO | Cpk | DPMO |
| 6 | 2,00 | 0,00197 | 1,50 | 3,40 |
| 5 | 1,67 | 0,57330 | | 233 |
| 4 | 1,33 | 63 | 0,83 | 6.210 |
| 3 | 1,00 | 2.700 | 0,50 | 66.811 |
| 2 | 0,67 | 45.500 | 0,17 | 308.770 |
| 1 | 0,33 | 317.311 | -0,17 | 697.672 |

Con un proceso Six Sigma incluso un desplazamiento significativo en la media del proceso se traduce en muy pocos defectos

- **Six Sigma es un sistema de calidad eficaz**
 - **Ampliamente utilizado en fabricación**
 - **Se está aplicando activamente en salud**
- **Los cuadros de control son una eficaz ayuda visual para monitorear la capacidad del proceso**
 - **Existen otras herramientas de análisis de control estadístico de proceso**
- **Si se pueden establecer las especificaciones del “cliente” de la calidad del proceso (USL, LSL), los métodos Six Sigma pueden ayudar a alcanzar los resultados esperados.**

Lecturas recomendadas

Bertels, T. Ed, *Rath & Strong's Six Sigma Leadership Handbook*, John Wiley & Sons, 2003.

Bothe, D.R., *Measuring Process Capability*, 1997

Gitlow, H.S. y Levine, D.M., *Six Sigma for Green Belts and Champions*, Foundations, DMAIC, Tools, Cases, and Certification, Prentice Hall (Pearson Education, Inc.) 2005

Harry, M. y Schroeder, R., *Six Sigma*, Currency Doubleday, Nueva York, 2000

Henderson, G.R., *Six Sigma Quality Improvement with Minitab*, John Wiley & Sons, 2006.

Ledolter, J. y Burrill, C.W., *Statistical Quality Control, Strategies and Tools for Continual Improvement*, John Wiley & Sons, Inc., 1999

Agradecimientos

Contribuyentes

- **Isabel Alarcón - GEPUC**
- **Dick Lewis – Rolls-Royce (ret.)**
- **Jose Macedo – Cal Poly, San Luis Obispo**
- **Hugh McManus, Metis Design**
- **Earl Murman, MIT**
- **Steve Shade - Purdue University**

Colaboradores

- **Faten Mitchell – Health Quality Ontario**
- **Jack Reismiller – Rolls-Royce Six Sigma Master Black Belt**
- **Julie Vannerson, Indiana University School of Medicine**

MIT OpenCourseWare
<http://ocw.mit.edu>

RES.16-001 Lean Enterprise en Español

For information about citing these materials or our Terms of Use, visit: <http://ocw.mit.edu/terms>.