



# *Introducción a las Cartas de Control y Factores de Pago PWL y PD*

---

Ing. Elisa Frígoli  
Ing. Leonardo Ferrín  
Ing. Diego Larsen  
Ing. Lisandro Daguerre



XXXV Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto  
Rosario, 10 al 14 de noviembre de 2008

# Cartas de Control

## Definición:

Método gráfico utilizado para evaluar si un proceso está o no bajo control.

# Cartas de Control

## Objetivos:

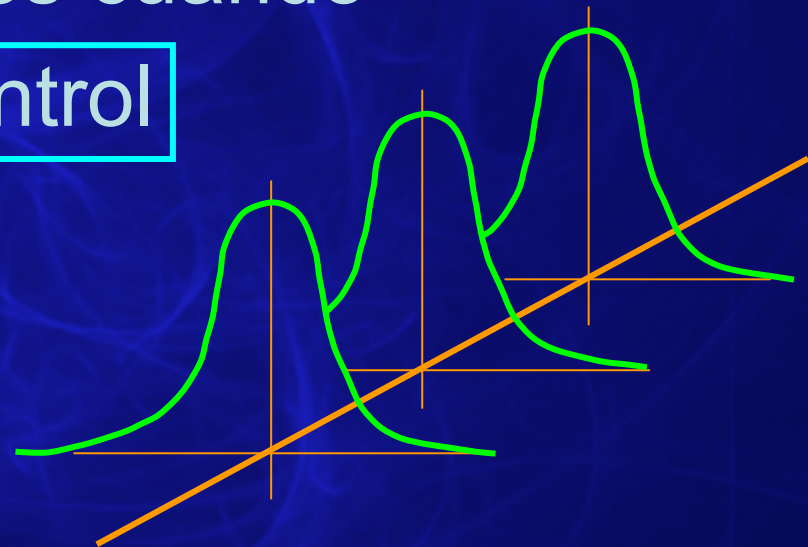
- ✓ Detectar rápidamente la ocurrencia de causas asignables
- ✓ Disminuir la variabilidad
- ✓ Llevar a cabo la investigación pertinente
- ✓ Emprender acciones correctivas

# Causas Fortuitas y Asignables



# Causas Fortuitas

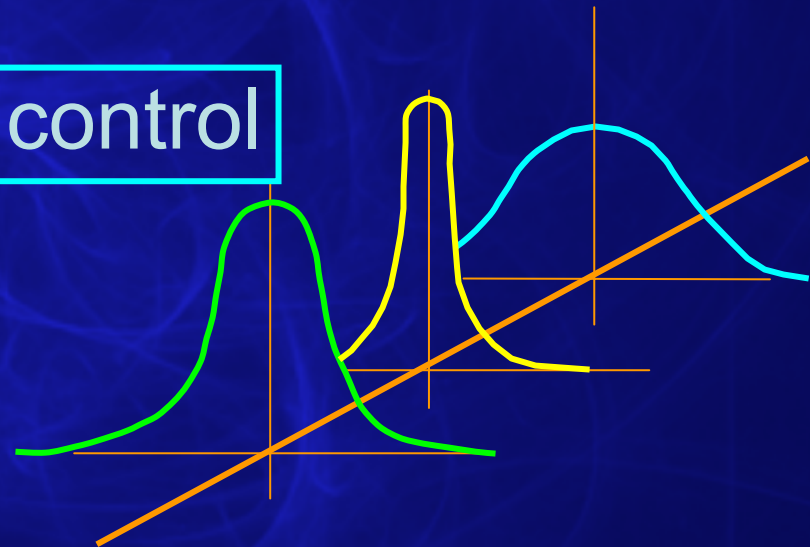
- ✓ Originadas por muchas fuentes de poca importancia
- ✓ Tienen carácter permanente
- ✓ Dan lugar a una distribución previsible
- ✓ Son las únicas presentes cuando el proceso está bajo control



# Causas Asignables

- ✓ Originadas por pocas fuentes individualmente importantes
- ✓ Tienen carácter puntual e irregular
- ✓ Modifican la distribución de la producción
- ✓ Determinan que

el proceso está fuera de control



# Tipos de Cartas de Control

- Cartas de Control Para Variables:

Utilizadas cuando la característica de la calidad puede expresarse como un número en una escala de medición continua.

- Cartas de Control Por Atributos:

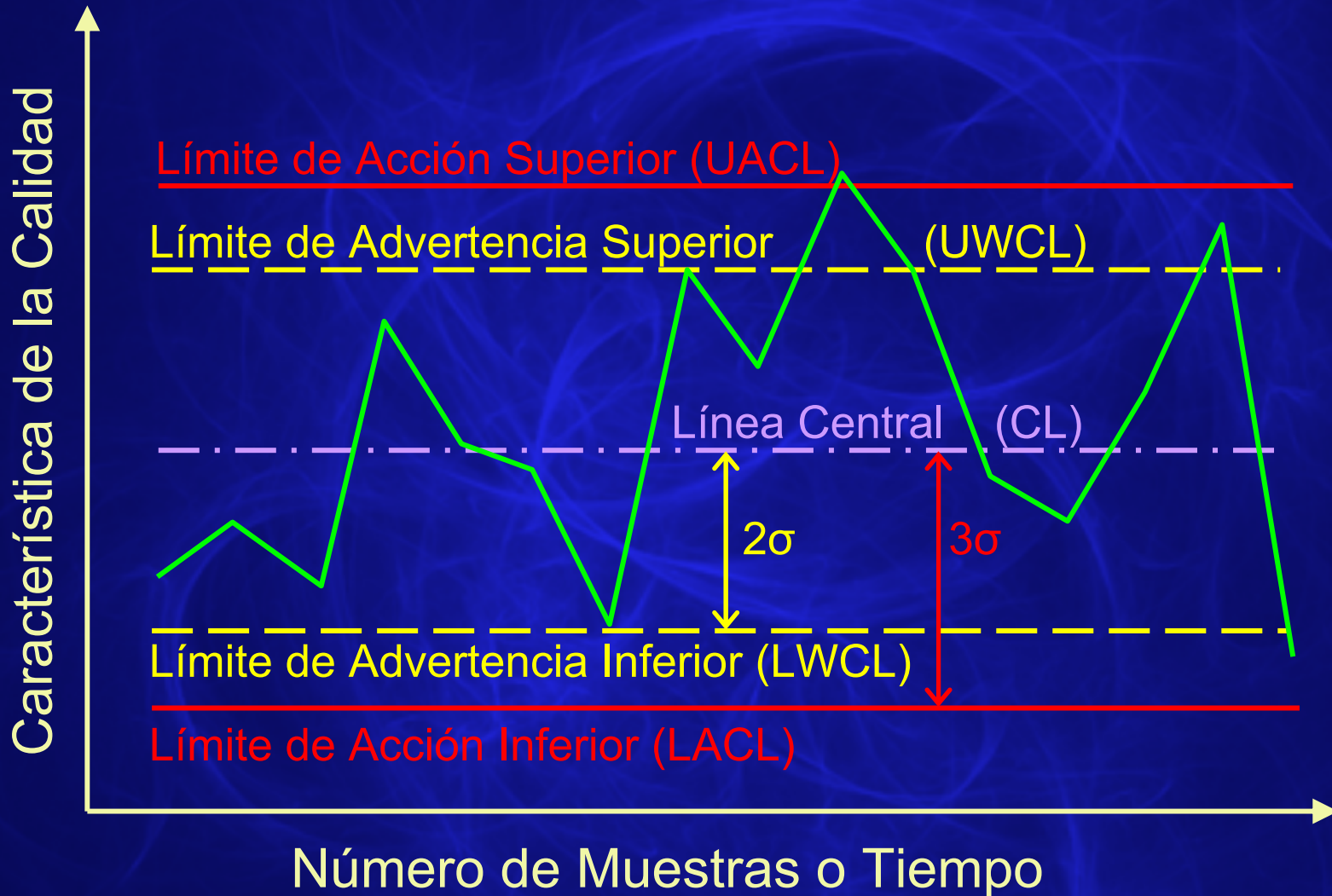
Utilizadas cuando la característica de la calidad no se mide en una escala continua.

# Cartas de Control Para Variables

✓ Carta  $\bar{X}$  → Tendencia central

✓ Carta R → Variabilidad

# Límites de Control



# Interpretaciones

- ✓ Patrón Cíclico
- ✓ Patrón Mezclado
- ✓ Corrimiento
- ✓ Tendencia
- ✓ Estratificación

# Patrones No Aleatorios

## Reglas:

- ✓ Un punto se localiza fuera de los límites de control 3 sigma.
- ✓ Dos de tres puntos consecutivos se localizan fuera de los límites de advertencia dos sigma.
- ✓ Cuatro de cinco puntos consecutivos se localizan a una distancia de un sigma o más de la línea central.
- ✓ Ocho puntos consecutivos se localizan en el mismo lado de la línea central.

# PWL y PD

PWL ➔ Porcentaje Dentro de los Límites  
PD ➔ Porcentaje Defectuoso

Evalúan la calidad utilizando en forma simultánea la medida del nivel promedio y la variabilidad del proceso en forma eficiente.

$$PWL = 100 - PD$$

# Ejemplo de Aplicación

Datos: Contenido de cemento asfáltico en la mezcla

Muestra	1	2	3	4	5	6	....	28	29	30
	5.3	5.5	4.9	5.1	5.3	4.5		4.7	5.5	4.8
	5.2	4.9	5.1	5.0	5.0	5.1		5.5	5.1	4.4
	5.2	5.1	5.0	5.2	5.3	5.4		5.1	5.0	5.1
<b>Promedio</b>	5.2	5.2	5.0	5.1	5.2	5.0		5.1	5.2	4.8
<b>Rango</b>	0.1	0.6	0.2	0.2	0.3	0.9		0.5	0.5	0.7

# Cálculos

Gran Media



$$\bar{x} = \sum_{i=1}^m \frac{x_i}{m}$$

Desvío Estándar



$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{(x_i - \bar{x})^2}{m-1}}$$

Rango Medio



$$\bar{R} = \sum_{i=1}^m \frac{R_i}{m}$$

# Cálculos Carta $\bar{X}$

Línea Central  $\longrightarrow \bar{\bar{X}} = 4.97$

Desvío Estándar  $\longrightarrow s = 0.27$

Tamaño del Subgrupo  $\longrightarrow n = 3$

# Límites de la Carta $\bar{X}$

Límite de Acción Superior

$$UACL = \bar{x} + \frac{3s}{\sqrt{n}} = 5.43$$

Límite de Acción Inferior

$$LACL = \bar{x} - \frac{3s}{\sqrt{n}} = 4.51$$

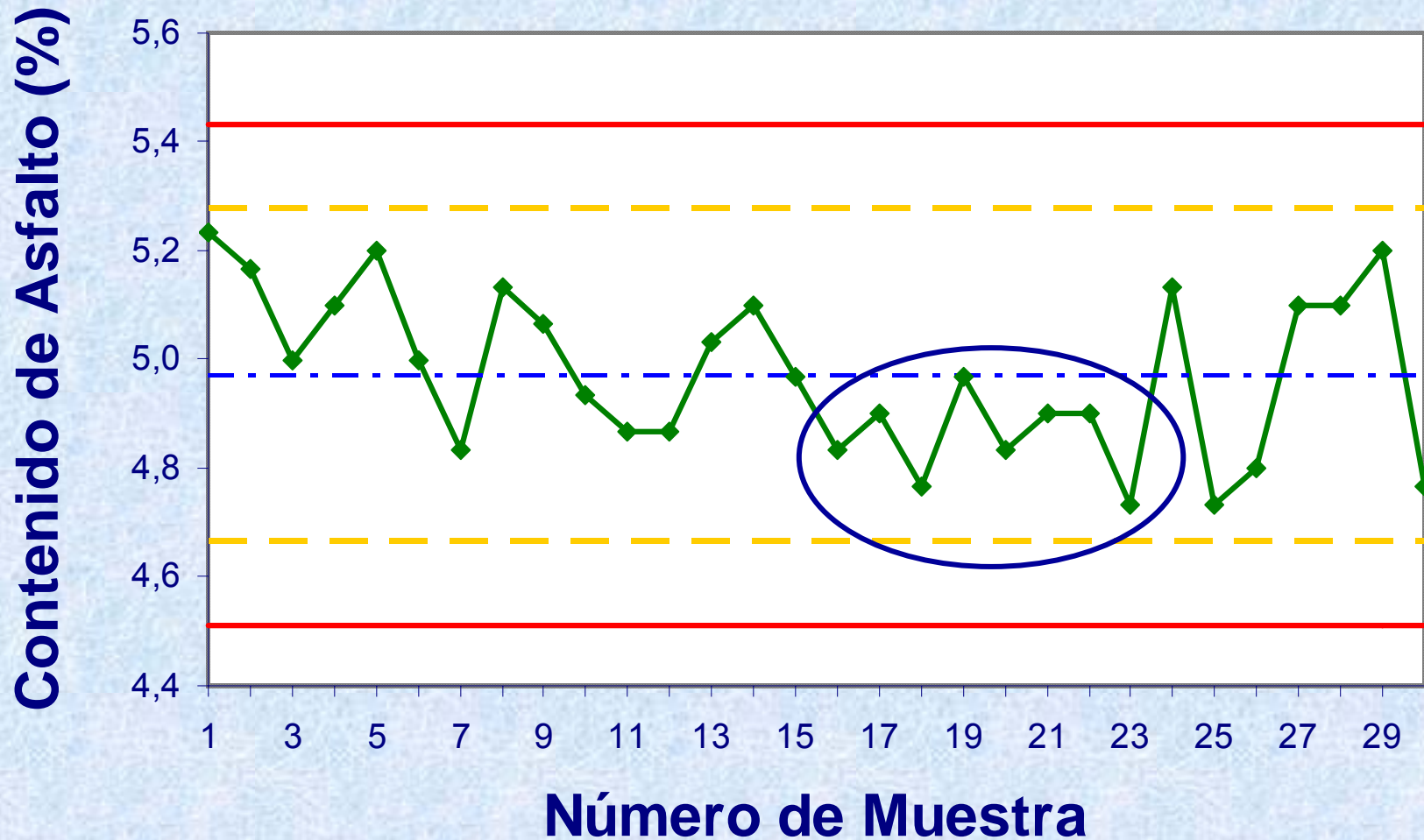
Límite de Advertencia Superior

$$UWCL = \bar{x} + \frac{2s}{\sqrt{n}} = 5.28$$

Límite de Advertencia Inferior

$$LWCL = \bar{x} - \frac{2s}{\sqrt{n}} = 4.67$$

# Gráfico Carta $\bar{X}$



# Cálculos Carta R

- Línea Central  $\longrightarrow \bar{R} = 0.46$
- Desvío Estándar  $\longrightarrow s = 0.27$

# Límites Carta R

Límite de Acción Superior

$$\mathbf{UACL = R_4 \cdot s = 1.16}$$

Límite de Acción Inferior

$$\mathbf{LACL = R_2 \cdot s = 0}$$

Límite de Advertencia Superior

$$\mathbf{UWCL = R_3 \cdot s = 0.92}$$

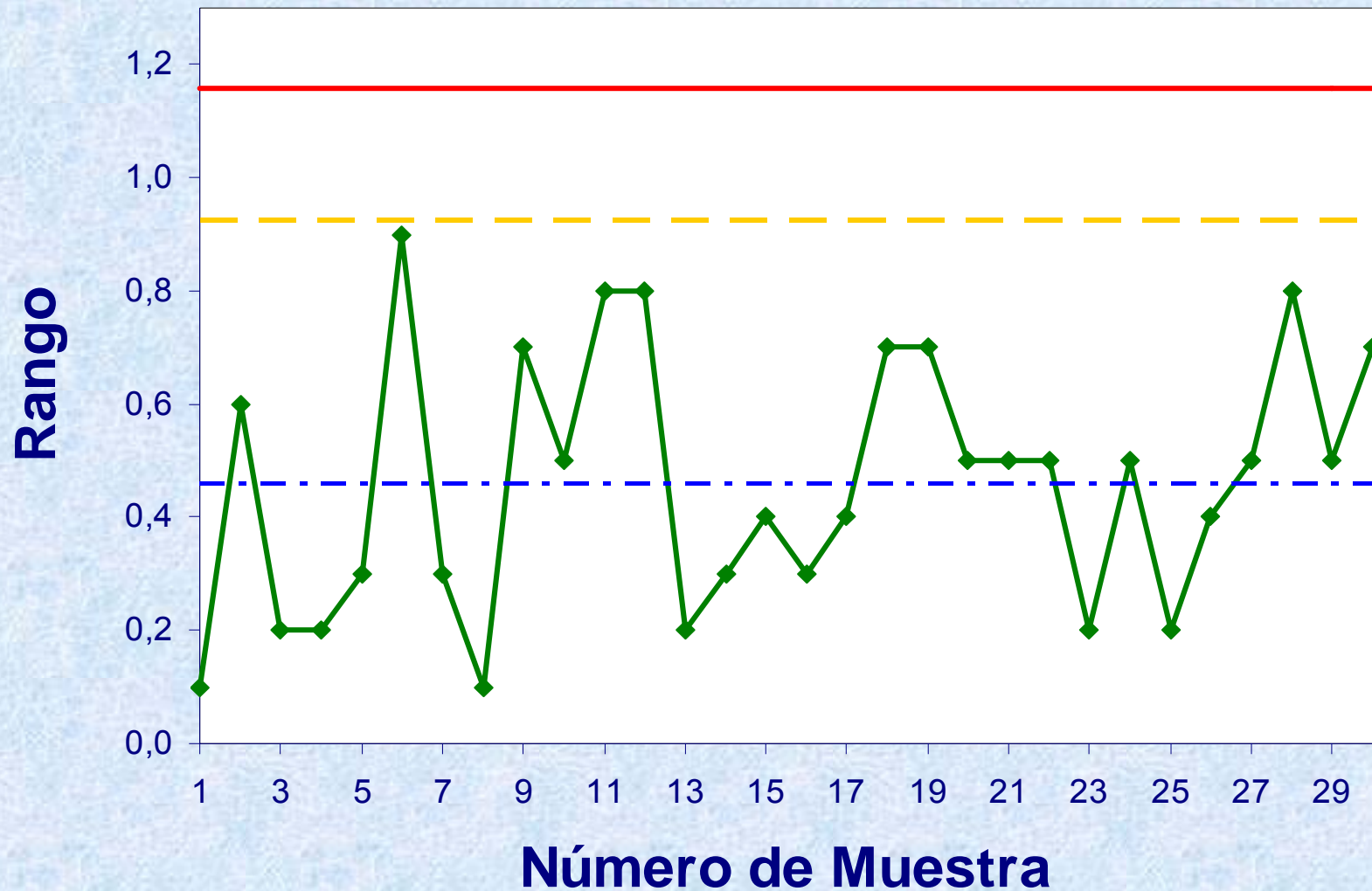
Límite de Advertencia Inferior

$$\mathbf{LWCL = R_2 \cdot s = 0}$$

# Coeficientes

n	$R_2$	$R_3$	$R_4$
2	0	2,83	3,69
3	0	3,47	4,36
4	0,30	3,82	4,70
5	0,60	4,05	4,92
6	0,90	4,18	5,08

# Gráfico Carta R



# Cálculo de PWL y PD

- Valor Promedio ( $\bar{\bar{X}}$ ) = 4,97 %
- Desvío estándar (s) = 0,27
- Tamaño del subgrupo (n) = 3

# Cálculo de PWL y PD

- Valor según formulación = 4,9 %
- Tolerancia = +/- 0,3 %

## Límites:

– Límite de Tolerancia Superior:

$$U = 5,2 \%$$

– Límite de Tolerancia Inferior:

$$L = 4,6\%$$

# Cálculo de PWL y PD

## Índices de Calidad:

- Índice de Calidad Superior =  $Q_U$

$$Q_U = \frac{U - \bar{x}}{s} = 0.85$$

- Índice de Calidad Inferior =  $Q_L$

$$Q_L = \frac{\bar{x} - L}{s} = 1.37$$

# Cálculo de PWL y PD

$$PWL = (P_U + P_L) - 100 \%$$

$$P_U = 77\%$$

$P_L$ y $P_U$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
82	0,9749	0,9600	0,9452
81	0,9550	0,9300	0,9123
80	0,9342	0,9000	0,8799
79	0,9124	0,8700	0,8478
78	0,8897	0,8400	0,8160
77	0,8662	0,8100	0,7846
76	0,8417	0,7800	0,7535
75	0,8165	0,7500	0,7226
74	0,7904	0,7200	0,6921
73	0,7636	0,6900	0,6617
72	0,7360	0,6600	0,6316

# Cálculo de PWL y PD

$$P_U = 77 \%$$

$$P_L = 100 \%$$

$$PWL = (P_U + P_L) - 100 \%$$

$$PWL = 77 \%$$

# Cálculo de PWL y PD

$$\text{PWL} = 77 \%$$

$$\text{PD} = 100 - \text{PWL}$$

$$\text{PD} = 23 \%$$

# Consideraciones Finales

- ✓ El proceso está bajo control respecto a su dispersión de valores (Carta R).
- ✓ El proceso está fuera de control respecto a su media (Carta  $\bar{X}$ ).
- ✓  $PWL = 77\%$
- ✓  $PD = 23\%$

# Consideraciones Finales

- ✓ Causas Asignables Posibles:
  - Errores de calibración de la bomba de inyección de asfalto
  - Temperatura de inyección de asfalto inadecuada
  - Desgaste y falta de control de calibración en los equipos de medición e inyección de asfalto.
  - Proceso inadecuado de mezclado.
  - Proceso inadecuado de descarga de la mezcla asfáltica.

**Muchas Gracias!!**

