

L'applicazione del metodo Six Sigma in una piccola azienda

(Pier Giorgio DELLA ROLE – Master Black Belt)

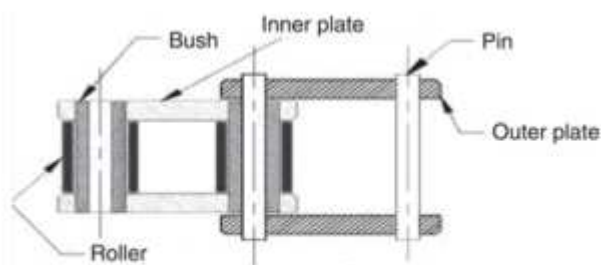
Introduzione

Anche se il Six Sigma è stato implementato con successo in molte grandi aziende, esistono ad oggi pochi esempi di applicazione in piccole e medie aziende. Questo articolo vuol documentare l'applicabilità del metodo Six Sigma in una piccola azienda manifatturiera il cui business è la produzione di biciclette.



Abitualmente le aziende di piccole dimensioni sono più agili e snelle e quindi è più facile ottenere il buy-in da parte della Direzione, mentre l'aspetto formativo spesso presenta problemi sia per il costo da sostenere che per l'impegno di tempo da dedicare per interiorizzare la metodologia e quindi da sottrarre alle normali attività lavorative.

In questo articolo viene adottata per esteso la metodologia DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control) ad un componente della catena per biciclette: il diametro della bronzina (bush) che presenta un'alta difettosità (vedi figura sottostante).



Bicycle chain, top view

Il diametro della bronzina ha un valore nominale di 5.25 mm.
Le tolleranze sono +/- 0,02 mm.

Fase di DEFINE

Definizione del problema

La bussola in oggetto presenta una difettosità del 7% (70000 ppm) ed ha un volume di produzione di 5000 pezzi/mese.

Definizione degli obiettivi

Raggiungere un "sigma level" pari 6 (3,4 ppm) e di conseguenza un Cpk = 1.5.

Business case

Il beneficio economico (raggiungendo gli obiettivi) è stato stimato essere di circa 120000 euro/anno.

Pianificazione e durata delle fasi DMAIC

La durata del progetto è stata di 3 mesi e le fasi più lunghe sono state quella di Analyze e Improve (2 mesi in totale).

Team di progetto

Il team di progetto è composto da 4 persone appartenenti allo Sviluppo Prodotto, Tecnologie di Produzione, Produzione e Qualità.

Fase di MEASURE

Analisi del Sistema di Misura (Gage R&R)

La valutazione del Sistema di Misura è stata effettuata da 2 persone (un operatore di linea e un tecnico della Qualità) con un campione di 10 pezzi e misurando 2 volte ogni campione per un totale di 40 misure. Il valore di Gage R&R è risultato essere del 25%, non eccezionale, ma comunque inferiore al 30% che è considerato la soglia di accettabilità per accettare le misure sui diametri in base alle quali calcolare la difettosità della bronzina.

Calcolo delle attuali performance del processo.

Sono stati prelevati 100 pezzi dalla produzione e sono state effettuate le misure del diametro in 20 gruppi da 5 pezzi cadauno. Questo per valutare se eventualmente ci fosse una differenza fra "long term" e "short term".

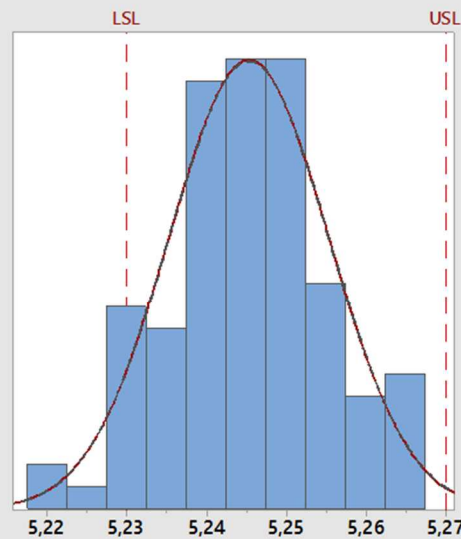
Prima di effettuare lo studio di capability si sono verificati i due pre-requisiti:

- a) Normalità dei dati (p-value = 0.94)
- b) Processo stabile e sotto controllo

Lo studio di Capability ha fornito i seguenti risultati:

Process Capability Report for diameter

Process Data	
LSL	5,23
Target	*
USL	5,27
Sample Mean	5,24535
Sample N	100
StDev(Overall)	0,0100113
StDev(Within)	0,0100367



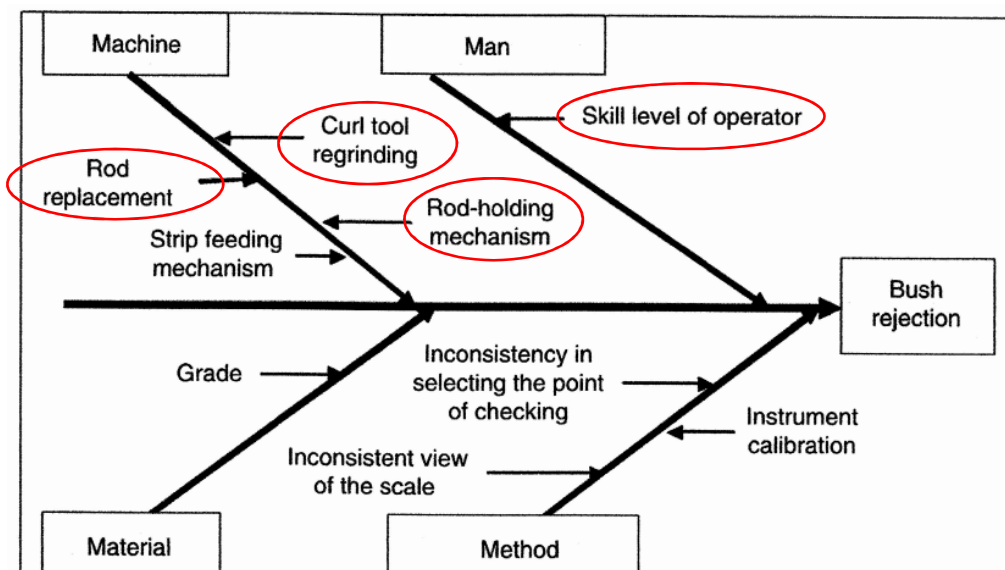
Overall Capability	
Pp	0,67
PPL	0,51
PPU	0,82
Ppk	0,51
Cpm	*
Potential (Within) Capability	
Cp	0,66
CPL	0,51
CPU	0,82
Cpk	0,51

Performance			
	Observed	Expected Overall	Expected Within
PPM < LSL	70000,00	62595,85	63073,43
PPM > USL	0,00	6905,83	7026,31
PPM Total	70000,00	69501,68	70099,74

- Non c'è differenza fra "long term" e "short term"
- Il valore di Cpk è 0,51
- Il valore di difettosità è del 7% (circa 70000 ppm)
- Il "sigma level" è pari a 2,98 ($Z_{bench} = 1,48 + 1,50$)

Fase di ANALYZE

Il team di progetto per trovare le possibili cause di difettosità ha fatto una sessione di brainstorming seguita da un diagramma causa-effetto.

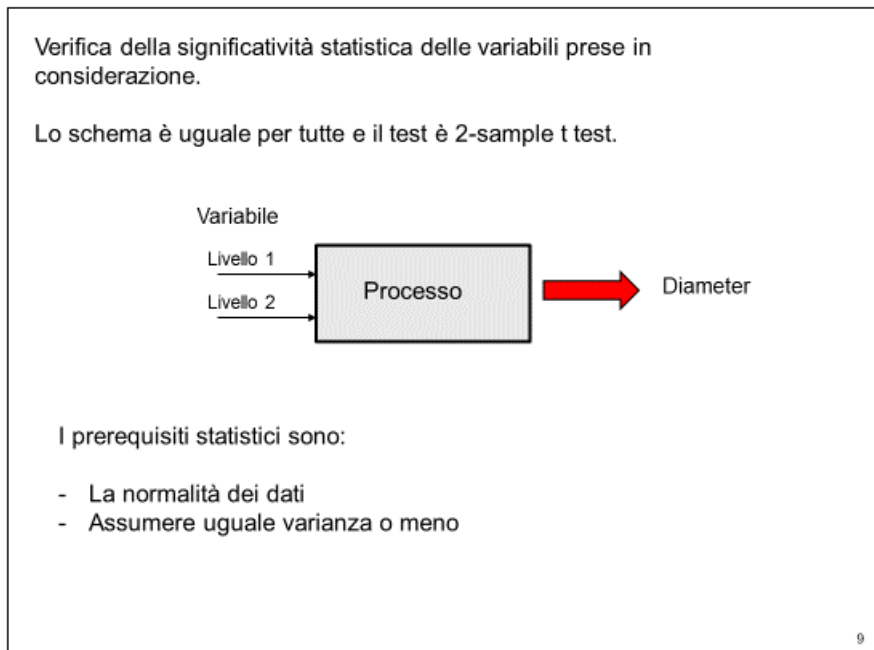


Il team ha quindi deciso di prendere in considerazione 4 potenziali cause (quelle cerchiato in rosso) e ha definito per ciascuna di esse 2 livelli:

1. Operator (skilled e unskilled)
2. Rod replacement (after 15h e after 25h)
3. Regrinding of curl tool (after 20h e after 30h)
4. Rod-holding mechanism (new e old)

Per ciascuno dei fattori sopraelencati ha preparato 50 campioni per ogni livello al fine di testare la loro influenza sul diametro.

Il test usato è il 2 sample t-test secondo lo schema riportato in figura:



Seguono i risultati dei test statistici delle 4 potenziali cause.

Two-Sample T-Test and CI: op. unskilled; op. skilled

Two-sample T for op. unskilled vs op. skilled

	N	Mean	StDev	SE Mean
op. unskilled	50	5,24656	0,00914	0,0013
op. skilled	50	5,24392	0,00770	0,0011

Difference = μ (op. unskilled) - μ (op. skilled)

Estimate for difference: 0,00263

95% CI for difference: (-0,00072; 0,00599)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 1,56 P-Value = 0,122 DF = 98

Both use Pooled StDev = 0,0084

Two-Sample T-Test and CI: after 15h; after 25h

Two-sample T for after 15h vs after 25h

	N	Mean	StDev	SE Mean
after 15h	50	5,24701	0,00956	0,0014
after 25h	50	5,23695	0,00971	0,0014

Difference = μ (after 15h) - μ (after 25h)

Estimate for difference: 0,01006

95% CI for difference: (0,00624; 0,01389)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 5,22 P-Value = 0,000 DF = 98

Both use Pooled StDev = 0,0096

Two-Sample T-Test and CI: after 20h; after 30h

Two-sample T for after 20h vs after 30h

	N	Mean	StDev	SE Mean
after 20h	50	5,24668	0,00706	0,0010
after 30h	50	5,24747	0,00780	0,0011

Difference = μ (after 20h) - μ (after 30h)

Estimate for difference: -0,00079

95% CI for difference: (-0,00374; 0,00216)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -0,53 P-Value = 0,598 DF = 98

Both use Pooled StDev = 0,0074

Two-Sample T-Test and CI: old; new

Two-sample T for old vs new

	N	Mean	StDev	SE Mean
old	50	5,25232	0,00779	0,0011
new	50	5,24313	0,00968	0,0014

Difference = μ (old) - μ (new)

Estimate for difference: 0,00919

95% CI for difference: (0,00570; 0,01268)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 5,23 P-Value = 0,000 DF = 98

Both use Pooled StDev = 0,0088

Risultano statisticamente significati solo 2 cause:

1. Rod replacement
2. Rod-holding mechanism

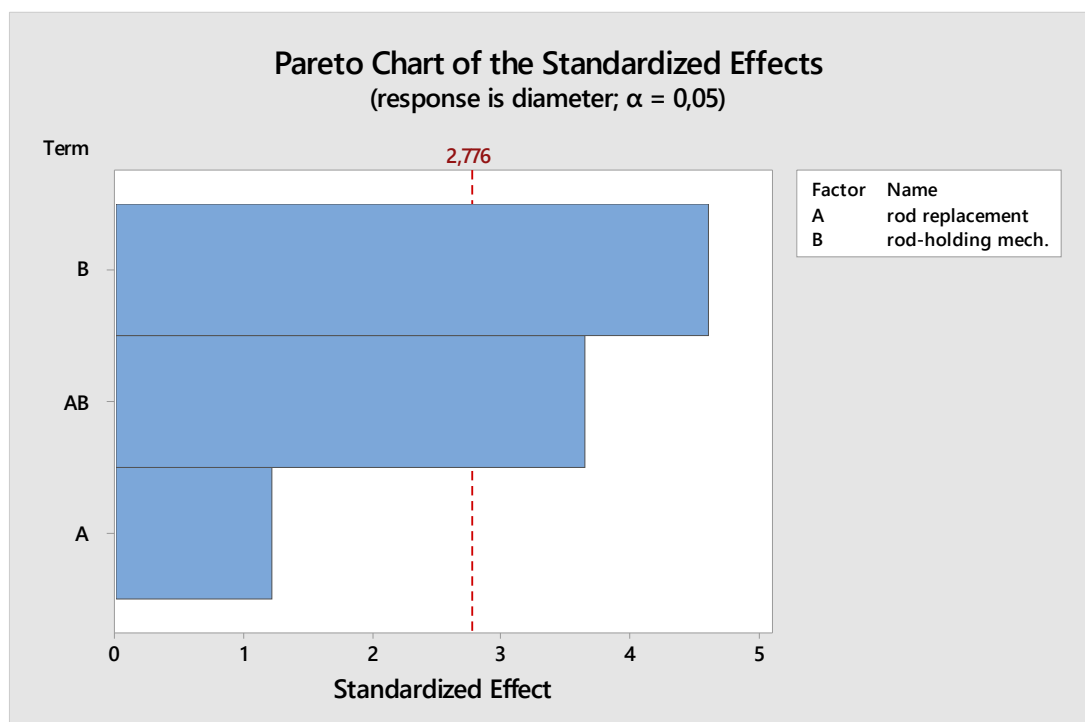
Il team di progetto ha deciso quindi di fare un DOE (Design Of Experiments) con le due variabili significative per trovare il loro valore avendo un target sul diametro di 5,25 mm.

E' stato eseguito quindi un DOE con 2 variabili, ciascuna a due livelli e con una replica (in totale 8 runs come da design matrix sottostante).

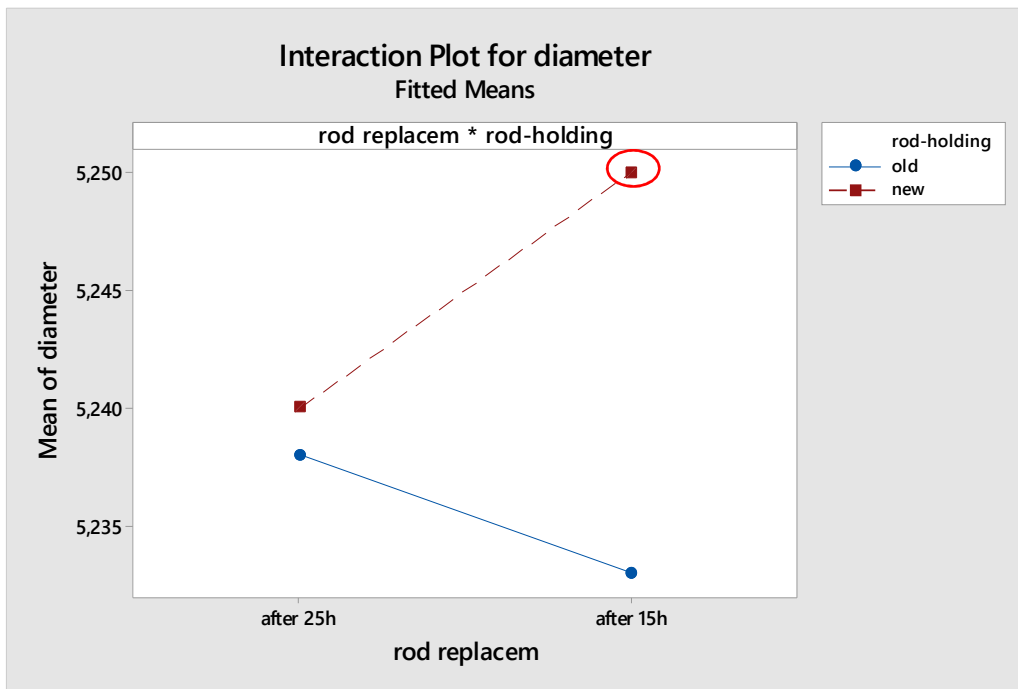
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	rod replacement	rod-holding mech.	diameter
1	8	1	1	after 25h	old	5,236
2	3	1	1	after 15h	old	5,236
3	6	1	1	after 25h	new	5,242
4	7	1	1	after 15h	new	5,250
5	1	1	1	after 25h	old	5,240
6	5	1	1	after 15h	old	5,230
7	4	1	1	after 25h	new	5,238
8	2	1	1	after 15h	new	5,250

L'analisi del DOE deve fornire i seguenti risultati:

- Trovare i fattori e le interazioni significativi
- Determinare i livelli dei fattori significativi
- Controllare i "residuals" per validare il modello
- Determinare il peso dei fattori significativi (pie chart)
- Determinare il valore "atteso" della risposta con la relativa standard deviation



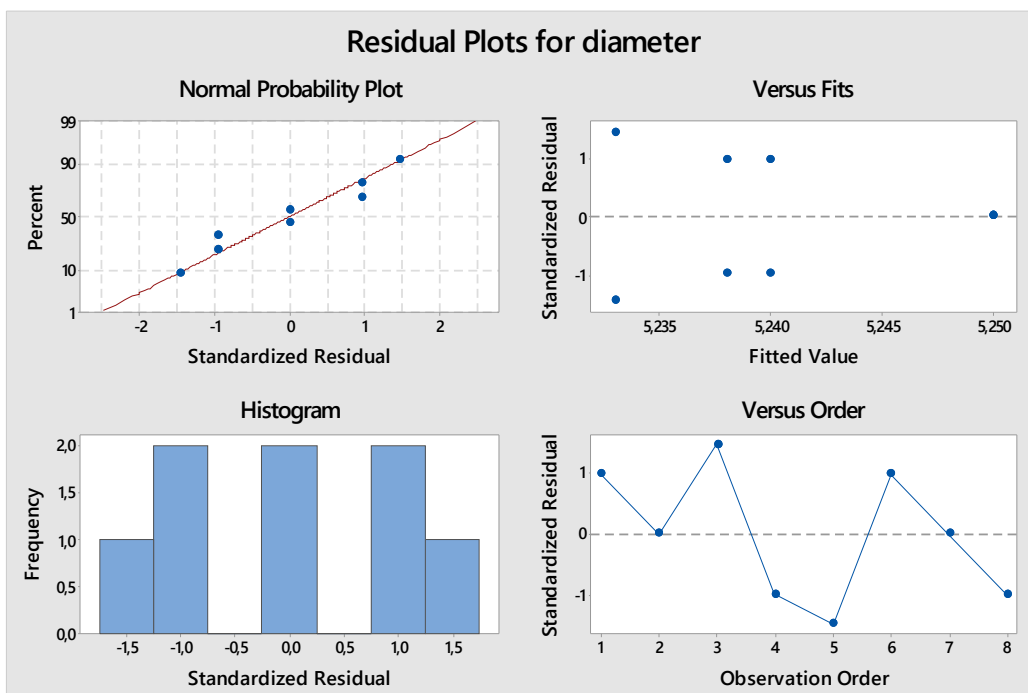
Il fattore A (rod-replacement) non è significativo, ma va tenuto perché interessato dall'interazione AB.

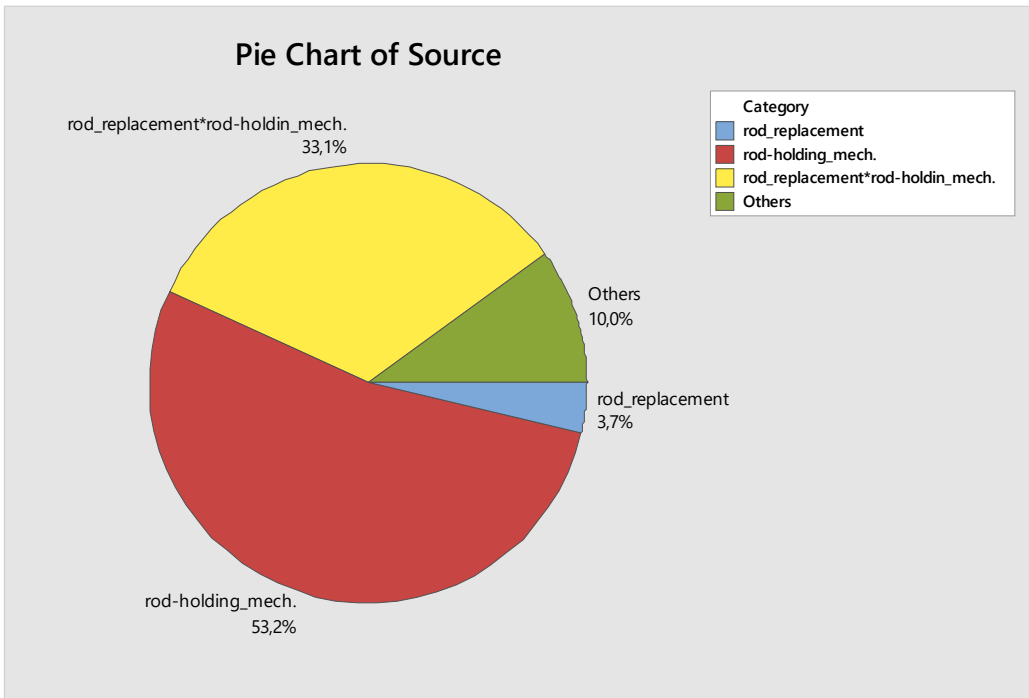


I livelli dei due fattori risultano essere:

Rod-holding → new

Rod replacement → after 15h





La "pie chart" indica in percentuale il peso dei singoli fattori e della loro interazione.

Valore atteso del diametro e standard deviation (Valore atteso dai fits)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	rod replacement	rod-holding mech.	diameter	FITS1
1	8	1	1	after 25h	old	5,236	5,238
2	3	1	1	after 15h	old	5,236	5,233
3	6	1	1	after 25h	new	5,242	5,240
4	7	1	1	after 15h	new	5,250	5,250
5	1	1	1	after 25h	old	5,240	5,238
6	5	1	1	after 15h	old	5,230	5,233
7	4	1	1	after 25h	new	5,238	5,240
8	2	1	1	after 15h	new	5,250	5,250

Valore atteso del diametro: 5,25
Standard deviation: 0,003

Analysis of Variance for diameter

Source	DF	SS	MS	F	P
rod_replacement	1	0,00001250	0,00001250	1,47	0,292
rod-holding_mech.	1	0,00018050	0,00018050	21,24	0,010
rod_replacement*rod-holdin_mech.	1	0,00011250	0,00011250	13,24	0,022
Error	4	0,00003400	0,00000850		
Total	7	0,00033950			

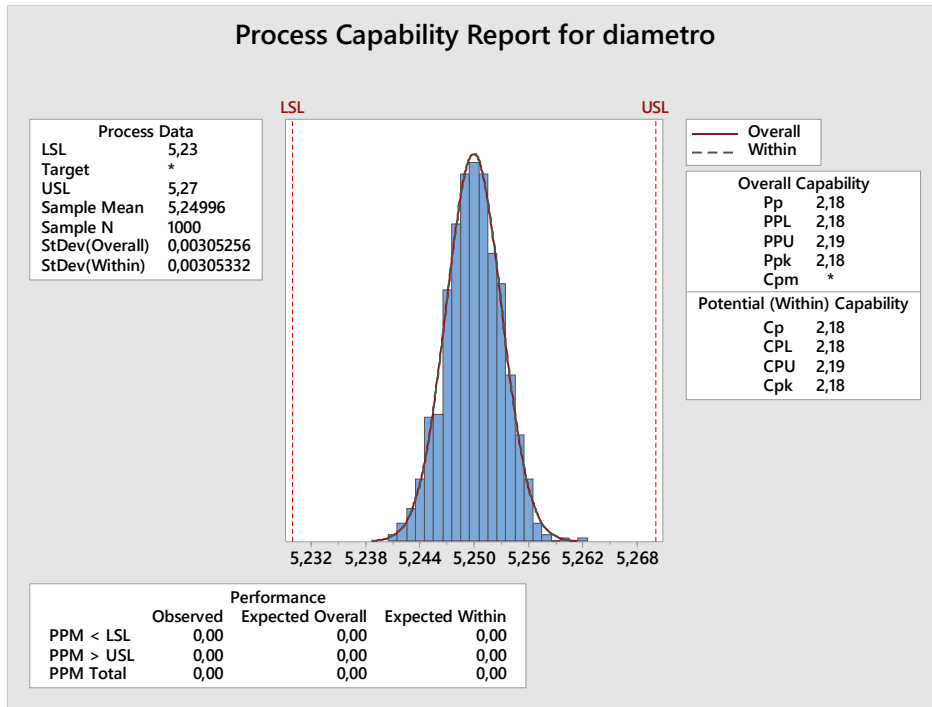
S = 0,00291548 R-Sq = 89,99% R-Sq(adj) = 82,47%

21

Fase di CONTROL

Prima di entrare in produzione è stata eseguita una simulazione di MonteCarlo usando una distribuzione normale con valore medio uguale al valore atteso e con la standard deviation ricavata dal DOE ($s = 0,003$)

Il risultato conferma in pieno gli obiettivi definiti all'inizio.



Una Carta di Controllo con i dati produzione (prima e dopo) mette più in evidenza il miglioramento ottenuto.

