

Capitolo 1 - Il miglioramento della Qualità nel moderno ambiente produttivo

Vengono introdotti i concetti base della qualità e del miglioramento della qualità:

- ▶ significato di qualità,
- ▶ significato di miglioramento della qualità,
- ▶ metodi statistici per il miglioramento della qualità

La qualità

Il termine qualità è ampiamente utilizzato nel linguaggio corrente ed il suo significato è, almeno a grandi linee, noto a molti.

Realizzare un prodotto di qualità significa produrre rispettando certe specifiche e livelli di tolleranza prestabiliti, sulla base delle aspettative e preferenze dei clienti, che possono essere consumatori finali o le stesse aziende nel caso di prodotti industriali.

La qualità

Nell'accezione più ampia, infatti, si definisce qualità:

l'insieme delle caratteristiche di un bene o servizio che ne determinano la capacità di soddisfare le esigenze, espresse ed implicite, di chi la utilizza.

Ovvero si definisce qualità di un prodotto l'**adeguatezza** del medesimo all'uso per il quale è stato realizzato, ossia la capacità del prodotto di possedere le proprietà garantite dal produttore e di soddisfare le esigenze del mercato.

La qualità

Per produrre prodotti o servizi di alta qualità è necessario quindi conoscere le **esigenze** e i desideri dei clienti; questo è compito del **marketing** di un'azienda.

Successivamente sarà necessario **tradurre** tali esigenze in un **progetto operativo**, fino ad arrivare alla completa ingegnerizzazione del processo produttivo che condurrà, finalmente, alla realizzazione del prodotto fisico.

Infine, l'organizzazione commerciale e distributiva provvederà alla consegna del prodotto o servizio al cliente.

La qualità totale

Si capisce che, nell'ottica di quella che viene definita qualità totale, produrre con alti livelli di qualità significa **migliorare tutti i processi aziendali** che contribuiscono alla produzione di prodotti o servizi, in vista della piena soddisfazione del cliente.

Nello spirito della qualità totale, gestire per processi vuol dire curare al massimo grado i collegamenti fra le varie attività attraverso l'idea del "cliente interno".

Qualità totale significa non solo qualità esterna (verso il cliente finale) ma anche qualità interna, relativa a tutte le varie transazioni che avvengono all'interno dell'azienda.

La qualità

La connotazione dinamica del mercato presuppone un **continuo controllo e adeguamento** del livello di qualità del prodotto.

Diventa, quindi, necessario **proporre un continuo miglioramento della qualità**, che richiede un coinvolgimento di tutti i processi aziendali.

In questo senso la strategia della qualità totale viene considerata come uno strumento per garantire la **sopravvivenza** e il successo dell'azienda nel lungo periodo.

Le esigenze del mercato, infatti, non sono statiche e vengono ad essere, in qualche modo, correlate col livello stesso di qualità.

La qualità

Ad esempio, se la garanzia per le auto è di 3 anni per quasi tutte le marche, il mercato accetterà questo valore come uno standard di qualità. Se un produttore porta la garanzia a 5 anni lo standard tenderà ad alzarsi.

Controllo Statistico del Processo

In tale quadro di riferimento trova una sua giustificazione l'applicazione di metodologie dirette al Controllo Statistico del Processo, in quanto esse rappresentano un primo valido strumento a sostegno dell'attività di Decision Making ad ogni livello organizzativo per il raggiungimento della qualità.

L'attenzione sarà focalizzata sul processo di produzione e sul prodotto/servizio che ne esce.

Controllo Statistico del Processo

Il Controllo Statistico di Processo può essere definito come una metodologia che, in riferimento ad una determinata attività, operazione, fase o processo caratterizzato da ripetitività, fa ricorso a tecniche statistiche al fine di definire, analizzare e verificare le condizioni che determinano la variabilità dell'oggetto di analisi.

Prodotti e servizi

Di solito si parla di qualità con riferimento a prodotti fisici o a servizi.

La distinzione è rilevante in quanto non sempre strumenti adeguati per valutare la qualità di un prodotto possono essere adeguati per un servizio.

Il processo produttivo

I prodotti e servizi sono realizzati mediante processi produttivi.

Un processo produttivo è un insieme di risorse e di attività tra loro interconnesse che trasformano degli elementi in ingresso (input) in elementi in uscita (output).

Tra gli input occorre distinguere tra input controllabili ed input non controllabili da parte di chi governa il processo.

Componenti della qualità

- ❖ Prestazione → il prodotto funziona?
- ❖ Affidabilità → ogni quanto tempo il prodotto si guasta?
- ❖ Durata → quanto dura?
- ❖ Manutenibilità → è facile da riparare?
- ❖ Aspetti formali → come si presenta esteriormente il prodotto?
- ❖ Funzionalità → cosa fa il prodotto?
- ❖ Livello di qualità percepito → qual è la reputazione dell'azienda produttrice?
- ❖ Conformità alle normative → è stato fatto esattamente com'era stato progettato?

Componenti della qualità

Gli aspetti generali della qualità:



Qualità di progetto

I beni e servizi sono prodotti con vari gradi di qualità.

Tali differenze sono intenzionali

Conformità alle normative

I beni e i servizi devono essere aderenti alle specificazioni e tolleranze assegnategli in fase di progettazione.

Le caratteristiche della qualità

Ogni prodotto possiede **un certo numero di elementi misurabili**, o comunque percepibili dall'utilizzatore, che contribuiscono congiuntamente alla formazione della qualità del prodotto.

Questi elementi rappresentano le caratteristiche di qualità.

Le caratteristiche di qualità possono essere di diversi tipi, ad esempio: fisiche, sensoriali, comportamento nel tempo...

Le caratteristiche della qualità

Se le caratteristiche di qualità sono misure espresse su una scala continua (peso, resistenza, lunghezza, durata) si parla di *variabili*.

Quando invece si utilizzano dati discreti, per esempio dati di conteggio (numero di lampadine non funzionanti, ecc.) si parla di *attributi*.

Le caratteristiche della qualità

Le caratteristiche della qualità sono valutate in relazione alle *specifiche*, ossia le misure stabilite per alcune caratteristiche di qualità del prodotto/servizio.

Le specifiche sono generalmente stabilite durante la progettazione tecnica del prodotto.

Valore nominale

Il valore desiderato per una caratteristica di qualità è definito valore nominale oppure valore target.

Oltre al valore nominale può essere indicato un intervallo di valori, tipicamente un intorno del valore nominale, tale che se il valore della caratteristica di qualità rientra in tale intervallo il prodotto viene ritenuto conforme.

La qualità è inversamente proporzionale alla variabilità

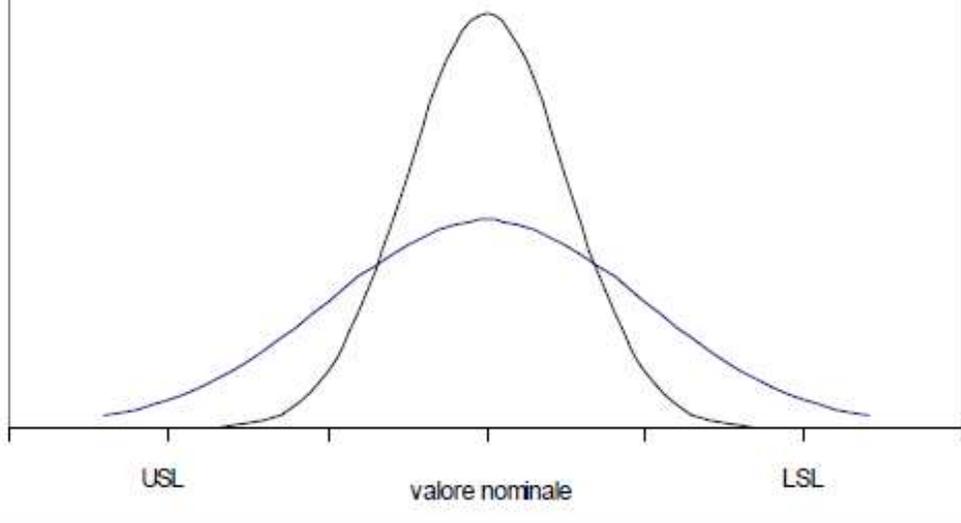
Le aziende investono risorse per assicurarsi che i valori delle caratteristiche di qualità dei prodotti realizzati siano il più vicino possibile ai valori nominali.

Tuttavia due o più unità di prodotto (o servizio) non sono mai uguali.

Pertanto esiste sempre un livello di variabilità nelle caratteristiche di un prodotto e la qualità del prodotto dipende dall'ammontare della variabilità.

La qualità è inversamente proporzionale alla variabilità

Caratteristiche di qualità con diversa variabilità



Nella Figura sono visualizzate le distribuzioni di due caratteristiche di qualità.

Si può notare il diverso livello di variabilità.

È intuitivo comprendere che una maggiore variabilità aumenta la probabilità di produrre un elemento che non rispetta le specifiche.

Il miglioramento della qualità

La variabilità non è totalmente eliminabile, quindi un certo grado di variabilità può essere ritenuto tollerabile, o fisiologico, per un dato processo produttivo.

Questo tipo di variabilità viene indicata anche con il nome di variabilità naturale.

Il controllo della qualità ha l'obiettivo di mantenere la variabilità nel processo e nel prodotto ad un livello naturale.

Il miglioramento della qualità mira ad una riduzione della variabilità nel processo e nel prodotto.

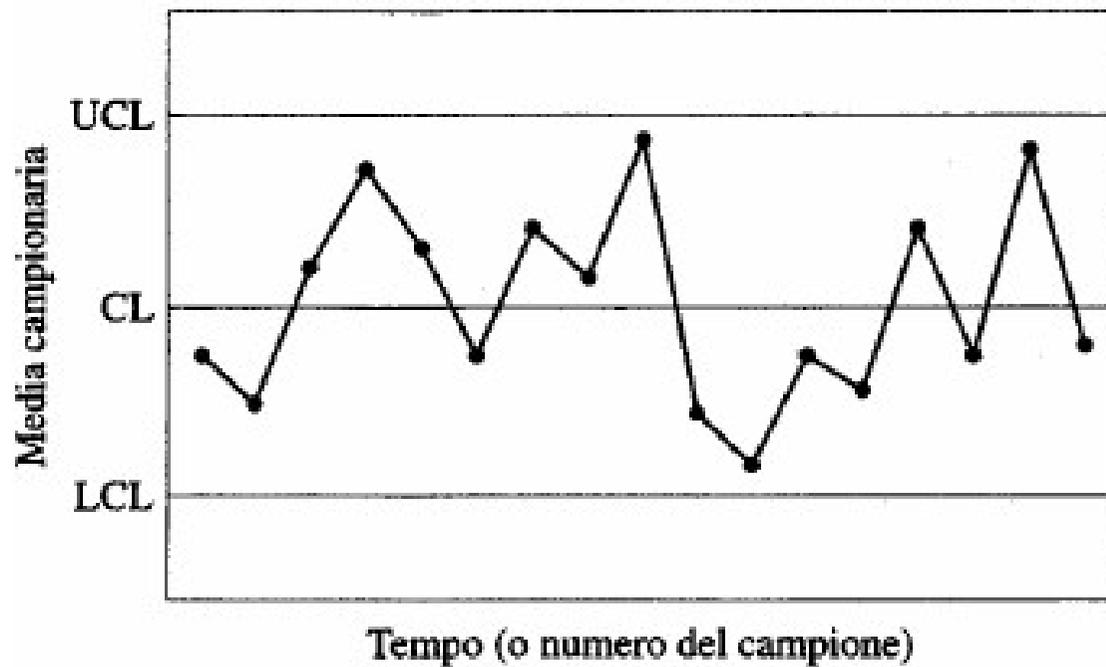
Metodi statistici per il miglioramento della qualità

I principali metodi statistici per il miglioramento della qualità sono:

- ▶ Il controllo statistico di un processo produttivo (SPC)
- ▶ La progettazione degli esperimenti
- ▶ Il campionamento in accettazione

La carta di controllo

Un'utile tecnica per il monitoraggio del processo e un utile strumento per ridurre la variabilità è la **carta di controllo**.



La carta di controllo

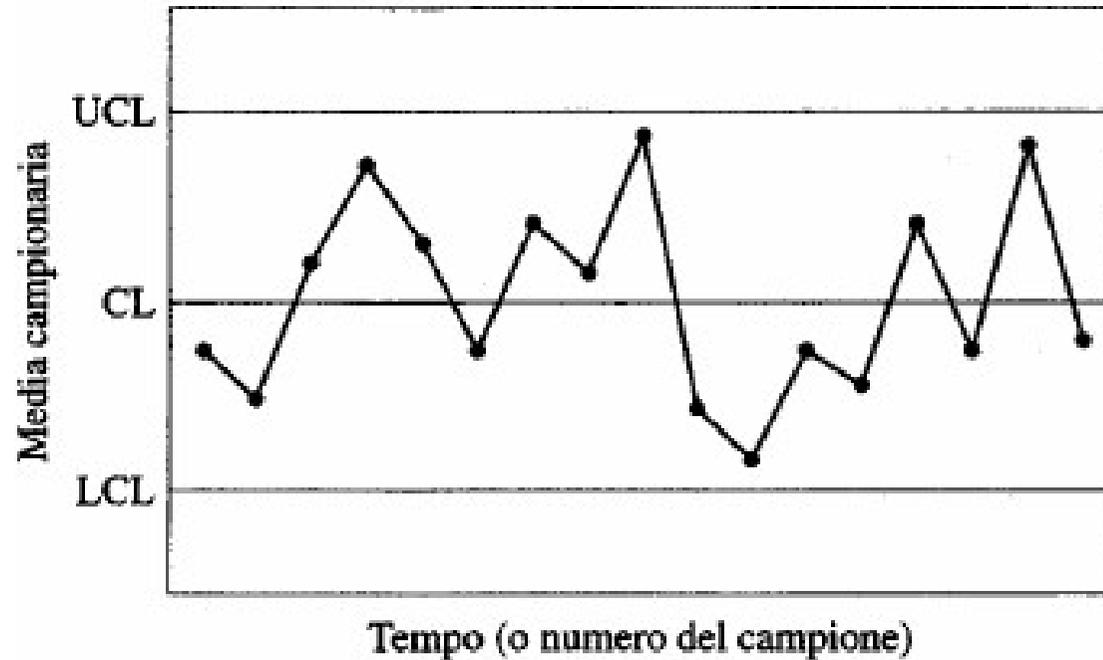
Questo grafico riporta i valori medi delle misurazioni fatte su una caratteristica di qualità misurata con campioni in funzione del tempo.



CL – Linea Centrale, dove dovrebbe posizionarsi la caratteristica del processo se non fossero presenti fonti di variabilità anomale.

UCL e LCL – Limiti di Controllo Superiore e Inferiore sono individuati sulla base di semplici considerazioni statistiche.

La carta di controllo



Quando sono presenti fonti di variabilità anomale la carta di controllo informa sulla necessità di effettuare indagini per rimuovere e correggere gli eventuali errori intervenuti.

La progettazione degli esperimenti

Gli esperimenti programmati sono uno strumento per il controllo della qualità di tipo off-line, perché essi vengono impiegati nello sviluppo e nella progettazione dell'attività produttiva prima che il processo inizi la sua normale evoluzione, avendo come obiettivo l'individuazione dei trattamenti che garantiscono la minore variabilità possibile.

La progettazione degli esperimenti

Un esperimento programmato è una prova, o una serie di prove, in cui vengono fatte variare deliberatamente le variabili di ingresso di un processo, in modo da poter osservare e identificare le corrispondenti variazioni della risposta in uscita.

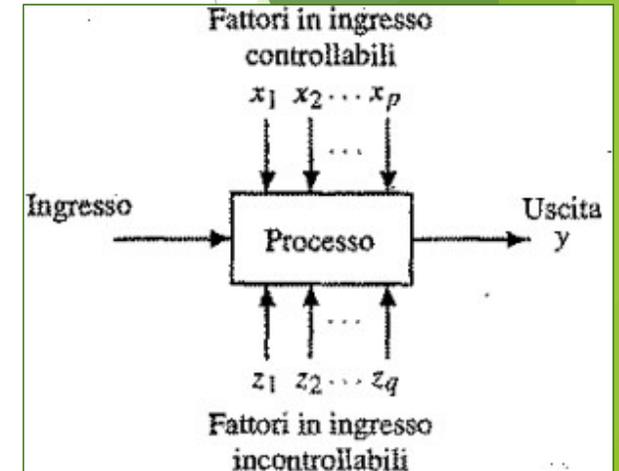
La progettazione degli esperimenti

Un processo può essere visualizzato come un complesso di macchine, metodi e persone che trasformano il materiale in ingresso nel prodotto in uscita.

Questo prodotto in uscita ha una o più caratteristiche di qualità o risposte osservabili.

Alcune delle variabili di processo (x_1, x_2, \dots, x_p) sono controllabili, mentre altre (z_1, z_2, \dots, z_q) sono incontrollabili (anche se queste ultime potrebbero essere controllabili nel corso dell'esperimento).

A volte questi fattori incontrollabili sono detti fattori di rumore.



La progettazione degli esperimenti

Quindi, gli obiettivi dell'esperimento possono comprendere:

- scoprire quali sono state le variabili che hanno maggiormente influenzato la realizzazione del livello qualitativo osservato
- sapere in che misura esso è influenzato dalle variazioni di livello dei fattori studiati.

Tale strumento consente la riduzione della variabilità nel livello di qualità del prodotto e determina i livelli che devono assumere le variabili controllabili per avere una resa ottimale.

La progettazione degli esperimenti

Individuate la relazione funzionale tra le variabili che regolano la produzione, possono essere utilizzate le tecniche di monitoraggio e di sorveglianza della produzione.

Ad esempio:

le carte di controllo possono fornire un'indicazione di quanto il processo ha subito variazioni e quindi della necessità di riportare la produzione sotto controllo, ma per garantire un efficace intervento correttivo è importante sapere qual è la relazione che lega le variabili di entrata e quelle di uscita.

La progettazione degli esperimenti

Una volta che sono state individuate le variabili che influenzano la produzione è importante trovare il modello statistico che regola il legame con il prodotto finale.

Tra le tecniche più importanti per tale scopo ci sono l'analisi della regressione e l'analisi delle serie storiche.

La progettazione degli esperimenti

Ad esempio:

Supponiamo di determinare i livelli dei fattori che massimizzano la resa (y) di un processo.

La resa del processo è una funzione dei livelli dei fattori temperatura di reazione (x_1) e durata della reazione (x_2), per esempio nella forma:

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon$$

dove ε rappresenta il rumore o l'errore osservato nella risposta y .

La progettazione degli esperimenti

Poiché la forma della relazione che lega la risposta alle variabili indipendenti è ignota, il primo passo consiste nella determinazione di una opportuna approssimazione della vera relazione tra y e le variabili indipendenti:

Modello del primo ordine

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

Modello del secondo ordine (in presenza di curvatura nel sistema)

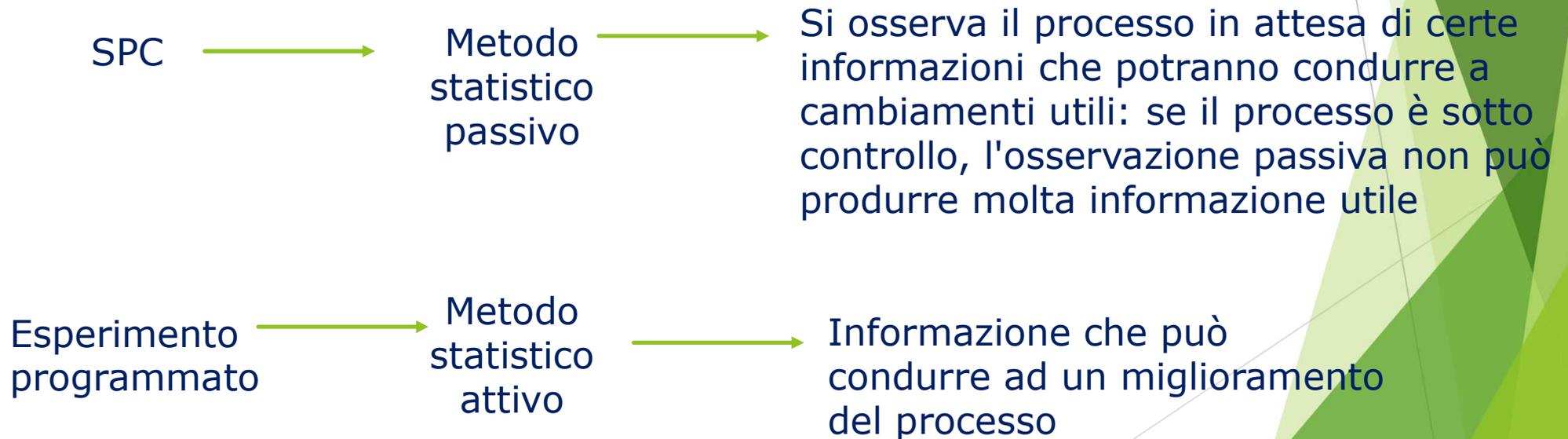
$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{i < j=2}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

La progettazione degli esperimenti

I parametri vengono stimati con il metodo dei minimi quadrati: le stime delle β sono quei valori dei parametri che minimizzano la somma dei quadrati degli errori del modello.

La progettazione degli esperimenti

I metodi di controllo statistico di processo (SPC) e la programmazione degli esperimenti, entrambi strumenti potenti per migliorare ed ottimizzare il processo, sono tra loro collegati:



Campionamento in accettazione

Il campionamento in accettazione è definito come:

l'ispezione e la classificazione di un campione di unità, selezionate a caso da un lotto, per la valutazione della qualità del lotto stesso.

Esso è legato all'analisi delle materie prime impiegate, dei semilavorati e del prodotto finito.

Campionamento in accettazione

Tipologie di campionamento in accettazione:

- a. Ispezione in uscita, ossia quando il controllo dei pezzi è effettuato immediatamente dopo la produzione e prima della consegna al cliente
- b. Ispezione all'entrata, ossia quando il controllo dei pezzi è effettuato immediatamente prima della loro acquisizione
- c. Ispezione di rettifica, ossia i campioni esaminati possono portare all'accettazione o al rifiuto del lotto e in quest'ultimo caso i pezzi esaminati possono essere sottoposti ad un'ulteriore lavorazione o scartati.

Alcune definizioni

LOTTO

E' un insieme di unità di prodotto dal quale viene tratto ed esaminato un campione, per determinare la conformità ai criteri di accettazione.

CAMPIONE

Un campione è costituito da una o più unità di prodotto, scelte a caso da un lotto.

DIMENSIONE DEL LOTTO/CAMPIONE

Numero di unità di prodotto in un lotto/campione.

Alcune definizioni

DIFETTO

Non soddisfacimento di un requisito.

NON CONFORMITA'

Non soddisfacimento di requisiti specificati.

UNITA' NON CONFORME

E' una unità di prodotto che contiene almeno una non conformità (può contenerne anche più di 1).

Campionamento in accettazione

Il campione deve essere:

- ✓ rappresentativo del lotto, e per garantire la rappresentatività del campione, il lotto preso in esame deve essere sufficientemente omogeneo
- ✓ casuale, ossia il campione deve essere effettuato in modo tale che ogni elemento della popolazione abbia la stessa probabilità di essere incluso nel campione, indipendentemente dal suo aspetto e dalla sua posizione. Una buona regola è prelevare il campione durante la movimentazione.

Campionamento in accettazione

I principali schemi di campionamento sono:

- casuale semplice
- sistematico
- a doppio stadio
- stratificato
- a grappoli

I piani di campionamento

Per decidere quando accettare un lotto e quando rifiutarlo è necessario fissare delle regole.

L'insieme di queste regole definiscono il piano di campionamento, che ha per oggetto la determinazione :

- ✓ della numerosità del campione da estrarre
- ✓ dei criteri di decisione da utilizzare

I piani di campionamento

I piani di campionamento si distinguono in base a:

Misure da effettuare

- piani per attributi
- piani per variabili

Regole di decisione

- piani singoli
- piani doppi
- piani multipli

I piani di campionamento

Piani per attributi

Un elemento o un lotto è classificato accettabile o da respingere sulla base del numero di difetti rilevati in un campione rispetto al numero fissato come accettabile.

Piani per variabili

Viene registrato il valore di uno o più parametri ed il criterio di accettazione è basato sulla deviazione standard.

I piani di campionamento

Piani singoli

Si estrae dal lotto un solo campione e la decisione sul lotto viene presa in base alle informazioni da esso ricavate.

Piani doppi

Si estrae dal lotto un primo campione e, in base alle informazioni da esso ricavate, si decide se accettare il lotto, rifiutare il lotto o estrarre un secondo campione e, in base alle informazioni ricavate da entrambi i campioni, si decide se accettare o rifiutare il lotto.

I piani di campionamento

Piani multipli

Si estrae dal lotto un primo campione e, in base alle informazioni da esso ricavate, si decide se accettare il lotto, rifiutare il lotto o estrarre un secondo campione. Se necessario, si estrae dal lotto un secondo campione, etc...

Nel caso peggiore, la decisione viene presa dopo l'estrazione dell'ultimo campione e dipende dalle informazioni ricavate da tutti i campioni.

In media il piano di campionamento multiplo richiede l'esame di meno pezzi rispetto al campionamento singolo.

E' più complesso da progettare.

Campionamento in accettazione

Ad esempio:

Una ditta riceve un approvvigionamento di prodotti da un fornitore.

Tali prodotti sono spesso dei componenti o dei materiali grezzi utilizzati nel processo di lavorazione dell'azienda.

Dal lotto viene preso un campione e vengono valutate alcune caratteristiche di qualità delle unità comprese in esso.

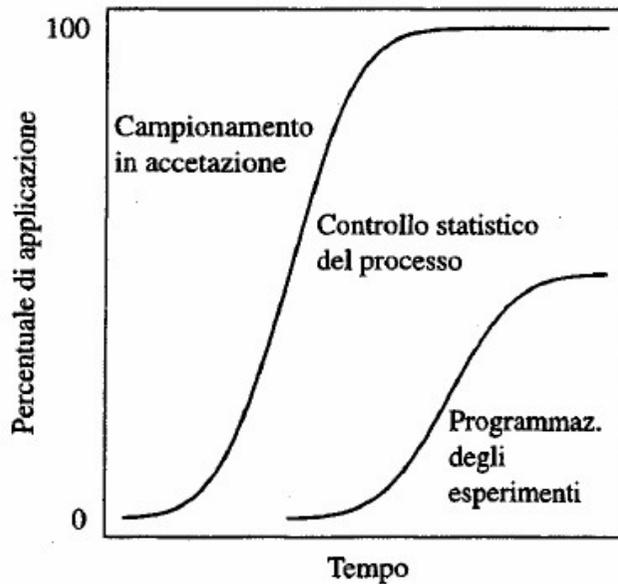
Sulla base delle informazioni ottenute da questo campione, si prende una decisione relativamente alla qualità del lotto.

Di solito, questa decisione è di accettare o di rifiutare il lotto.

I lotti accettati vengono messi in produzione, invece i lotti rifiutati possono essere rifiutati al fornitore oppure essere sottoposti ad alcune altre azioni di accertamento.

Fasi di impiego dei metodi per il miglioramento della qualità

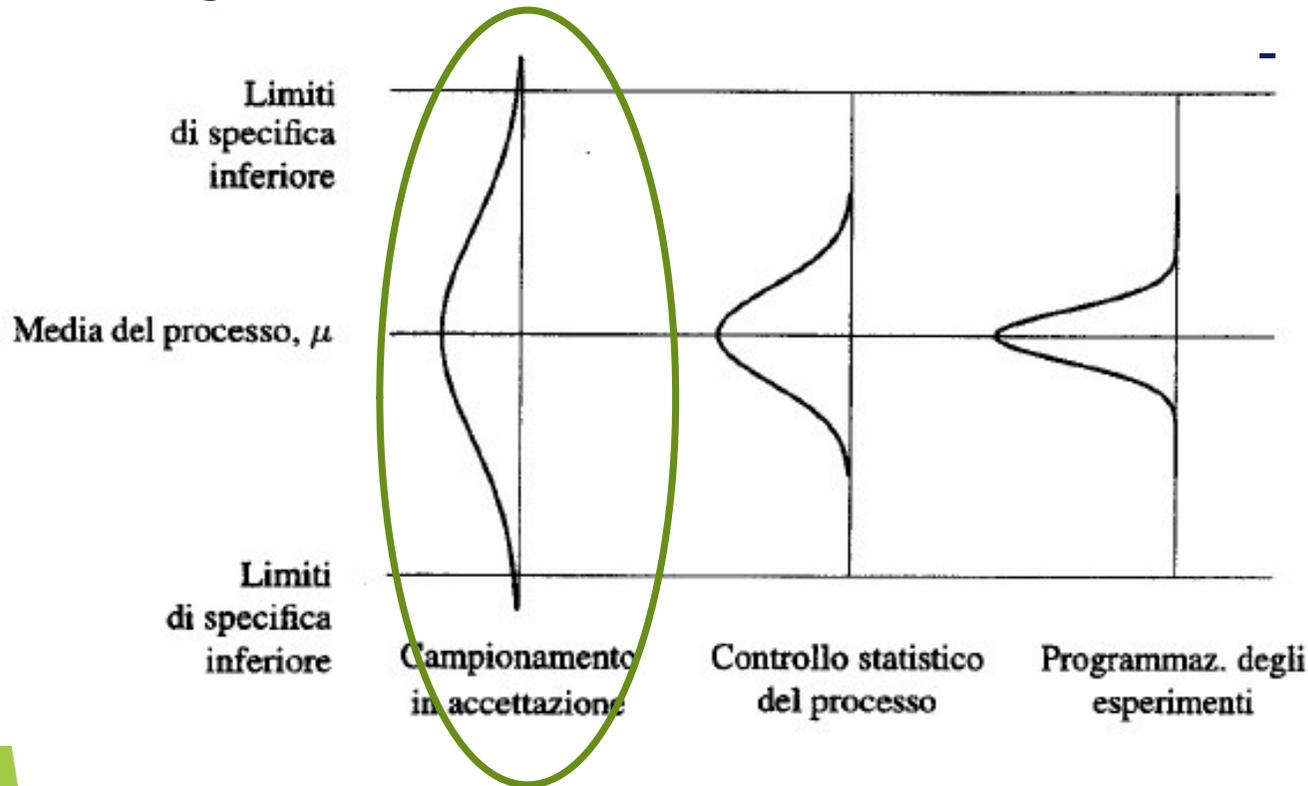
La figura illustra il diverso impiego nel tempo delle tecniche di miglioramento della qualità appena viste:



- All'inizio, in assenza di nozioni ed esperienza sull'impiego delle tecniche di miglioramento della qualità, si osserva un uso modesto delle tecniche di ispezione.
- Col passare del tempo queste vengono sempre più utilizzate finché il controllo statistico di processo e l'impiego dei piani sperimentali iniziano ad avere il sopravvento.

Applicazioni dei metodi per il miglioramento della qualità

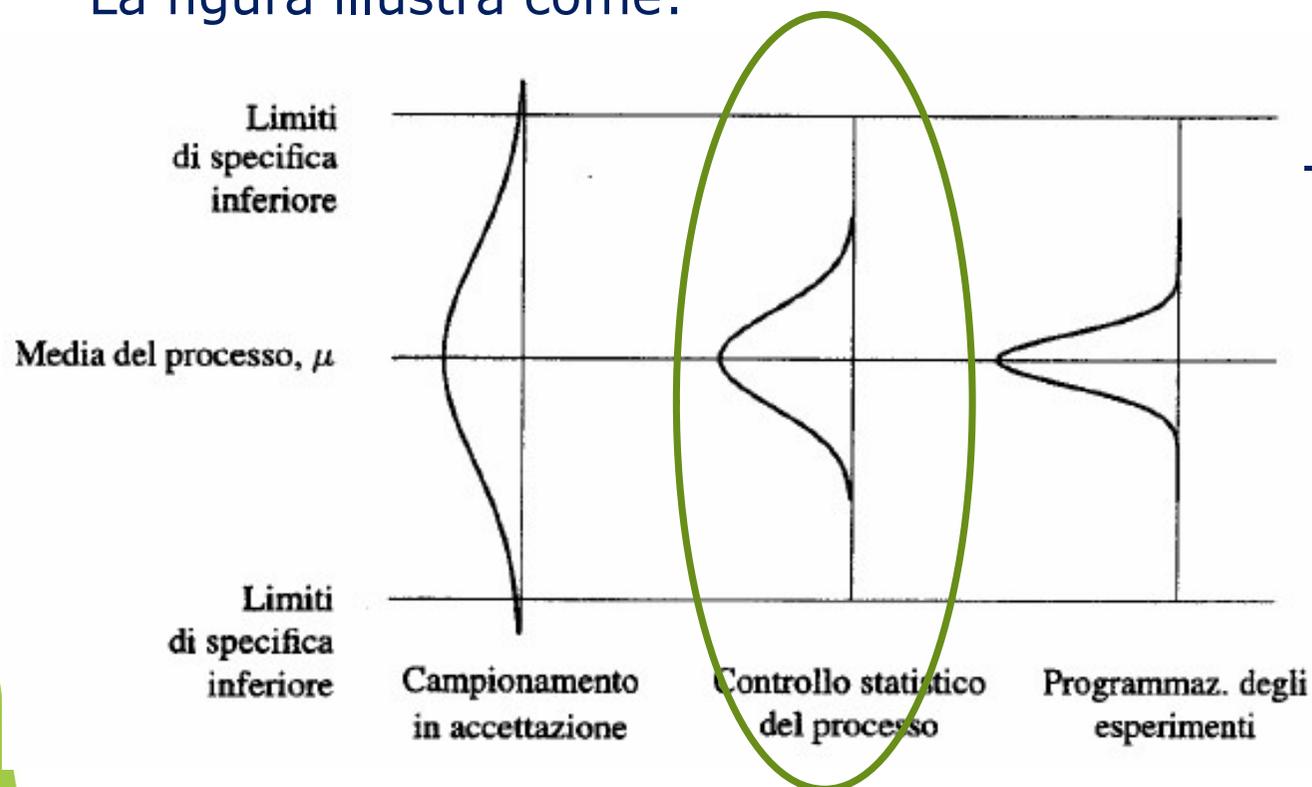
La figura illustra come:



- la sola applicazione delle tecniche di campionamento in accettazione comporta la presenza di una elevata percentuale di unità statistiche non conformi alle specifiche della produzione

Applicazioni dei metodi per il miglioramento della qualità

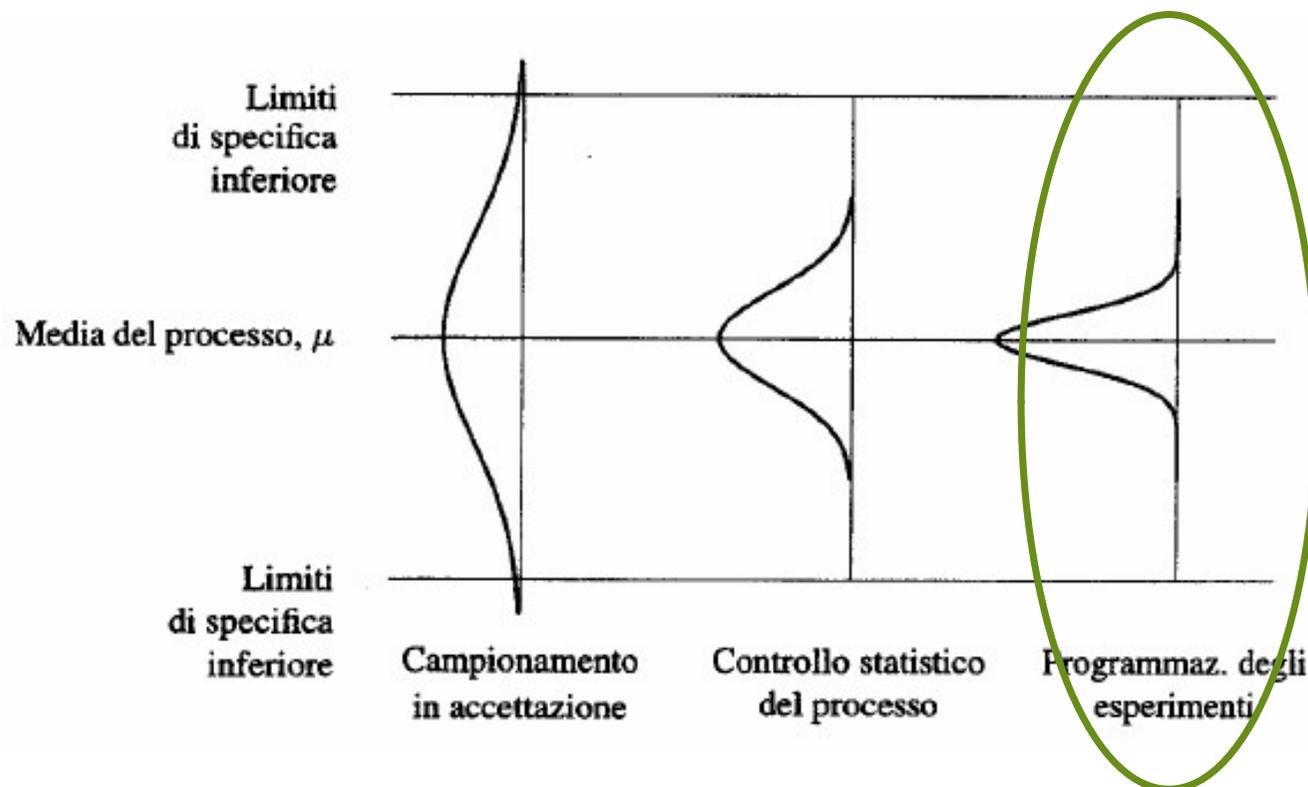
La figura illustra come:



- l'introduzione dell'SPC invece è in grado di ridurre la variabilità del processo e di stabilizzarla entro certi limiti

Applicazioni dei metodi per il miglioramento della qualità

La figura illustra come:



- l'impiego contemporaneo di tecniche di programmazione degli esperimenti è in grado di ridurre ulteriormente la variabilità in quasi tutti i settori della produzione.