

## Módulo 5: Manteniendo la Calidad

Carlos López Vázquez

carlos.lopez@ieee.org

### Plan

- Control en una Cadena de Producción
  - Introducción
  - ¿Qué medir?
  - Sistemas de Medición
  - Implementación
  - Resumen
- Conceptos de ISO 9000



### Introducción

- Producción de datos vs. Bienes
- Producto único
  - Similar a un astillero
    - Producto individual
    - Herramientas, operarios, etc. alrededor del bien
    - CC por inspección, al final
    - Poco repetitivo
    - No puede hacerse estadística
  - Ej.: Construcción de carretera

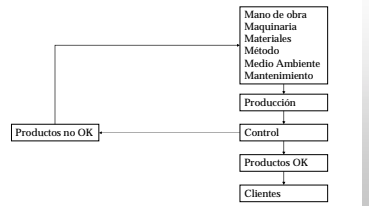


### Producto en serie

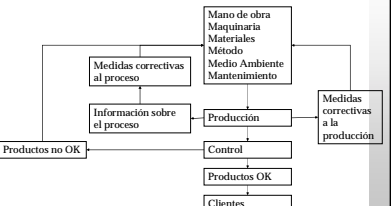
- Similar a una fábrica
  - Se mueve el bien, no los técnicos
  - Obreros especializados
  - Proceso establecido, aplicado muchas veces
  - Muy repetitivo
  - CC estadístico, sobre el proceso
- Ej.:
  - Serie cartográfica
  - Datos Meteorológicos



### Control al final

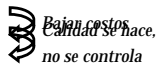


### Control durante el proceso



### Algún concepto

- El CC ha variado en el tiempo
  - Verificación
  - CC del Producto
  - CC del Proceso



### Verificación

- Se aplica desde la antigüedad
- Se realiza la inspección sobre el 100% del lote
- Se realiza la inspección sobre el trabajo/producto ya terminado
- Sólo se inspecciona el producto o el resultado del servicio (no el diseño, ni el proceso, ...)



Control de Calidad previo al almacenamiento de cosechas. De una tumba en Beni Hasan, Egipto, ca. 1900 a.C.

## Verificación

- Pretende ser un filtro que proteja al consumidor
- Suele ser realizada por personas distintas a quienes realizan la producción (p.ej.: el Depto. de Calidad)
- Con ello se gana imparcialidad, pero se pierde la implicación de Producción en la calidad

## Control Estadístico

- Origen en los años 20
- Formalización y extensión a partir de la Segunda Guerra
- Se basa en identificar y tratar características de Calidad como variables aleatorias



## Control Estadístico del Producto

- Menor costo que Verificación
- El Control puede ser asumido por Producción
- Inconveniente: sigue actuando sobre el producto acabado
- Se aplica para Control de Aceptación (normas MIL-STD 105 y 414)

## Control Estadístico del Proceso

- Foco en el proceso de producción, y no en el producto terminado
- Busca identificar Causas de la variabilidad, las que inciden (negativa o positivamente) en la Calidad
- Una vez identificadas hay que eliminarlas

## Algún dato...

- Con sólo control al final se detecta menos del 80% de los errores
- Mejor ir al Proceso
- Dos problemas similares/diferentes:
  - Bien propio (producción interna)
  - Bienes de proveedores (id. externa)
- Soluciones similares/diferentes:
  - SPC
  - Muestreo

## Soluciones similares...

- Requieren medir propiedades relevantes
  - Cuantitativas
    - Ej.: error menor a 5.2 mt
    - Inspección por Variables
  - Cualitativas
    - Ej.: el papel está doblado de acuerdo a la norma
    - Inspección por Atributos
- Obvio que hay casos mixtos
- Al final hay rechazo/aceptación
  - Niveles de confianza
  - Mínimo costo

## Plan

- Control en una Cadena de Producción
  - ✓ Introducción
  - ¿Qué medir?
  - Sistemas de Medición
  - Implementación
  - Resumen
- Conceptos de ISO 9000

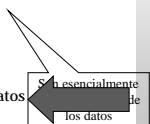


## ¿Qué medir?

- Hay varias maneras de medir desempeño
  - Conteo de datos erróneos
    - Reglas de Negocio no cumplidas
    - Ingreso duplicado
  - Tamaño de datos erróneos
    - Efecto Godzilla
  - Efecto de datos erróneos
    - Número de Quejas de Clientes

## Reglas del Negocio

- Def: Relaciones que tienen que cumplir los datos válidos
  - Sustanciales:  $Lluvia > 0 \leftrightarrow Nubosidad > 0$
  - Formales:  $Lluvia\ diaria \geq 0$
- Surgen de:
  - Expertos en el tema
  - Análisis estadístico de datos



### Reglas de Expertos

- Son personales
- Son incompletas
- Son de difícil actualización (¡Hay que matar al experto!)
- ¡No requieren datos!
- Suelen redundar
- Hay software específico

### Análisis Estadístico

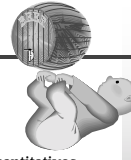
- Hoy conocido como "Minería de Datos"
- Busca relaciones predictivas empíricas
  - No verificadas ← ¿erróneos?
- Busca describir clases
  - No clasificados ← ¿erróneos?
- Registros individuales → conclusiones globales

### Modelos predictivos

- Modelos de regresión
  - Vol. Compra = f(ingreso, edad, nro. de hijos)
- Típicamente vinculan datos cuantitativos
- Se analiza  $y = | \text{Compra} - f(x) |$ 
  - Si  $y <= y_0$  → ok
  - Si  $y > y_0$  → ¡sospechoso!
- Para corregir se requiere acceso al "verdadero valor"


### Clasificación

- Buscan patrones en los datos
  - Cerveza + pañales + pizza
  - Perfume + bombones + leña
  - Mañana de domingo + chorizos
- Vinculan datos categóricos y cuantitativos
- Si alguien compra Leña y Perfume ...
- Para corregir se requiere acceso al "verdadero valor"



### Plan

- Control en una Cadena de Producción
  - ✓ Introducción
  - ✓ ¿Qué medir?
  - Sistemas de Medición
  - Implementación
  - Resumen
- Conceptos de ISO 9000



### Sistemas de Medición

- Tema muy importante
- Las Métricas definen el comportamiento
- Peligros
  - Métricas inapropiadas
  - Administrar Métricas y no el proceso
- Ejemplos

### El caso de la Industria siderúrgica

- Produce chapas, perfiles, varillas, etc. en serie
- Objetivo: producción bruta en Ton/mes
- Cambios -8 hs.
- Grandes stocks
- Demora en cumplir pedidos


Resultado:  
*Ton/mes cumplidas, y clientes insatisfechos*



### Administrar la métrica

- VW nombra CEO español
- Año 1: récord de ganancias
- Año 2: nuevo récord de ganancias
- Año 3: ¡CEO despedido!


■ Corto plazo vs. Largo plazo



### Medir vs. no Medir

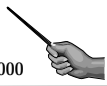
- Lo esencial es invisible a los ojos
- Medir mal es peligroso

*¡No medir es peor!*




### Plan

- Control en una Cadena de Producción
  - ✓ Introducción
  - ✓ ¿Qué medir?
  - ✓ Sistemas de Medición
  - Implementación
    - Producción interna
    - Producción externa
  - Resumen
- Conceptos de ISO 9000



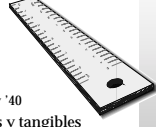
### Producción interna

- Introducción
- Variabilidad del proceso
- Estabilidad del proceso
- Límites de control:
  - Teoría y métodos
  - Fórmulas
- Resumen




### Introducción

- "...Si no puede medirse..."
- Medir ↔ Controlar
- SQC
  - Shewhart, 1920
  - Producción en serie
  - Ideas consolidadas en los '30 y '40
- Corriente para manufacturas y tangibles
- Aplicable para intangibles




### Propósito del SQC

- Definición:
  - Predecir el comportamiento futuro del proceso
- Algunas características
  - Orientado al futuro
  - Usa datos pasados y actuales
  - No es lo mismo que auditoría
- ¿Qué tipo de predicción?
  - "...si no pasa nada nuevo, todo seguirá igual..."
  - "...busque bien, porque algo ha pasado..."



### Producción interna

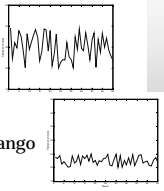
- ✓ Introducción
- Variabilidad del proceso
- Estabilidad del proceso
- Límites de control:
  - Teoría y métodos
  - Fórmulas
- Resumen



### Predicciones...

- Proceso *Bajo Control*
- Se puede observar:
  - Una línea media
  - Un rango estable

➔ Hay *previsibilidad* en el rango

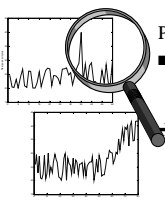


### Predicciones...

Proceso *Fuera de Control*

- Se puede observar:
  - Una accidente
  - Anomalías

➔ Hay que buscar una *Causa asignable*

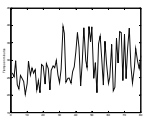


### Predicciones...

Otro ejemplo:


- La tendencia no cambió, pero sí el rango

*Estas cosas pasan...  
Hágalo Ud. Mismo*



### Producción interna

- ✓ Introducción
- ✓ Variabilidad del proceso
- Estabilidad del proceso
- Límites de control:
  - Teoría y métodos
  - Fórmulas
- Resumen

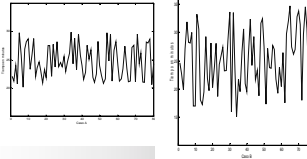


### ¿Cómo es un proceso estable?

- Proceso estable ↔ parámetros "estables"
- Parámetros estadísticos
  - Media
  - Mediana
  - Desviación estándar
  - Rango
  - Quintiles
  - Otros...

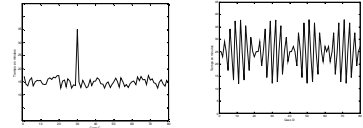
### ¿Cómo es un proceso estable?

Dos casos estables, con la misma media pero diferente rango



### ¿Cómo es un proceso estable?

Tiene la misma media, pero...

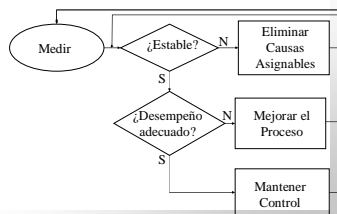


### En resumen...

- Primer problema: medir
- Segundo problema: decidir si el proceso es estable (*está bajo control*) o no
- Tercer problema: qué hacer en cada caso
  - Corregir Causas Asignables
  - Mejorar el Proceso

*Todo puede esquematizarse...*

### Un diagrama de flujo



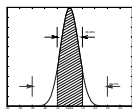
### Producción interna

- ✓ Introducción
- ✓ Variabilidad del proceso
- ✓ Estabilidad del proceso
- Cartas de control:
  - Teoría y métodos
  - Fórmulas
- Resumen



### Cartas de Control

- Se basa en trabajos de la década de 1920-1930
- Sólo estadística básica... ¡o todo lo compleja que se quiera!
- Recordemos algo de la distribución Normal...



### Teoría

- Dados  $\gamma_t$ ,  $t=1,2,\dots,k-1$
- SI  $\gamma_t$  es aleatoria y SI  $\gamma \sim N(\mu, \sigma)$  entonces  $\gamma_t$ ,  $t=k+1, k+2, \dots$  será aleatoria
  - "Aleatorio" → difícil de probar
  - "No Aleatorio" → criterios
    - $3\sigma$  (*tres sigmas*)
    - Rachas

### $3\sigma$ : algunas fórmulas...

- $n > 25$
- Fórmulas básicas
 
$$\mu = \bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \quad \sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$CL = \bar{p}$$
- Hay casos especiales, con fórmulas idem

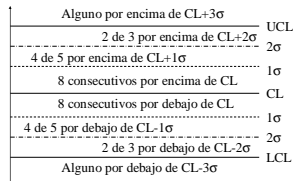
### 3σ: Casos corrientes y especiales

$p_i$  (o  $\gamma_i$ ) pueden ser:

- una magnitud directamente asociada a una observación (ej.: tiempo de viaje)
- el promedio de una magnitud en un lote de N unidades ( $N > 2$ ).
- el número total de fallas observado en un lote de N unidades
- la proporción de defectuosos en un lote de N unidades. Sólo hay unidades buenas o malas.

*habrá fórmulas para cada caso*

### Control de Rachas



### Producción interna

- ✓ Introducción
- ✓ Variabilidad del proceso
- ✓ Estabilidad del proceso
- ✓ Cartas de control:
  - Teoría y métodos
  - Fórmulas
- Resumen



### En resumen:

- Hay lógica detrás de SQC (y teorial)
- SQC define *Estabilidad del proceso* y da:
  - Condiciones
  - Predicciones
- SQC ayuda a *detectar* problemas
- Una vez detectados, hay que resolverlos
- También sirve para confirmar que los niveles de calidad son inalcanzables
- En ese caso hay que cambiar los procesos

### Plan

- Control en una Cadena de Producción
  - ✓ Introducción
  - ✓ ¿Qué medir?
  - ✓ Sistemas de Medición
  - Implementación
    - ✓ Producción interna
    - Producción externa
  - Resumen
- Conceptos de ISO 9000



### Planes de aceptación por muestreo

- Si acepto el lote sin hacer CC
  - Costo nulo del CC (obvio)
  - Costo de la No Calidad
- Verificación 100% sería lo ideal
  - Caro, lento etc.
- ¿Algo intermedio?
- Muestreo → lote=N, verifico sólo n(N), y descarto o no el lote entero

|                |                              |                        |
|----------------|------------------------------|------------------------|
|                | Costo del Control de Calidad | Costo de la No Calidad |
| Aceptar todo   | Nulo                         | Alto                   |
| Verificar todo | Alto                         | Nulo                   |

**Algo intermedio...**

Ariza 2002

### Ventajas del muestreo

- Menor costo total
- Pueden identificarse dos riesgos:
  - Comprador: aceptar lote con muchos defectos
  - Vendedor: que le rechacen un lote bueno
- Tratamiento estadístico es ahora viable
- Criterios económicos
- Inspecciones normal, rigurosa y reducida
- Muestreo simple, doble o múltiple

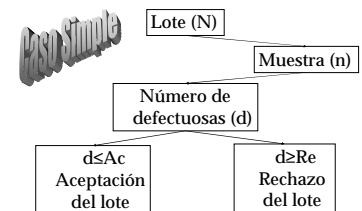
|                 |                              |                        |
|-----------------|------------------------------|------------------------|
|                 | Costo del Control de Calidad | Costo de la No Calidad |
| Aceptar todo    | Nulo                         | Alto                   |
| Verificar parte | Medio                        | Medio                  |
| Verificar todo  | Alto                         | Nulo                   |

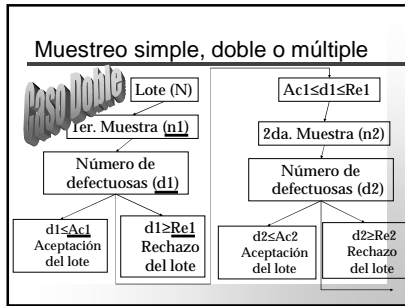
Ariza 2002

### Normal, Rigurosa o Reducida

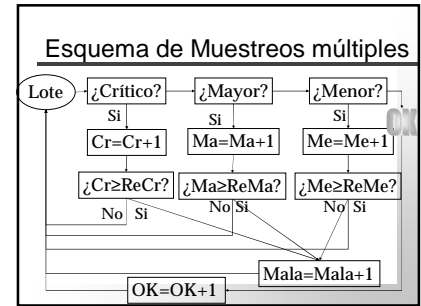
- Reducida
  - Proveedores con antecedentes
  - Calidad estable y holgada
- Normal
  - Opción por defecto
- Rigurosa
  - Proveedores nuevos o con mala calidad
  - Mismo costo que Normal
  - Mayores exigencias

### Muestreo simple, doble o múltiple

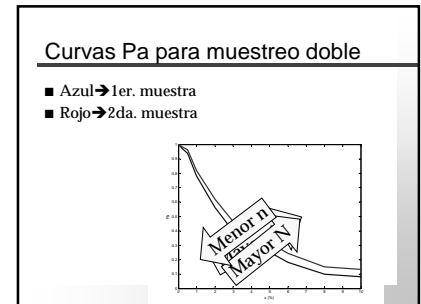
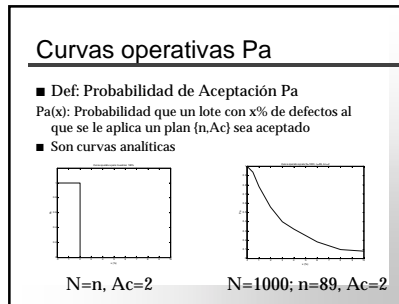




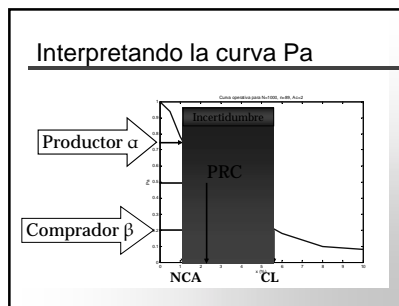
- ### Muestreos múltiples
- Generalización del caso doble
  - Permite categorizar defectos
    - Críticos
    - Principales o mayores
    - Secundarios
    - Menores
  - Se puede operar encajonado



- ### Planes de muestreo
- Definido por:
    - Tamaño N del lote
    - Tamaño n de muestra (n ≤ N)
    - Máximo de defectuosos Ac
    - (Opcional): Mínimo para rechazo Re
    - Método de muestreo
  - Notación: Plan {n, Ac}



- ### En condiciones operativas...
- Varios lotes, con defectos  $x_1, x_2, x_3, \dots$
  - Def: Nivel Calidad Aceptable  
NCA =  $\text{mean}(x_i)$
  - Algún  $x_i$  podrá ser más grande, pero deberá haber más pequeños
  - No demasiado: se pedirá una Calidad Límite tal que si  $x_i > CL$ , rechazo el lote
  - Def.: Riesgo del productor  $\alpha$
  - Def.: Riesgo del comprador  $\beta$



- ### CMS y LCMS
- CMS (AOQ): media de calidad de todos los lotes inspeccionados, incluyendo la verión corregida de aquellos rechazados
    - No se rechazó → hay cierto nivel de error
    - Se rechazó → errores se corrigen y baja a 0%
  - Idealmente CMS debería ser pequeña
  - Si x es bajo, CMS(x) es bajo
  - Si x crece algo, CMS(x) crece pero luego decrece
  - LCMS (AOQL): valor máximo de CMS con x
-

## Recapitulando

- ✓ Control en una Cadena de Producción
    - ✓ ...
    - ✓ Implementación
      - ✓ Producción interna
      - ✓ Producción externa
        - ✓ Verificación
          - Plan de aceptación por Muestreo
            - > Por Atributos
            - > Por Variables
- Conceptos de ISO 9000



## Muestreo para Atributos

- Notación: Atributos - Categórico
- Es lo más fácil
- Estándares bien establecidos
  - > MIL STD 105D
  - > Dodge-Romig
  - > Phillips
- El cómo controlar, dónde, etc. debe estar especificado en contratos proveedor/comprador

## MIL STD 105D

- Fue pionera (2da guerra)
- Se basa en el NCA
- Define y establece niveles
  - > Generales
    - I: reducido (hay evidencia de buena calidad)
    - II: normal (para producto nuevo)
    - III: riguroso (hay evidencia de mala calidad)
  - > Especiales
- Los niveles suben y bajan
- Hay criterios para cambiar de nivel1

## ¿Cuándo cambiar de nivel?

| De  | A   | Criterio                                   |
|-----|-----|--|
| I   | II  | Hay un rechazo                             |
| II  | III | Dos de cinco lotes consecutivos rechazados |
| III | II  | Cinco lotes consecutivos sin rechazo       |
| II  | I   | Diez lotes consecutivos sin rechazo        |

## ¿Cómo se usa?

- Está organizada en tablas T1 y T2
- T1: Dado el nivel (I, II o III) y tamaño de lote N → sale un código C
- T2: Dado C → sale tamaño de muestra n
- T2: Dado C y el NCA → salen niveles de aceptación  $A_c$  y rechazo  $R_e$

## Procedimiento Dodge-Romig

- Utiliza Calidad Límite CL
- Busca minimizar el # inspecciones
- Contempla muestreo simple y doble
- También con dos tablas
- T1: Dado CL, el tamaño de lote N y una estimación de  $x$  → salen (n,  $A_c$ , LCMS)
- Alternativamente:
- T2: Dado LCMS, el tamaño de lote N y una estimación de  $x$  → salen (n,  $A_c$ , CL)
- Problema: requiere estimar  $x$ !

## Procedimiento Philips

- Basado en PRC
- Busca igualar costos de muestreo y de no calidad
- Contempla muestreo simple y doble
- Dado el tamaño de lote N y una estimación de  $x$  → salen (n,  $A_c$ )
- Problema: requiere estimar  $x$ !

## Muestreo para Variables

- Notación: Variables - Cuantitativo
- Es más difícil (más capacitación, tiempo, etc.)
- Presupone variables continuas
- Da más info → muestras más pequeñas que con atributos
- Estándares bien establecidos (MIL STD 414, etc.)
- Hay también inspección reducida, normal y rigurosa
- Desventaja: Requieren conocer la pdf
  - > ¡Adivinaron! Se asume normal
- Las fases son: muestreo, medición y análisis estadístico

## Por más detalles...

Nos remitimos a la literatura especializada ☺

## Plan

- ✓ Control en una Cadena de Producción
- Conceptos de ISO 9000



## Introducción

- Evolución del Concepto de Calidad
- Requisitos del producto →*

*Filosofía y forma de gestión*

- Implantación: tres etapas
1. Programa básico de Calidad
  2. Calidad en procesos
  3. Modelos de Excelencia
- Objetivos:  
Sensibilizar  
Motivar  
Avanzar a los siguientes niveles
- Familia ISO 9000

Ariza 2002

## ¿Porqué ISO 9000?

- Estándar internacional
- Usado ampliamente
  - Bienes, servicios, etc.
- Requerimientos cruzados
- Gestión de Calidad → ISO 9001:2000
  - "Fácil" para manufactura
  - Más "difícil" en otros casos
    - Existe Manual para Cartografía en Europa (2000)
- Modelos de Excelencia → ISO 9004:2000

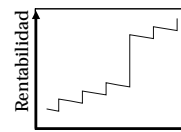
## Familia ISO 9000

- 9000:2000 Establece los fundamentos de los SG y la terminología
- 9001:2000 Especifica los requisitos para los SGC. Aplicable a contratos. Establece requisitos mínimos
- 9004:2000 Amplía objetivos de la 9001. No es aplicable a contratos. Amplia requisitos mínimos
- 19011:2000 Da orientación relativa a auditorías de GC y medioambiental

## ISO 9000 y yo

- ¿Qué puede hacer Ud.?
  - Implementar internamente un sistema de Calidad sin mencionar al estándar
  - Usar e implementar internamente el estándar
  - Usar e implementar el estándar, y además certificarse ISO 9000
- Certificación
  - Implica reconocimiento externo
  - Implica revisión regular (cada seis meses)
- Servicio disponible en muchos países

## Rentabilidad vs. mejora



Mejora  
Caso de Mejora Continua  
Caso de Reingeniería  
y Reingeniería

## Requisitos SGC ISO 9000:2000

- Sistema de Gestión de Calidad
- Responsabilidad de la Dirección
- Gestión de los Recursos
- Realización del Producto
- Medición, Análisis y Mejora

¡CADA UNO POR TODOS!

## Sistema de Gestión de Calidad

- Requisitos generales
- Requisitos de la documentación

## Responsabilidad de la Dirección

- Compromiso
- Enfoque al cliente
- Política de Calidad
- Planificación
- Responsabilidad, autoridad y comunicación
- Revisión por la Dirección



### Gestión de los Recursos

- Provisión de recursos
- Recursos humanos
- Infraestructura
- Ambiente de trabajo



### Realización del Producto

- Planificación de la realización del producto
- Procesos relacionados con el cliente
- Diseño y desarrollo
- Compras
- Producción y prestación del servicio
- Control de los dispositivos de seguimiento y medición



### Medición, Análisis y Mejora

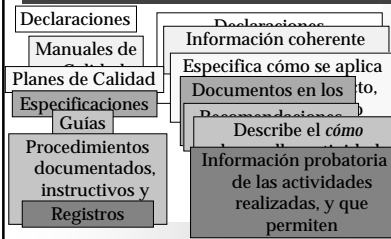
- Generalidades
- Seguimiento y Medición
- Control de producto no conforme
- Análisis de datos
- Mejora



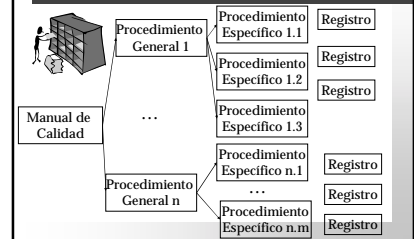
### Sistema Documental

- Idea madre:
  - "...decir lo que se va a hacer..."
  - Para luego "...hacer lo que se ha dicho..."
- Incluir *todo*
- Documentación permite *comunicar* y dar coherencia a la *acción*
- Es el trabajo más arduo
- Varios tipos de documentos

### Tipos de documentos



### Cómo se clasifican



### Documentos: Quién hace qué

| Documento                  | Nivel de decisión         | Quién participa    |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|
| Manual de calidad          | Estrategias de la empresa | Dirección          |
| Procedimientos generales   | Organización de procesos  | Mandos Intermedios |
| Procedimientos específicos | Instrucciones de trabajo  | Personal de base   |

### Manual de Calidad

- Documento básico porque:
  - Será el primero solicitado
  - Es general, y menciona *todo*
  - Refleja el compromiso de la Dirección
- Documento vivo, revisado anualmente
- No debe entrar en detalles
- Estructura y contenido normalizados

### Procedimientos generales

- Desarrollan lo que se perfila en el MC
  - PG de Revisión de Contrataciones
  - PG de Inspección, Ensayo y Pruebas finales
  - ...
  - PG de Formación sobre Calidad
- Debe describir acciones, decisiones, insumos (recursos), criterios, secuencias, referencias, etc.

## Procedimientos específicos

- Son muy, muy propios de la empresa
- Ejemplos cartográficos:
  - PE para comprobar equipos de medición
  - PE para la realización de vuelos aerofotogramétricos
  - PE para la digitalización de documentos
  - PE para la clasificación de imágenes de satélite
- Core business

## Registros

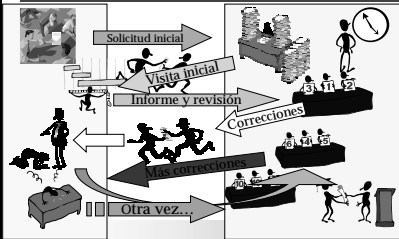
- Comprobantes o evidencias objetivas
- Validan lo hecho, o ayudan a mejorar
- Uso en auditorías internas y/o externas
- ISO 9001:2000 requiere registro de:
  - Recopilación, indexación, archivo, almacenaje, mantenimiento,....etc.
  - Idem para registros del proveedor

## ¿Quién controla todo esto?

- Auditorías internas
- Auditorías externas
- Certificación externa
- Características
  - Arrancan con el material escrito existente
  - Autorizadas por la Dirección
  - Auditores con amplia formación
  - Participación directa de personal auditado
  - Informe conocido y refrendado por todos
  - Conclusiones se elevan a la Dirección *siempre*

¿Quiere ISO 9000?

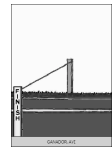
## ¿Cómo se procesa la Certificación?



## Experiencias con ISO 9000

- IGN Francia, OS UK (~1997)
- Hay acuerdo en que ayuda, pero...
  - Aumenta la burocracia interna (papeleo)
  - Hay mayores costos de producción (nuevas tareas)
  - Resistencia al cambio
  - Más difícil subcontratar
  - ¡No mejora calidad del producto final!
- Difícil balance costo/beneficio
- Paso imprescindible
- Hay manual de CERCO (2000)

¡Esto fue todo!



## Módulo 5: Manteniendo la Calidad

Carlos López Vázquez

carlos.lopez@ieee.org