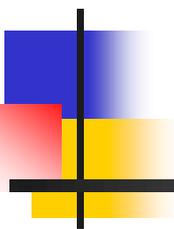




Conceptos y herramientas



Sitio del curso: <http://www.academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez>



La mejor calidad, con el menor coste, el menor tiempo de entrega, la mayor seguridad con plena moral,

Justo a tiempo (JIT)

Pieza correcta, en la cantidad correcta cuando se necesita.

- Takt time
- Flujo Continuo
- Sistema Pull
- Cambio rápido de herramientas
- Logística integral
- 5S

- Desarrollo de equipos de Trabajo
- Polivalencia
- Metas comunes
- Selección del personal

Jidoka

Calidad en la fuente, Hacer los problemas visibles.

- Paradas automáticas
- Sistema Andon
- Separación hombre máquina
- Poka-Yoke
- Análisis de causa Raíz
- Control de calidad en el puesto de trabajo

Mejorar continuamente

- Genchi genbutsu
- 5 Por que?
- Identificación del desperdicio
- Resolver Problemas

Producción Nivelada (Heinjunka)

Gestión Visual (Hazlo visible)

Procesos estables y estandarizados

Pensamiento a largo plazo

La casa Lean: no se puede construir una casa sin una buena fundación

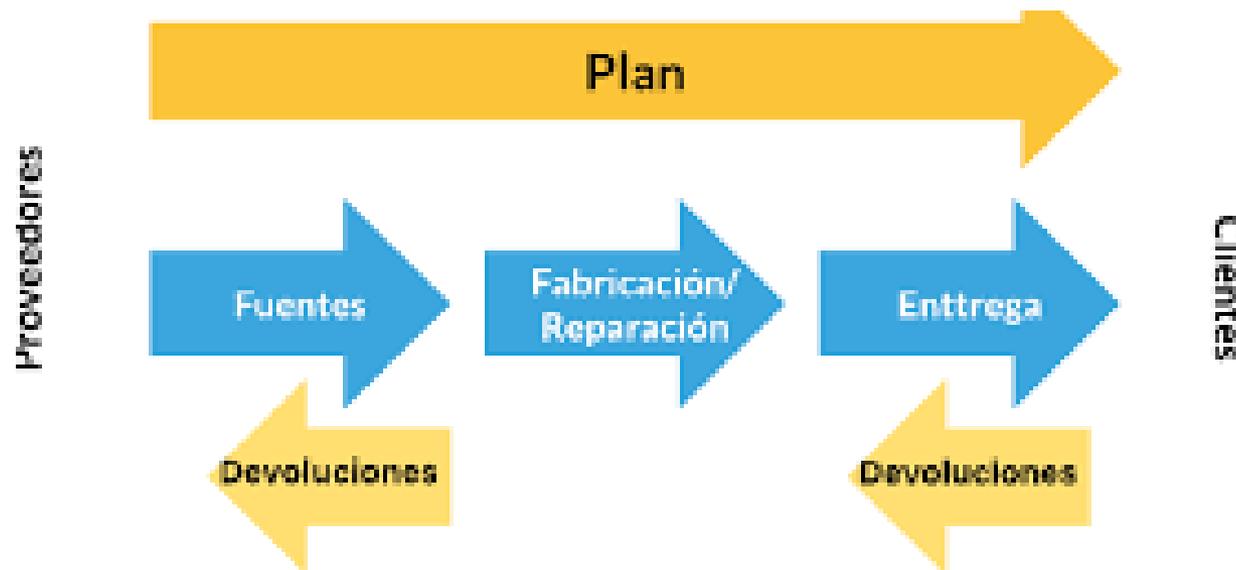


Algunas herramientas



El modelo SCOR

- De acuerdo a la CSMP (Council of Supply Chain Management Professionals):
 - "La gestión de la cadena de suministro abarca la planificación y gestión de todas las actividades involucradas en la gestión de abastecimiento, adquisición, conversión y logística. También incluye los componentes cruciales de coordinación y colaboración con socios de canal, que pueden ser proveedores, intermediarios, proveedores de servicios externos y clientes".
 - Es en los últimos 10 años que el concepto de Lean se está aplicando en el SCM
- El Modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference) del Supply Chain Council divide la Cadena de Suministros en cinco actividades:
 - Planificar, Fuentes, Fabricar, Entrega y Devoluciones



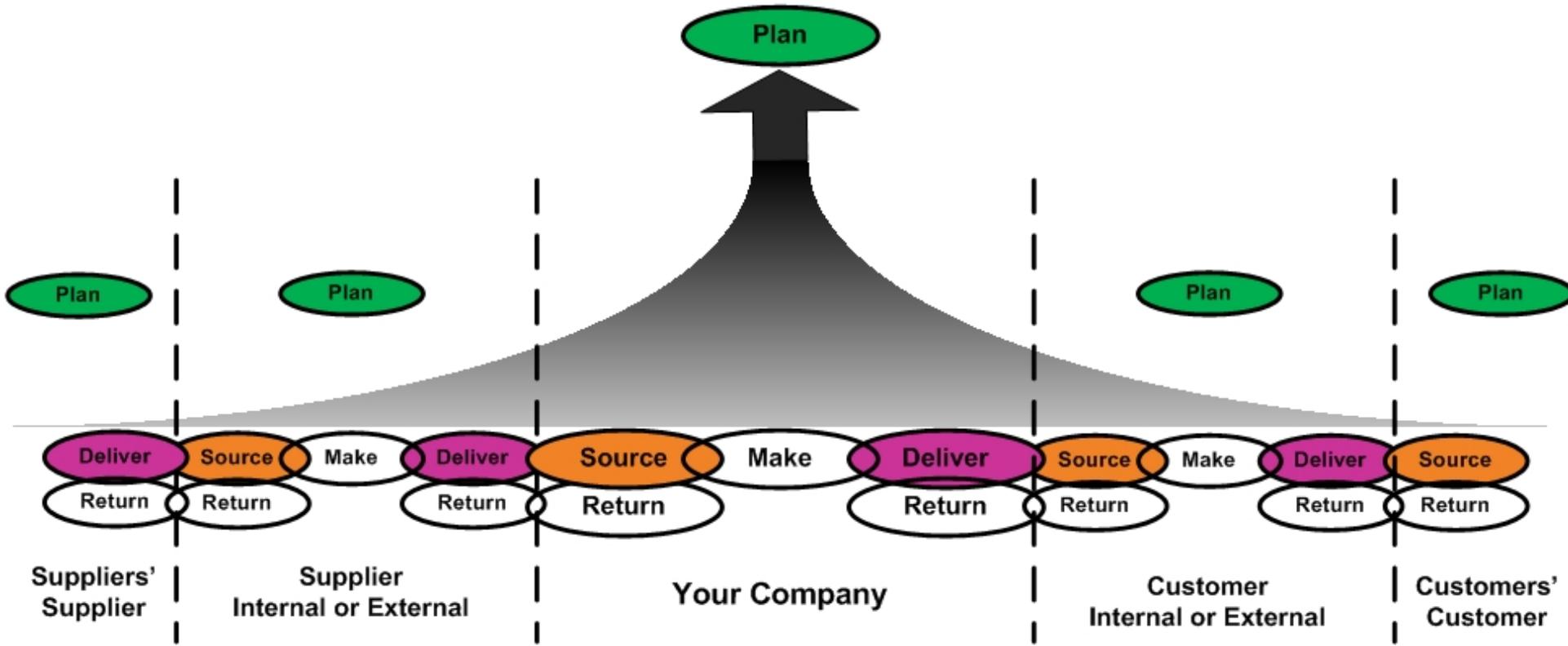
Desarrollo del modelo de gestión de cadena de suministro



- El SCOR permite desplegar las actividades de negocio para conseguir cubrir la demandad de cliente.
- Se divide en 5 procesos claves de gestión:
 - **Planificación** (*PLAN*),
 - **Aprovisionamiento** (*SOURCE*),
 - **Fabricación** (*MAKE*),
 - **Logística** (*DELIVER*)
 - **Devolución** (*RETURN*).
- Se busca abarcar todas las interacciones posibles con el cliente (desde su pedido u entrada de orden hasta el pago de la factura), y por otra parte se pretende contemplar a todos los actores del proceso (Proveedores y Clientes).



Supply Chain Operations Reference Model



<https://www.pdcahome.com/4753/desarrollar-un-modelo-de-gestion-de-cadena-de-suministro-modelo-scor/>



El modelo SCOR



- Es una herramienta para representar, analizar y configurar cadenas de suministros.
- Fue desarrollado como una herramienta de diagnóstico estándar inter-industrias para la gestión de la cadena de suministros.
- El modelo proporciona un marco que une los procesos de negocio, los indicadores de gestión, las mejores prácticas y las tecnologías.
- Es un modelo de referencia; no tiene descripción matemática ni métodos heurísticos.
- Estandariza la terminología y los procesos de una cadena de suministros.
- Modela, compara y analiza mediante indicadores clave de rendimiento (KPI) diferentes alternativas y estrategias de los miembros de la cadena de suministros y de toda la cadena en sí.



Principales procesos



- **Planificación:** La demanda, la planificación de suministros y la administración se incluyen en esta paso. Los elementos incluyen equilibrar los recursos con los requisitos y la determinación de la comunicación a lo largo de toda la cadena. Además el planeamiento toma en cuenta la determinación de las reglas de negocio para mejorar y medir la cadena de suministros eficientemente.
- **Aprovisionamiento:** En este paso se describe la infraestructura de abastecimiento y adquisición de material. Se trata sobre cómo manejar el inventario, acuerdos y rendimiento de proveedores. También trata sobre cómo manejar los pagos a proveedores, cuando recibir, verificar y transportar.

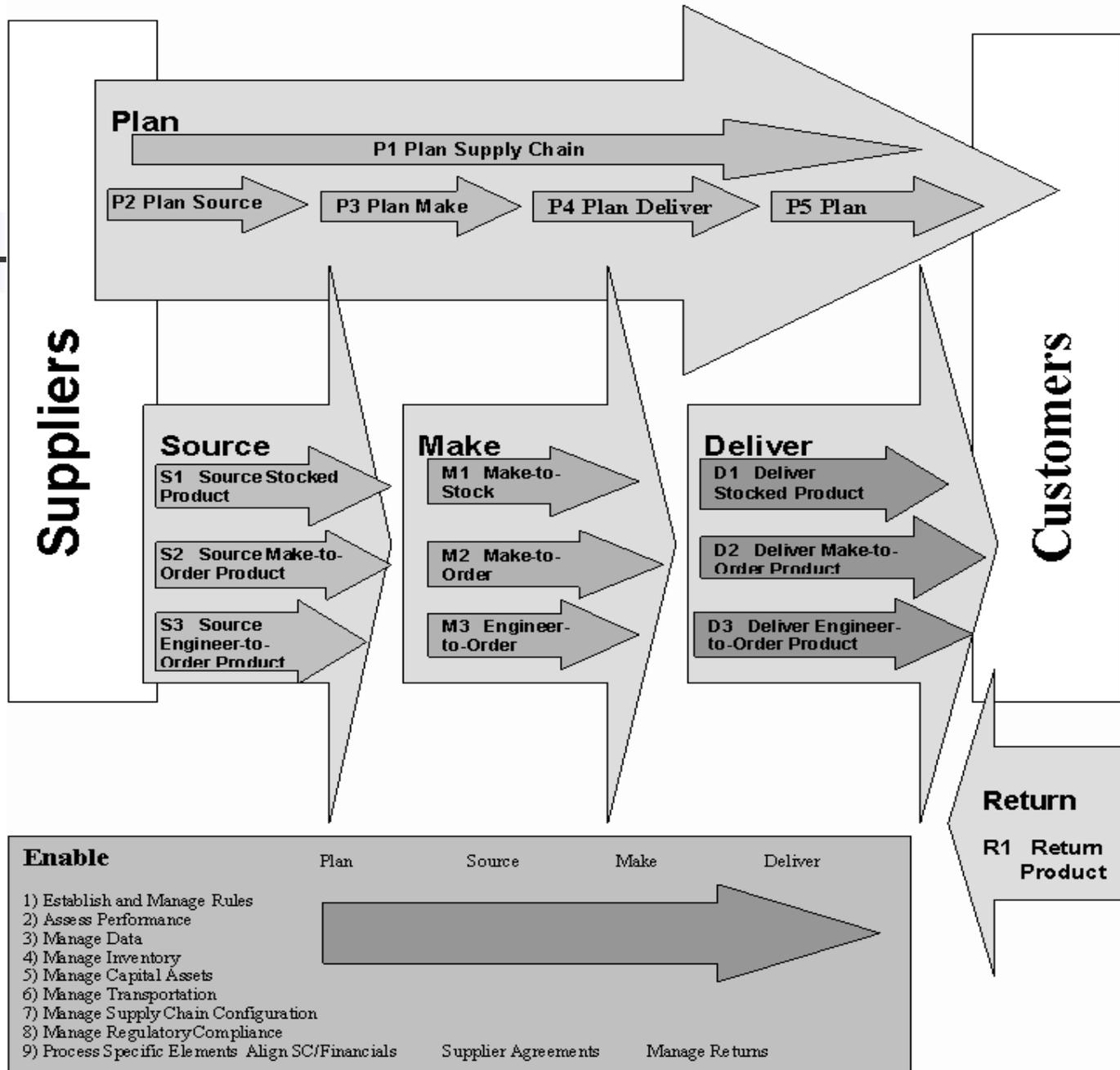
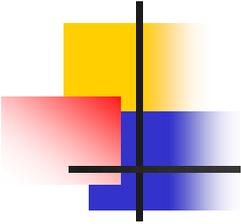


Principales procesos



- **Fabricación:** La manufacturación y producción son tratados en este paso. Qué tipo de proceso de manufactura se tiene make-to-order, make-to-stock, o assemble-to-order. Se incluyen actividades de producción, empaque, producto de ensayo, y la liberación.
- **Distribución:** El suministro o distribución incluye la gestión de pedidos, almacenaje y transporte. También se incluye la recepción de pedidos de clientes y facturación del producto una vez que se haya recibido. Este paso implica la gestión de los inventarios terminados, los bienes, el transporte, los ciclos de vida del producto y los requisitos de importación y exportación.
- **Devolución:** Todo empresa debe estar preparada para la devolución de productos sea la razón que sea. La devolución involucra la administración de reglas de negocio, el inventario de cambio, bienes, transporte y los requisitos reglamentarios.





Niveles de análisis



- **SCOR** trabaja con 3 niveles de procesos, el primero
- **Nivel Superior** (Tipos de procesos),
- **Nivel de Configuración** (Categorías de procesos) y
- **Nivel de Elementos de Procesos** (Descomposición de los procesos).
- En cada uno de ellos SCOR busca de aportar indicadores (KPIs), estos a su vez se dividen en varios factores de rendimiento de sistema, Fiabilidad en el cumplimiento (Reliability), Velocidad de atención (Responsiveness), Costo (Cost), Activos (Assets) y Flexibilidad (Flexibility).



Nivel Superior (Tipos de procesos)

- Se describe el alcance del modelo **SCOR**, se realiza un estudio de la estrategia competitiva y se establecen métricas como objetivos de rendimientos competitivos.
- Los KPIs en este nivel son de muy alto nivel y contemplan varios procesos dentro del marco del modelo SCOR, y no tienen porque estar todos los procesos de nivel 1 (*Plan, Source, make, Deliver & Return*) parametrizados por estos indicadores, con ello se realiza una valoración inicial de cómo están rindiendo los procesos.
- Se puede realizar un *benchmarking* mediante un cuadro de indicadores para la cadena de suministro (*Supply Chain Scorecard*) y ver cuáles son las *Best Practices* para mejorar los procesos iniciando un *project plan* de alto nivel.
- Metodología:
 - Fijar el alcance y objetivo que va a tener la utilización de este modelo dentro de la organización.
 - Formar un equipo que realice labores de gestión del SCOR.
 - Establecer y analizar KPIs.
 - Realizar una valoración de estado de madurez de nuestra cadena de suministro



Nivel de configuración (Categorías de procesos)

- Se amplía el campo de trabajo y se trabaja con 26 categorías de procesos que se asocian a cada uno de los de nivel 2, es decir, 5 a Plan, 3 a Fabricación, 4 a Distribución, 6 a Devolución (donde se divide a su vez en 3 de Aprovisionamiento y 3 de Distribución), y por último se cuenta con 5 procesos asociados a Apoyo.
- Se puede realizar una clasificación y agrupar a estos procesos en rangos mayores, por lo que quedaría 5 para Planificación, 16 para Ejecución y los 5 últimos se mantienen en Apoyo.
- Se puede realizar una sub-categoría serían: Fabricación contra Almacén (***Make to Stock***), Fabricación bajo pedido (***Make to Order***), Diseño bajo pedido (***Engineer to Order***) estas dentro de Fabricación de nivel 1, a su vez Deliver también presenta sub-categorías como son, Producto de venta al por menor (***Retail Product***), y por último el proceso de Return se subdivide en Producto Defectuoso, Producto para mantenimiento, Reparación y producto en exceso.
- Nivel metodológico:
 - Representación de un modelo de procesos AS IS.
 - Análisis de KPIs de 2º nivel y buscar las Best Practices.
 - Buscar la mejora dentro de la cadena
 - Redefinir procesos clave dentro de la cadena
 - Modelar un TO BE para nuestros procesos.

Nivel de Elementos de Procesos (Descomposición de los procesos)



- En este punto del **SCOR** se pasa a un nivel de detalle de proceso mucho más avanzado, donde se hace una representación de cada proceso en detalle y la visión que tendríamos sería algo similar a un flujograma donde se detallaría los *inputs*, *outputs*, recursos, sistema con el que está soportado.
- En este análisis detallado se pueden indicar tiempos de actuación, de esper y se puede llegar más lejos haciendo un análisis detallado del proceso de tal modo que nos ayude a visualizar donde se establecen cuellos de botella, despilfarros.
- Nivel metodológico
 - Desde el mapa AS IS realizar un despliegue de sus componentes.
 - Evaluación de KPIs dentro de este nivel
 - Mejorar el rendimiento de los procesos con estudio en detalle
 - Lanzar proyectos clave de mejora en la supply chain
 - Mantener una mejora continua extendiéndola al resto de la cadena de suministro





Se fundamenta en:

- Un mapa de procesos dentro de las organizaciones.
- Poder buscar una estrategia competitiva donde mejorar en su día a día.
- Definir, controlar y gestionar los procesos claves de la cadena.
- Se busca la representación de procesos, su evaluación mediante KPIs, comparativa a nivel internacional, mejora continua y desplegar una estrategia hacia la cadena de suministro mas eficiente.





En resumen, su utilidad es:

- Unificar términos y dar un formato estándar para describir la Cadena de Suministro.
- Evaluar cada proceso con Indicadores (KPI's) apropiados.
- Comparar sus niveles con los de Clase Mundial.
- Encontrar Oportunidades de Mejora.-
- Saber qué mejores prácticas se pueden implementar.
- Mantener un sistema continuo de evaluación de KPI's y proponer mejoras futuras.



Lean vs. Six Sigma

- El concepto lean se define como una manera sistemática de eliminar el desperdicio y crear flujo en los procesos, mientras que Six Sigma es un conjunto de técnicas que se esfuerzan por reducir en gran medida la tasa de defectos en los diferentes procesos.
- Esencialmente, los sistemas Six Sigma y Lean tienen el mismo objetivo.
- Ambos buscan eliminar el desperdicio y crear el sistema más eficiente posible, pero adoptan diferentes enfoques para lograr este objetivo.
- En términos más simples, la principal diferencia entre Lean y Six Sigma es que identifican la causa raíz del desperdicio de manera diferente.



Lean vs. Sig Sixma



- Lean se enfoca en analizar el flujo de trabajo para reducir el tiempo de ciclo y eliminar el desperdicio.
- Lean se esfuerza por maximizar el valor para el cliente mientras usa algunos recursos como sea posible.
- Six Sigma se esfuerza por obtener resultados casi perfectos que reduzcan los costos y logren niveles más altos de satisfacción del cliente.
- Una similitud entre Lean vs Six Sigma es que ambos han demostrado que es posible mejorar drásticamente la calidad de los productos y la experiencia del cliente al mejorar los procesos.
- En última instancia, el problema puede no ser si elegir entre Lean y Six Sigma, sino cómo puede tomar los elementos que le gustan de cada uno y aplicarlos para resolver problemas en su propio negocio.



Las siete fuentes de desperdicios:



- **Sobreproducción:** Esto ocurre cuando se produce cuando no hay demanda del cliente.
- **Espera:** esperar es el tiempo de retraso entre cada paso en la producción. Cuando los empleados se quedan esperando, no se agrega ningún valor.
- **Transporte:** este tipo de residuos se produce cuando los materiales o productos se mueven de manera ineficiente.
- **Sobre procesamiento:** ocurre cuando pasa demasiado tiempo produciendo un producto o lo produce de una manera muy ineficiente.
- **Inventario:** esto sucede cuando sus niveles de inventario son demasiado altos y tiene demasiado trabajo en progreso al mismo tiempo.
- **Movimientos:** se refiere a estándares de trabajo deficientes y a empleados que se mueven de manera ineficiente entre tareas.
- **Defectos:** los defectos son la cantidad de tiempo que los empleados pasan identificando y reparando errores de producción.



Tácticas Lean para eliminar desperdicios

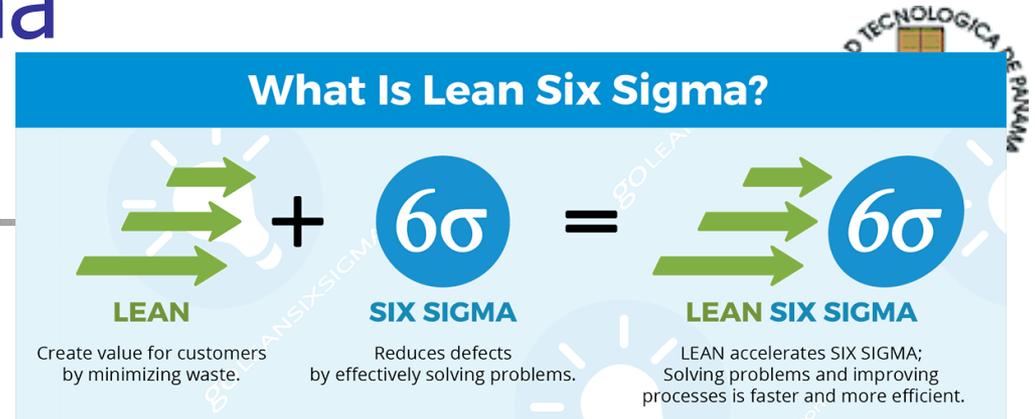


- Simplificar
- Agilizar
- Estandarizar
- Utilizar sistemas visuales
- Diseños y procesos libres de errores
- Sincronizar
- Colocar
- Reducir el tiempo de ajuste



Lean Six Sigma

- Nace de la convergencia del Lean y Six Sigma
- Lean intenta reducir el desperdicio en el proceso de producción, y Six Sigma intenta agregar valor al proceso de producción.
- Se fundamenta en el ciclo DMAIC, que es una metodología estructurada para la solución de problemas usada en todo tipo de negocios. Llevan el mismo ciclo de mejora que lleva el círculo de Deming.





Lean Six Sigma



- Es un marco que ayuda a las empresas a mejorar la eficacia y la eficiencia al eliminar el desperdicio.
- Jack Welch, ex presidente y CEO de General Electric, escribió que la variación es malvada.
- El propósito de Lean Six Sigma es mejorar la experiencia del cliente al eliminar toda variación.
- Esto se debe a que el afecto de un cliente por su empresa puede desaparecer rápidamente a la primera señal de inconsistencia.
- La consistencia es importante porque construye la integridad de su negocio y permite que los clientes confíen en usted.



Analogías entre Six Sigma y Lean



Improvement phase	Six Sigma activities	Lean activities
Define	<ul style="list-style-type: none"> Define product or service attributes most important to customers upon which to focus improvement. These are critical to quality (CTQs) Construct charter which establishes the importance of improving the quality attributes that are selected 	<ul style="list-style-type: none"> Establish metrics upon which improvement efforts are focused, one of which is usually lead time Construct charter which establishes the importance of the project either to customers or internal customers if project is for internal efficiencies
Measure	<ul style="list-style-type: none"> Measure process capability Assess the measurement system competency Collect data about the selected CTQs and process inputs most likely to be affecting them 	<ul style="list-style-type: none"> Collect data to define the process steps Draw VSM Measure lead time and value-added ratio (VAR)
Analyze	<ul style="list-style-type: none"> Analyze data to determine process inputs that most often cause defects or variation of the CTQs 	<ul style="list-style-type: none"> Find nonvalue-added time (waste or muda) from the customers' perspectives Determine root causes of waste
Improve	<ul style="list-style-type: none"> Design process changes to mitigate the effects of the most critical process variables identified in the Analyze phase Conduct trials and do hypothesis tests to verify that the proposed process changes improve quality If successful, institute the changes in a revised process description 	<ul style="list-style-type: none"> Design process changes that will remove nonvalue-added time while not sacrificing quality Implement changes, possibly using Kaizen events Perform hypothesis test to confirm that lead time is reduced by the forecasted amount Change process description documents to institute changes
Control	<ul style="list-style-type: none"> Monitor quality using control charts to ensure improvements are sustained 	<ul style="list-style-type: none"> Periodically audit process to ensure that it is being carried out according to the process descriptions



Bradley, James (2015) *Improving Business Performance with Lean, Second Edition*, Business Expert Press, LLC , New York

La variación



- Son cambios inevitables que modifican el proceso (ya sean pequeños o casi imperceptibles) que afectan posteriormente al producto que se produce o al servicio que se ofrece.
- La teoría de la variabilidad fue propuesta por el Dr. Deming y junto a la "teoría de la causalidad" pueden analizarse las variaciones de un proceso.
- El control de la variación, solo puede darse en sus causas, principalmente en el control de su causa raíz.
- La variación puede ser un gran problema en cualquier organización, pero no tiene que ser un factor crítico si tiene cuidado de evitarlo.



Fuentes de variación

- La variación puede presentarse de muchas formas, pero, en general, se divide en dos categorías: a corto y largo plazo.
- La variación a corto plazo puede ser más fácil de identificar, pero generalmente es más difícil de manejar, porque generalmente son los resultados de diferencias aleatorias que pueden o no repetirse en el futuro.
- Por otro lado, la variación a largo plazo puede llevar algún tiempo identificarla, pero una vez que la ha descubierto, generalmente es bastante sencillo ver qué la causa y cuál es la dirección adecuada para resolverla.
- Al lidiar con la variación del proceso, se deberá aprender a reconocer los dos tipos generales y las formas en que afectan la operación de un negocio.
- En la mayoría de los casos, es inevitable cierto nivel de variación en un proceso: la pregunta es si los factores que causan esta variación están controlados y se predicen, y si puede explicar esa variación en sus proyecciones futuras.

Variación de causa común o natural



- Es la variación resultante de factores que pueden o no ser conocidos, pero el impacto final que tienen en su producción es predecible y controlable, y generalmente habría que esperar alguna variación en áreas específicas al mirar sus informes finales.
- Un cierto nivel de variación es inevitable para la mayoría de los procesos.
- Este el tipo de variación que se desea tener si quiere estar seguro de que tiene el control de la situación actual.



Variación de causa especial

- Ocurre cuando algo fuera de lo normal sucede en un proceso.
- Puede ocurrir una sola vez, o puede convertirse en un efecto repetitivo, en cuyo caso podría eventualmente clasificarse como una variación de causa común dependiendo de las circunstancias.
- Es importante comprender que a veces simplemente no podrá evitar la variación de una causa especial, ya sea porque la naturaleza de un proceso es propensa a ello o por factores externos en su entorno que están fuera de su control.
- Sin embargo, cuando se haya identificado una variación de causa especial, es importante tomar medidas rápidas para abordarla.

Six Sigma y la reducción de variabilidad



- Es una selección de herramientas y metodologías para mejorar la productividad de una organización moderna.
- Ofrece un buen conjunto de técnicas específicamente destinadas a reducir la variación y hacer que los resultados de sus operaciones sean más predecibles.



Algunas herramientas



- **SIPOC:** Este término se refiere a Proveedores, Entradas (Inputs), Proceso, Salida (Output) y Clientes. Básicamente SIPOC es un diagrama que proporciona respuestas visuales a las preguntas que se requieren para entender el proceso. El diagrama resultante es tan importante como los pasos involucrados en la creación de este diagrama y la participación de los miembros del equipo en la generación de ideas y sesiones de debates.
- **Análisis de las Partes Interesadas:** Utilizando esta herramienta se listan las partes interesadas y se evalúa el impacto del proyecto de mejora en cada uno de ellos.
- **Voz del Cliente (VOC):** Las herramientas VOC tales como entrevistas, grupos focales, buzones de sugerencias se utilizan para proporcionar datos sobre la representación de los requerimientos del cliente y puntos de vista. El análisis de Kano se utiliza para convertir estos datos brutos en datos cualitativos y cuantitativos.



S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
¿Quién suministra lo que se necesita para ejecutar el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?
Ejemplo:				
Departamento de finanzas de sucursales.	Ordenes de compras. Facturas.	Paso 1 Paso 2 Paso 3	Reportes financieros	Departamento financiero corporativo



Análisis de partes interesadas (API)



- Identifica y describe a las **partes interesadas** y evalúa sus intereses respectivos en temas particulares.
- El API se usa en el contexto de políticas y de proyectos, durante la planeación y el desarrollo, la implementación, y la evaluación y el **análisis**.

ANÁLISIS DE PARTES INTERESADAS			
Parte interesada	Descripción del requisito, necesidad expectativa	Modo de Impacto al SGC	Impacto
			- Afectación / + Beneficio 1 Baja, 3 Media, 5 Alta
Cientes			
Proveedores y Contratistas			
Sindicatos			
Accionistas, Socios, Dueños			
Alta dirección			
Empleador y trabajadores			
Autoridades legales y reglamentarias			
Sociedad y Comunidad			
Comunidad Académica / Científica			
Asociaciones / Cámaras Industriales			
ONG			
Gobierno Federal Estatal Municipal			
Competencia y Mercados			
Medios de comunicación			
Entidades financieras			



Voz del cliente – Análisis de Kano



- Es una herramienta analítica que relaciona las características de un producto con el nivel de satisfacción de sus clientes o compradores.
- Busca identificar y clasificar los distintos atributos de los productos para luego relacionarlos con el grado de satisfacción que brindan al cliente.
- Propone que se clasifiquen las preferencias de los consumidores en varias categorías según estos aspectos:
 - Factores atractivos o de entusiasmo.
 - Factores lineales o normales.
 - Factores imprescindibles o básicos.
 - Factores indiferentes.
 - Factores de rechazo o contrarias.



Algunas herramientas



- **Matriz Causa Efecto:** La herramienta se utiliza para tabular los efectos y calcula las puntuaciones que eventualmente se usan para clasificar las causas, y también para medir la matriz usada para seleccionar las entradas a enfocar.
- **Plan de Recolección de Datos:** Esta herramienta incluye todas las decisiones relacionadas con los datos que se deben recolectar, la determinación del tamaño de muestra, la identificación de las fuentes de datos, el desarrollo de las hojas de recolección de datos y la asignación de las tareas de recolección de datos entre los miembros del equipo.
- **Gráfica de Pareto:** Esta herramienta es una gráfica de barras donde el eje horizontal representa las categorías. La gráfica de Pareto es una herramienta que centra el esfuerzo del equipo en los problemas más importantes.



Matriz causa efecto (de Leopold)



- Es un método cualitativo que permite valorar diferentes alternativas de un proyecto.
- Consiste en una matriz donde las filas son los factores que pueden ser afectados y las columnas las actividades que van a tener influencia sobre los factores.

Matriz de relacion Causa y efecto / TABLA 2

Haciendo una Hamburguesa			Nivel de importancia para el cliente			10	5	6	
			1	2	3				
0 = Sin relación 1 = Mínimamente relacionado 3 = Moderadamente relacionado 9 = Relacionado Significativamente			Buen sabor	No muy cocido	Disponibilidad del Aderesos (tales como lechuga y tomate)	Total			
Línea	Etapa del Proceso	Entrada del Proceso							
1	Mano de Obra	Hamburguesa muy cocida (seca)	9	9	0	135			
2	Mano de Obra	Hamburguesa con poca cocción	3	1	0	35			
3	Mano de Obra	Hamburguesa muy condimentada	3	0	0	30			
4	Máquina	Sucia / falta de limpieza	1	1	0	15			
5	Máquina	Temperatura de coccion incorrecta	3	3	0	45			
6	Máquina	Aderesos no frescos	9	0	1	96			
7	Máquina	Hamburguesa muy cocida (seca)	9	9	0	135			
8	Máquina	Hamburguesa con poca cocción	3	1	0	35			
9	Máquina	Hamburguesa muy condimentada	3	0	0	30			
10	Método	Aderesos sin preparar	1	0	9	64			
11	Material	Hamburguesa de mala calidad	3	1	0	35			
12	Material	Pan de hamburguesa viejo	3	0	0	30			



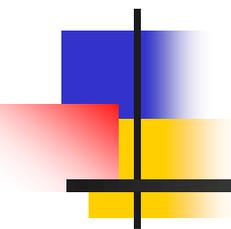


Diagrama de Pareto

¿Qué es?

- Creado por Vilfredo Pareto y conocido también como **distribución ABC, gráfico de Pareto o curva 80-20**
- El principio o regla de Pareto dice que, para diversos casos, el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas.
- Consiste en un gráfico de barras que clasifica de izquierda a derecha en orden descendente las causas o factores detectados en torno a un fenómeno.



¿Cómo se hace?

- **Determina la situación problemática:** ¿Hay un problema? ¿Cuál es?
- **Determina los problemas (causas o categorías)** en torno a la situación problemática, incluyendo el período de tiempo.
- **Recolecta datos:** estos dependerán de la naturaleza del problema y las unidades deben ser las mismas. También el periodo de tiempo es el mismo para todos.
- **Ordena de mayor a menor:** Ordenar de mayor a menor las causas con base en los datos recolectados y determinar su medida.
- **Realizar los cálculos:** A partir de los datos ordenados, se calcula el acumulado, el porcentaje y el porcentaje acumulado.
- **Graficar las causas:** En el eje X se colocan las causas. Se definen dos ejes Y izquierdo y derecho. El izquierdo es para la frecuencia de cada causa, y el eje derecho para la curva acumulada
- **Analizar el diagrama.**

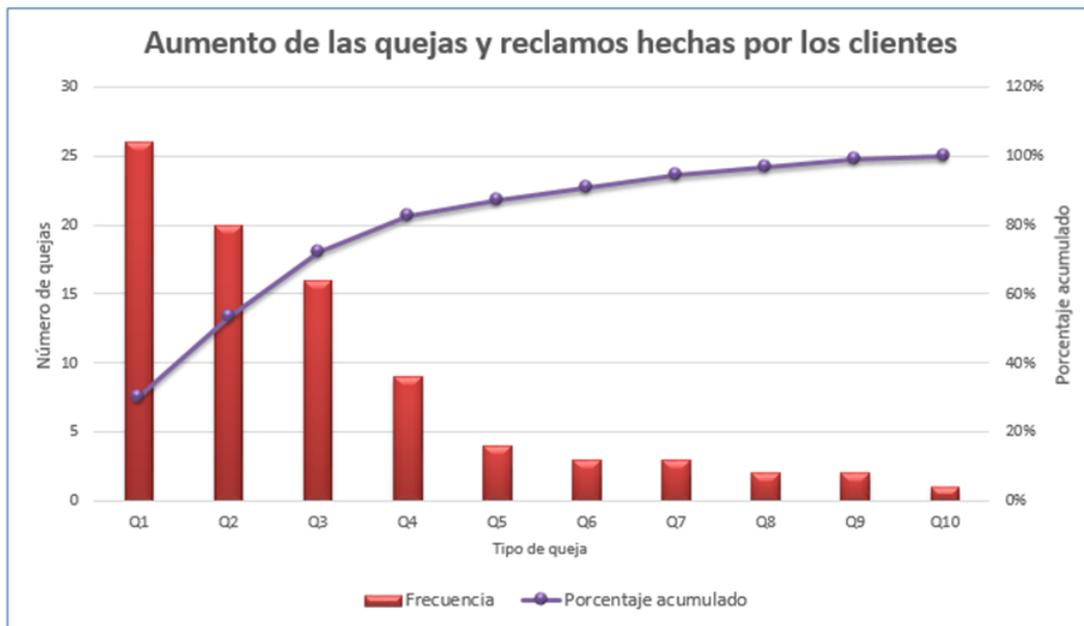
H. R. Alvarez A., Ph.
D.



Ejemplo

CA DE PANAMA

Queja #	Tipo de queja	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Q1	El servicio postventa no se presenta a tiempo	26	26	30%	30%
Q2	El personal de postventa no sabe como instalar el producto	20	46	23%	53%
Q3	El personal del centro de contacto es grosero o no tiene actitud de servicio	16	62	19%	72%
Q4	El personal de postventa es grosero o no tiene actitud de servicio	9	71	10%	83%
Q5	El precio del producto aumentó mucho	4	75	5%	87%
Q6	El producto se daña muy rápido	3	78	3%	91%
Q7	El producto no cuenta con repuestos	3	81	3%	94%
Q8	Las piezas del producto no llegan completas	2	83	2%	97%
Q9	El producto se demora mucho en encender	2	85	2%	99%
Q10	El funcionamiento del producto es confuso	1	86	1%	100%
	Total	86			



H. R. Alvarez A., Ph.
D.

Algunas herramientas



- **Gráficas de Dispersión:** En esta herramienta, dos variables se trazan entre sí en una gráfica que proporciona una indicación visual de qué tan bien las variables se corresponden entre sí.
- **Diagrama de Espina de Pescado:** Utilizando esta herramienta se dibuja una flecha grande junto con el efecto de cuyas causas se analizan, mostradas a la derecha en el final de la flecha. Cuando esta información está disponible, las causas son examinadas e indicadas para cada categoría en su correspondiente rama.
- **Análisis de Regresión:** Esta herramienta también puede considerarse como el equivalente matemático del diagrama de dispersión. En análisis de regresión, se deriva en una ecuación para expresar la dependencia de una de las variables con una o más de ellas.



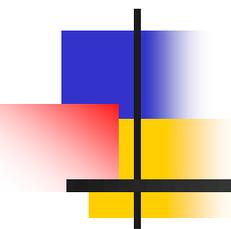


Diagrama de dispersión

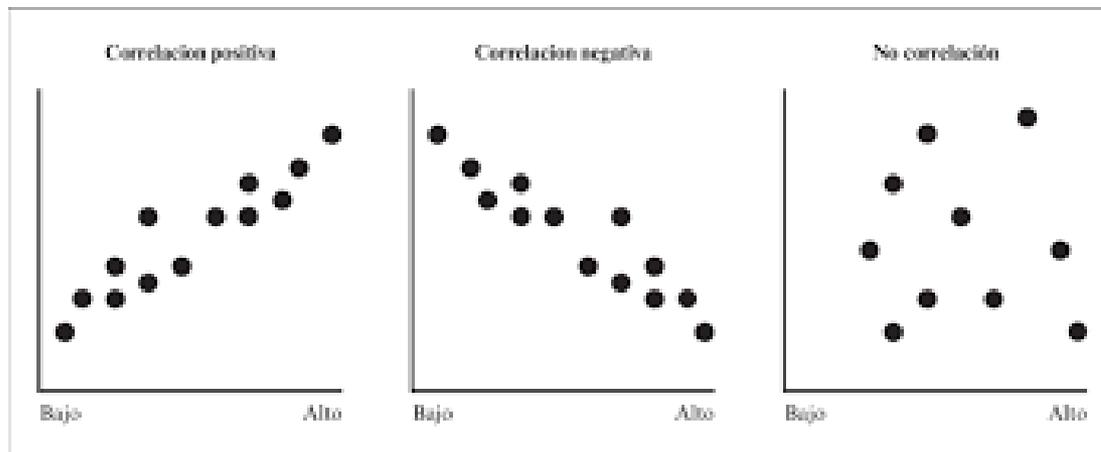
Diagrama de Dispersión

- Dispersión se define como el grado de distanciamiento de un conjunto de valores respecto a su valor medio.
- El diagrama de dispersión, también conocido como **gráfico de dispersión** o **gráfico de correlación** consiste en la representación gráfica de dos variables donde se analiza la relación entre dos variables, conociendo qué tanto se afectan entre sí o qué tan independientes son una de la otra.
- Ambas variables se representan como un punto en el plano cartesiano y de acuerdo a la relación que exista entre ellas, se define su tipo de correlación.

Tipos de correlación



- **Correlación positiva:** Se presenta cuando una variable aumenta o disminuye y la otra también, respectivamente. Hay una relación proporcional.
- **Correlación negativa:** Se presenta cuando una variable se comporta de forma contraria o a la otra, es decir que si una variable aumenta, la otra disminuye. Hay una relación inversa proporcional.
- **Correlación nula:** Si no encuentras un comportamiento entre las variables, existe una correlación nula.



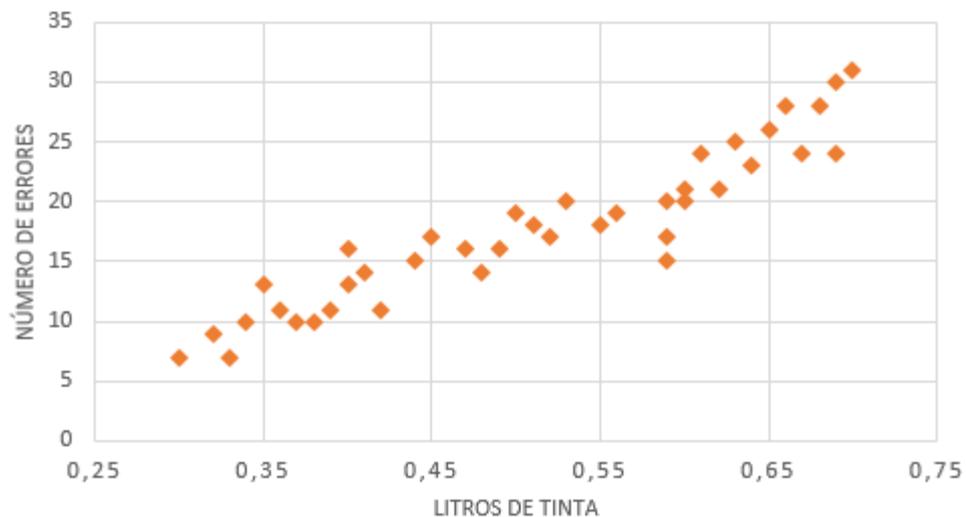
¿Cómo se hace?

- **Determinar cuál es la situación:** Si no entendemos qué es lo que esta ocurriendo, no podremos establecer las variables a estudiar.
- **Determinar las variables a estudiar:** Si ya determinaste las variables a estudiar, es porque crees que puede existir una relación entre ellas que te permita caracterizar la situación.
- **Recolectar datos:** Recolectar los datos de las variables considerandoun período de tiempo para conseguir los datos de las variables antes definidas.
- **Ubicar los valores en el eje respectivo:** Por lo general, la variable independiente es aquella que no está influenciada por la otra y se ubica en el *eje x*. La variable dependiente que es la que se ve afectada por la otra variable se ubica en el eje *y*.
- **Determinar el coeficiente de correlación:** El coeficiente de correlación debe verse reflejado en la forma que toma el gráfico de dispersión.
- **Analizar los resultados.** Con base en el coeficiente y en el gráfico, se define cuál es la relación de las dos variables y se toman las decisiones pertinentes.

Cantidad de tinta (Litros)	Número de errores
0,47	16
0,48	14
0,69	30
0,7	31
0,59	15
0,59	17
0,37	10
0,62	21
0,39	11
0,35	13
0,68	28
0,52	17
0,42	11
0,51	18
0,5	19
0,34	10
0,41	14
0,3	7
0,53	20
0,33	7
0,36	11
0,4	16
0,4	13
0,69	24
0,61	24
0,32	9
0,66	28
0,64	23
0,45	17
0,59	20
0,6	21
0,56	19
0,6	20
0,55	18
0,44	15
0,49	16
0,63	25
0,65	26
0,38	10
0,67	24

10

NÚMERO DE ERRORES SEGÚN LA CANTIDAD DE TINTA



H. R. Alvarez A., Ph.
D.

Diagrama de Causa y efecto (diagrama de Ishikawa o espina de pescado)

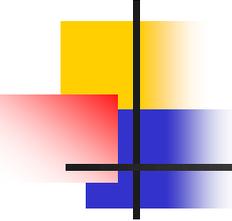


¿Qué es?



- Conocido también como **espina de pescado**, **diagrama de pescado** o **diagrama de Ishikawa**.
- Consiste en la representación de las causas en torno a un problema o situación específica.
- Permite **representar un problema** o enfoque central y sus causas de una forma visual, donde el problema representa la «cabeza del pescado», de la que emerge una espina central. Desde allí se derivan las causas mayores o espinas grandes.
- A su vez, las espinas grandes pueden estar conformadas por espinas más pequeñas también llamadas causas menores.
- **Ishikawa** recomendaba que la espina de pescado se desarrollara hasta el quinto nivel de causas.





Su fundamento.

- Se basa originalmente en las 6m de Ishikawa:
 - Mano de obra
 - Maquinaria
 - Métodos
 - Medición
 - Materia Prima
 - Medio ambiente



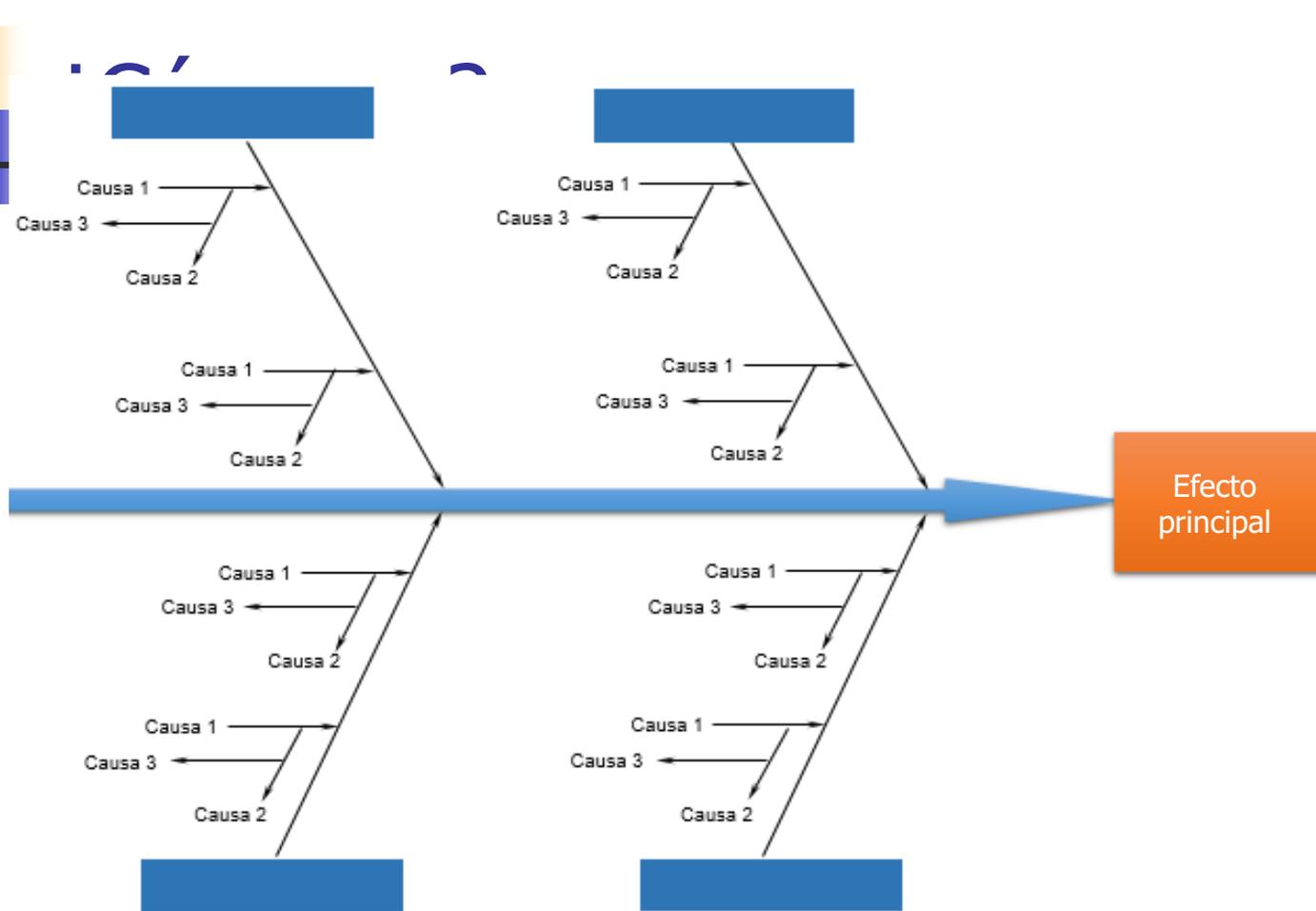
Es una herramienta flexible



- Más allá de las detecciones hechas por controles de calidad y demás, existen clasificaciones específicas de áreas del conocimiento:
 - Las 4p's o las 8p's del mercadeo y las 4s's de la industria de servicios.
 - 8 p's: Producto, precio, plaza, promoción, personas, presentación, procesos y partnerships (alianzas)
 - Las 4's de la industria de servicios
 - Entorno, habilidades, sistemas, proveedores.
 - Estratificación
 - Muy útil cuando el problema central (cabeza del pescado) se puede dividir en diferentes causas que tienen que ver directamente con su naturaleza, de tal forma que las espinas mayores sean subcomponentes del problema central.
 - Flujo de Procesos
 - Se desarrolla la espina de pescado por medio del flujo de procesos. El proceso se divide en fases, actividades y tareas y se van armando en las diferentes espinas.



H. R. Alvarez A., Ph.
D.



H. R. Alvarez A., Ph.
D.



Pasos

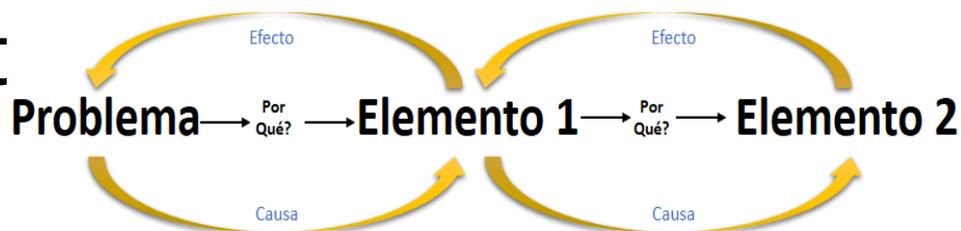


- Definir y escribir el problema, situación o evento que se desea analizar, pero presentado en forma de efecto que se presenta. Este problema o efecto será la cabeza del pescado.
- A través de una lluvia de ideas, ver las causas probables del problema. Cada una será una espina mayor del pescado.
- Analizar el problema desde cada una de las espinas mayores.
- Analizar el problema desde el segundo nivel de causas y continuar profundizando si es necesario.



¿Qué se logra?

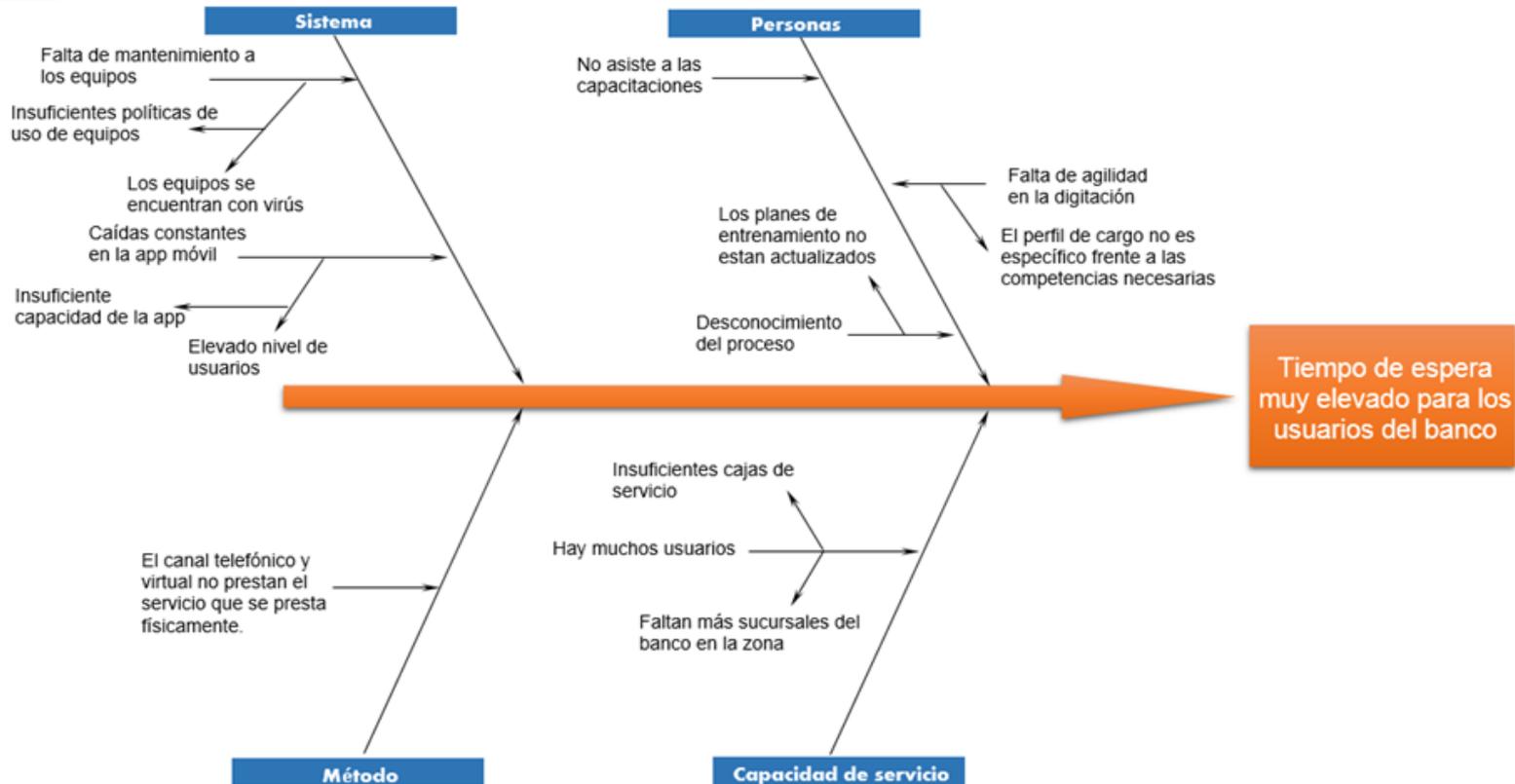
- Con la ayuda del análisis de los 5 ¿por qué?, se puede definir causas tal vez ocultas

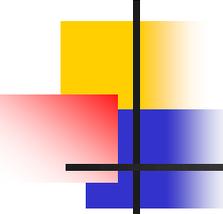


- Al finalizar el diagrama, entonces analizar y ver bajo qué causa se va a actuar.



¿Cómo luce ya terminado?



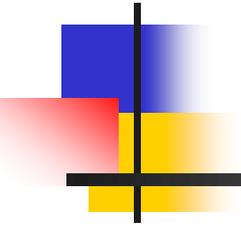


Ventajas

- Permite profundizar rápidamente en la naturaleza de un problema a través de las múltiples iteraciones.
- Su uso no puede ser más sencillo.
- Promueve el trabajo en equipo. De hecho, debe ser aplicada entre personas que tengan conocimiento del fenómeno estudiado.
- Se integra con otras herramientas como análisis de **Ishikawa**.
- La principal: actúa sobre la **causa raíz de un problema**, evitando que este pueda volver a ocurrir.



Análisis de Regresión



Introducción



- Tiene como objetivo modelar en forma matemática el comportamiento de una variable de respuesta en función de una o más variables independientes (factores).
- Para estimar los parámetros de un *modelo de regresión* son necesarios los datos.
- Estos pueden obtenerse de experimentos planeados, de observaciones de fenómenos no controlados o de registros históricos.



Relaciones entre variables aleatorias y regresión lineal.



- El término regresión fue introducido por Galton en su libro "*Natural inheritance*" (1889) refiriéndose a la "ley de la regresión universal":
 - "Cada peculiaridad en un hombre es compartida por sus descendientes, pero en media, en un grado menor."
 - Regresión a la media
 - Su trabajo se centraba en la descripción de los rasgos físicos de los descendientes (una variable) a partir de los de sus padres (otra variable).
 - Pearson (un amigo suyo) realizó un estudio con más de 1000 registros de grupos familiares observando una relación del tipo:
 - $\text{Altura del hijo} = 85\text{cm} + 0,5 \cdot \text{altura del padre}$ (aprox.)
 - Conclusión: los padres muy altos tienen tendencia a tener hijos que heredan parte de esta altura, aunque tienen tendencia a acercarse (*regresar*) a la media. Lo mismo puede decirse de los padres muy bajos.

Hoy en día el sentido de regresión es el de predicción de una medida basándonos en el conocimiento de otra.



Regresión lineal simple

- Sean dos variables X y Y , suponga que se quiere explicar el comportamiento de Y .
- Y se le llama la *variable dependiente* o la *variable de respuesta* y a X se le conoce como *variable independiente* o *variable regresora*.
- La variable X no necesariamente es aleatoria, ya que en muchas ocasiones el investigador fija sus valores. Y siempre es una variable aleatoria.
- Una manera de estudiar el comportamiento de Y con respecto a X es mediante un modelo de regresión que consiste en ajustar un modelo matemático de la forma: $Y = f(X)$ a la pareja de puntos, con base en los valores que toma X .



El modelo de regresión:



- Suponga que las variables X y Y están relacionadas linealmente y que para cada valor de X , la variable dependiente, Y , es una variable aleatoria.
- Es decir, que cada observación de Y puede ser descrita por el modelo:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$$

- donde ε es el error aleatorio normalmente distribuido con media cero y varianza σ^2 . También suponga que los errores aleatorios no están correlacionados.
- El modelo se conoce como regresión lineal simple.



Cálculo de los parámetros:



- Mediante mínimos cuadrados:

$$S = \sum_{i=1}^n (\varepsilon_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - [\beta_0 + \beta_1 x_i])^2$$

- Derivando con respecto β_0 y β_1

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_0} = -\sum_{i=1}^n 2(y_i - [\beta_0 + \beta_1 x_i])$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = -\sum_{i=1}^n 2x_i (y_i - [\beta_0 + \beta_1 x_i])$$

- Igualando a cero y resolviendo para β_0 y β_1

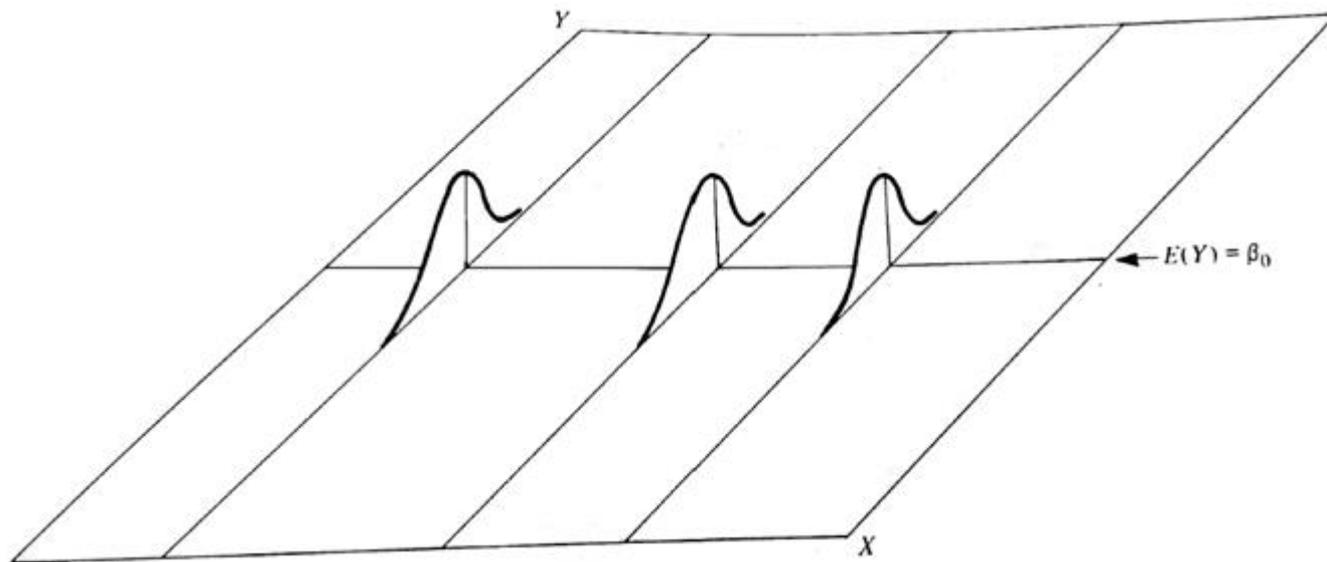
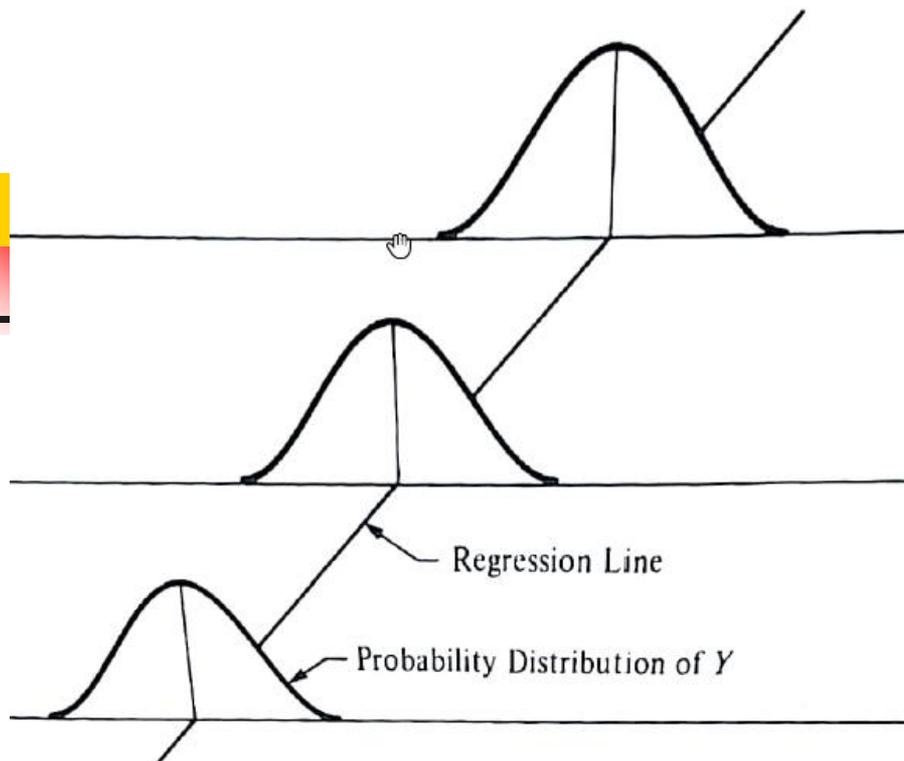
$$\hat{\beta}_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}$$



Comportamiento de la línea de regresión



Regresión lineal múltiple



- En muchas situaciones prácticas existen varias variables independientes que se cree que influyen o están relacionadas con una variable de respuesta Y , y por lo tanto será necesario tomar en cuenta si se quiere predecir o entender mejor el comportamiento de Y .
- Sea X_1, X_2, \dots, X_k variables independientes o regresoras, y sea Y una variable de respuesta, entonces el *modelo de regresión lineal múltiple* con k variables independientes es el polinomio de primer orden:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

- Donde los β_j son los parámetros del modelo que se conocen como *coeficientes de regresión* y ε es el error aleatorio, con media cero, $E(\varepsilon) = 0$ y $V(\varepsilon) = \sigma^2$.



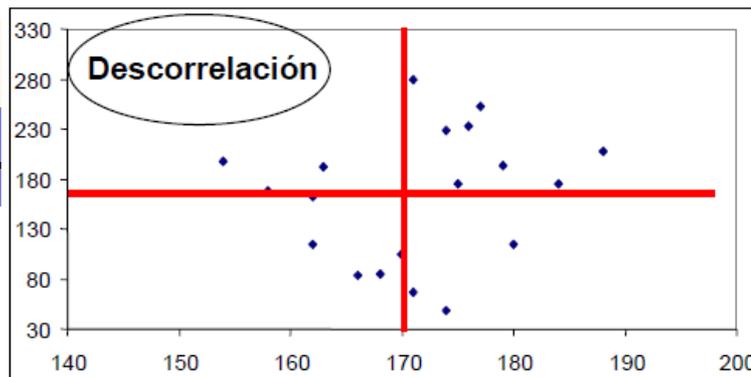
Estrategias de modelado



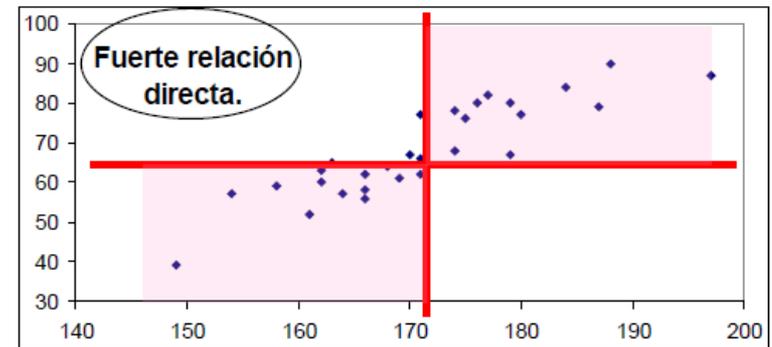
- En un análisis predictivo el mejor modelo es el que produce predicciones más *fiables* para una nueva observación, mientras que en un análisis estimativo el mejor modelo es el que produce estimaciones más *precisas* para el coeficiente de la variable de interés.
- En ambos casos se prefiere el modelo más sencillo posible (a este modo de seleccionar modelos se le denomina *parsimonia*).
- Sin embargo, hay una serie de pasos que deben realizarse siempre:
 - Especificación del modelo máximo.
 - Especificación de un criterio de comparación de modelos y definición de una estrategia para realizarla.
 - Evaluación de la fiabilidad del modelo.



Reconociendo relaciones



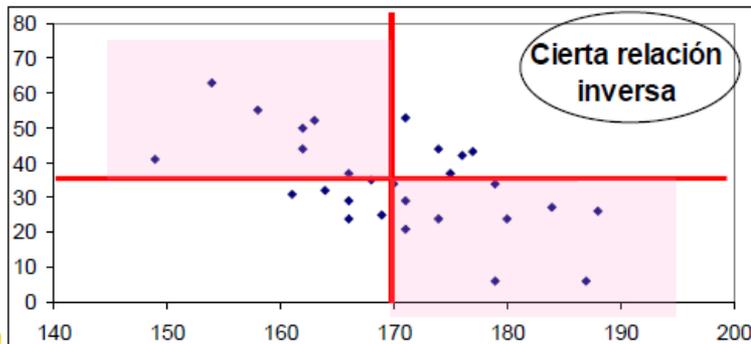
Para valores de X por encima de la media tenemos valores de Y por encima y por debajo en proporciones similares: Descorrelación.



- Para los valores de X mayores que la media le corresponden valores de Y mayores también.

- Para los valores de X menores que la media le corresponden valores de Y menores también.

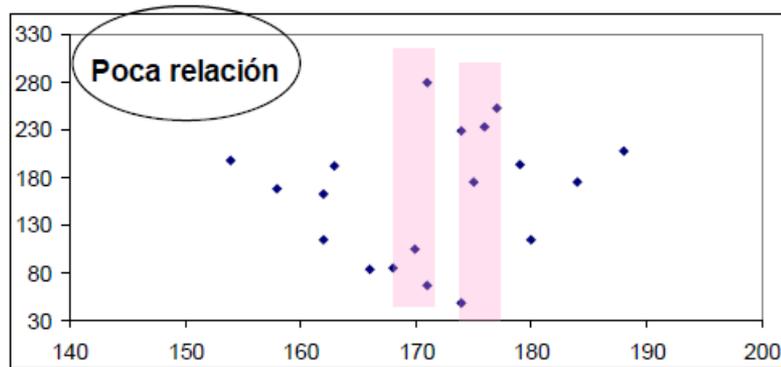
- Esto se llama relación directa o creciente entre X e Y.



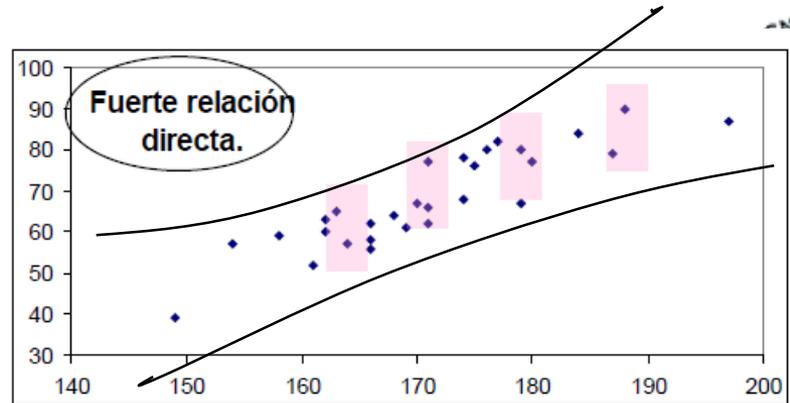
Para los valores de X mayores que la media le corresponden valores de Y menores. Esto es relación inversa o decreciente.



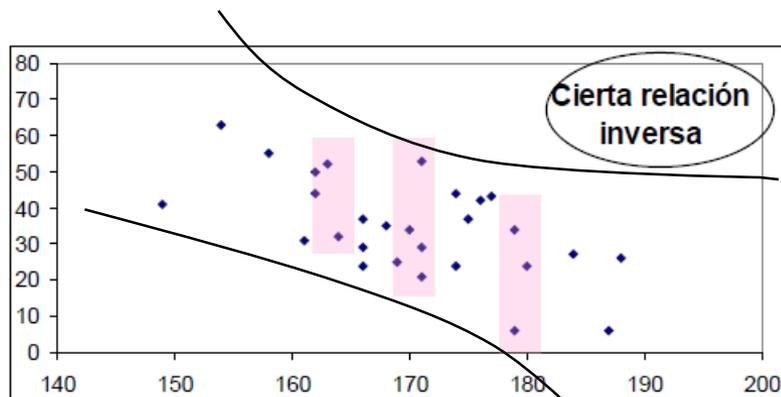
Buena o mala relación



Dado un valor de X no podemos decir gran cosa sobre Y. Mala relación. Independencia.



- Conocido X sabemos que Y se mueve por una horquilla estrecha. Buena relación.
- Lo de “horquilla estrecha” hay que entenderlo con respecto a la dispersión que tiene la variable Y por si sola, cuando no se considera X.



Covarianza



- La covarianza entre dos variables, S_{xy} , indica si la posible relación entre dos variables es directa o inversa:
 - Directa: $S_{xy} > 0$
 - Inversa: $S_{xy} < 0$
 - Descorreladas: $S_{xy} = 0$
- El signo de la covarianza da una idea de la nube de datos, pero no dice nada del grado de relación.

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$



Coeficiente de correlación de Pearson (r)



$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

- Indica si los datos tienen una tendencia a disponerse alineadamente (excluyendo rectas horizontales y verticales).
- Tiene el mismo signo que S_{xy} . Por tanto de su signo obtenemos el que la posible relación sea directa o inversa.
- Es útil para determinar si hay relación lineal entre dos variables, pero no servirá para otro tipo de relaciones (cuadrática, logarítmica,...)
- Sólo toma valores en $[-1,1]$.
- Cuanto más cerca esté r de $+1$ o -1 mejor será el grado de relación lineal.



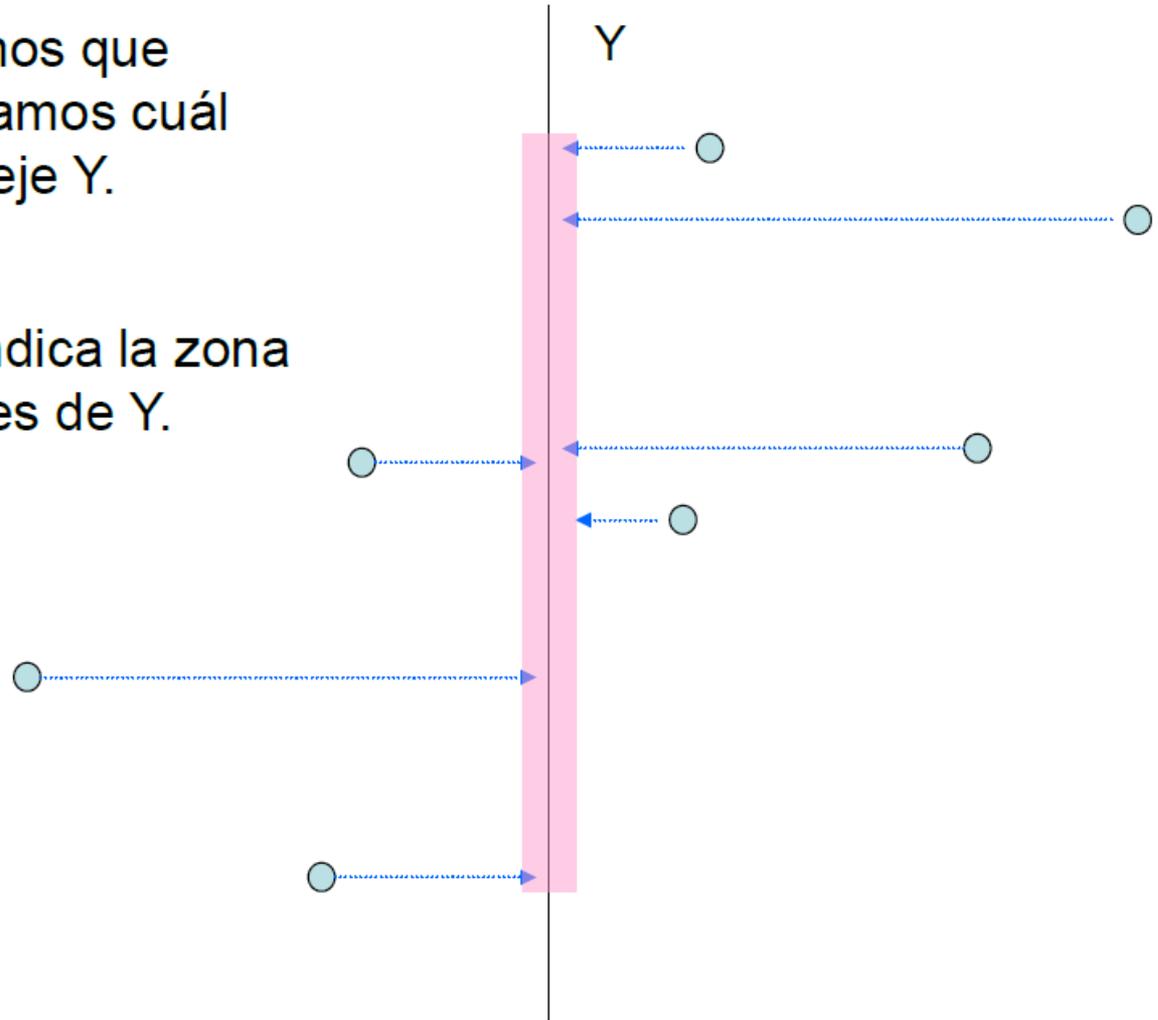
Interpretación de la variabilidad de Y



En primer lugar olvidemos que existe la variable X. Veamos cuál es la variabilidad en el eje Y.

La franja sombreada indica la zona donde varían los valores de Y.

Proyección sobre el eje Y = olvidar X.

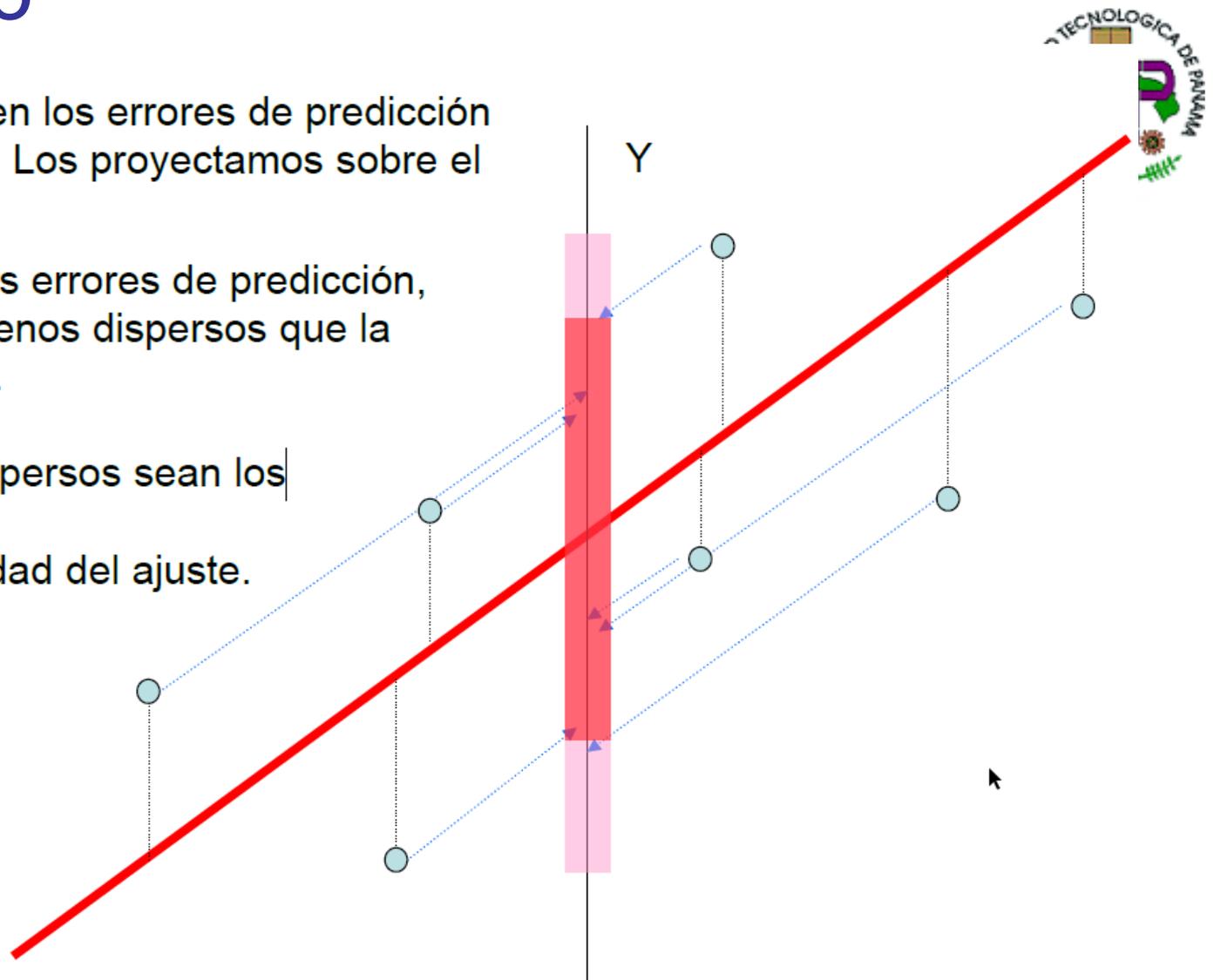


El residuo

Fijémonos ahora en los errores de predicción (líneas verticales). Los proyectamos sobre el eje Y.

Se observa que los errores de predicción, residuos, están menos dispersos que la variable Y original.

Cuanto menos dispersos sean los residuos, mejor será la bondad del ajuste.



Bondad de ajuste

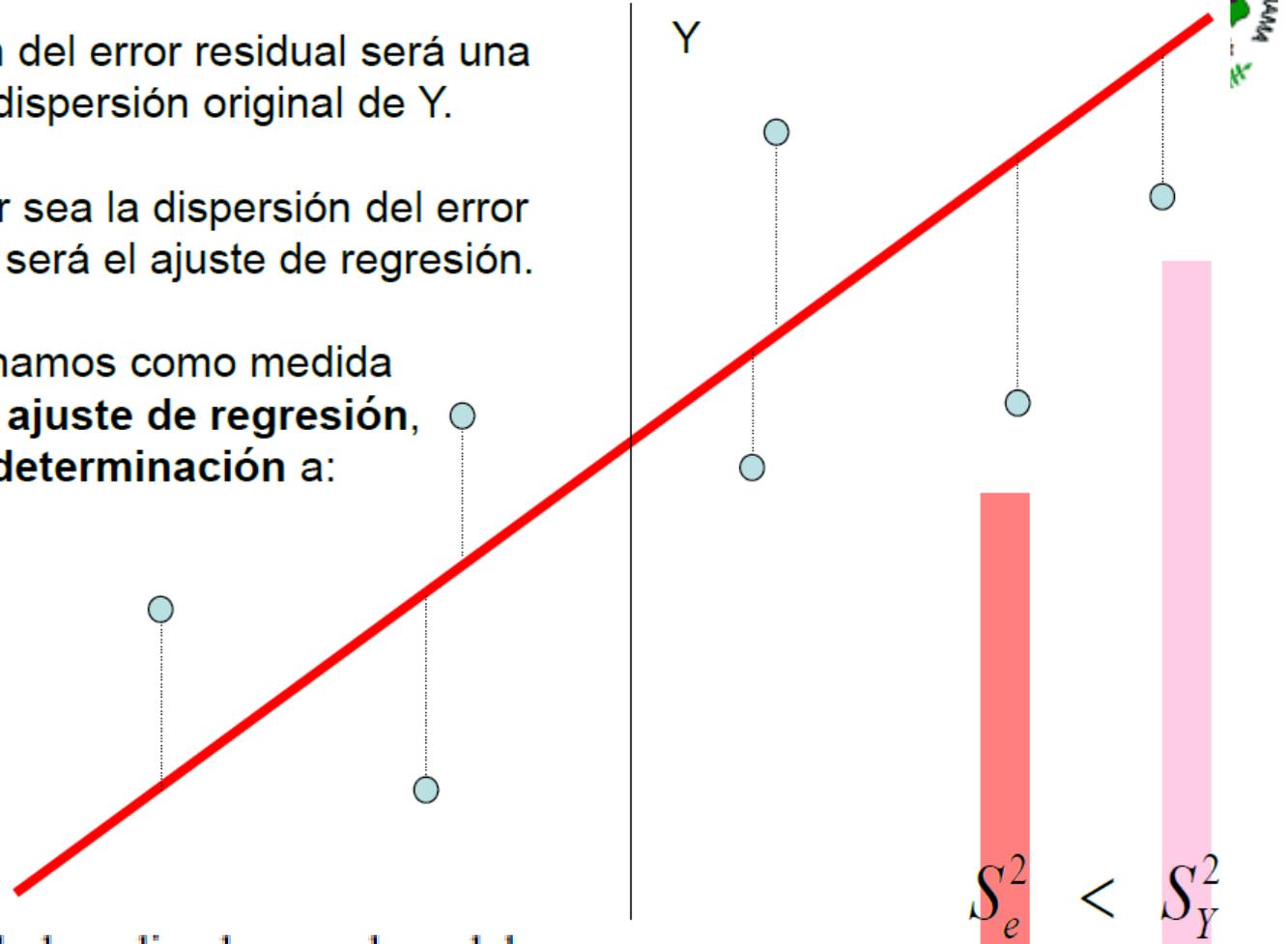
Resumiendo:

- La dispersión del error residual será una fracción de la dispersión original de Y.
- Cuanto menor sea la dispersión del error residual mejor será el ajuste de regresión.

Eso hace que definamos como medida de **bondad de un ajuste de regresión**, o **coeficiente de determinación** a:

$$R^2 = 1 - \frac{S_e^2}{S_Y^2}$$

$$R^2 = \frac{\text{Variabilidad explicada por el modelo}}{\text{Variabilidad total}}$$



Selección de las variables regresoras



- La selección de variables regresoras es un procedimiento estadístico importante por que no todas las variables regresoras tienen igual importancia.
- Algunas variables regresoras pueden perjudicar la confiabilidad del modelo, en especial si están correlacionadas entre ellas.
- Computacionalmente es más fácil trabajar con un conjunto pequeño de variables regresoras.
- Es más económico recolectar información para un modelo con pocas variables.
- Si se reduce el número de variables entonces el modelo cumple con el principio de la parsimonia.



Algunos métodos de selección de las variables



- La idea de estos métodos es elegir el mejor modelo en forma secuencial pero incluyendo o excluyendo una sola variable regresora en cada paso de acuerdo a ciertos criterios.
- El proceso secuencial termina cuando se satisface una regla de parada establecida.
- Hay tres algoritmos usados: Backward Elimination, Forward Selection y Stepwise Selección.



Backward elimination

- Se comienza con el modelo completo y en cada paso se va eliminando una variable. Toda variable que sale, no puede entrar.
- Si todas las variables regresoras son importantes, es decir tienen p-value pequeños para la prueba t, entonces el mejor modelo es el que tiene todas las variables regresoras disponibles.
- En caso contrario, en cada paso la variable que se elimina del modelo es aquella que satisface cualquiera de los siguientes requisitos equivalentes entre sí:
 - Aquella variable que tiene el estadístico de t, en valor absoluto, más pequeño entre las variables incluidas aún en el modelo.
 - Aquella variable que produce la menor disminución en el R^2 al ser eliminada del modelo.
 - Aquella variable que tiene la correlación parcial (en valor absoluto) más pequeña con la variable de respuesta, tomando en cuenta las variables aún presentes en el modelo.
- El proceso termina cuando se llega a un modelo con un número prefijado p^* de variables regresoras.



Forward elimination



- Se empieza con aquella variable regresora que tiene la más alta correlación con la variable respuesta.
- En este caso, toda variable que entra no puede salir.
- En el siguiente paso se añade al modelo la variable que reúne cualquiera de estos requisitos equivalentes entre sí.
 - Aquella variable que produce el mayor incremento en el R^2 al ser añadida al modelo.
 - El proceso termina cuando se llega a un modelo con un número prejado p^* de variables predictoras.



Stepwise selection



- Se empieza con un modelo de regresión simple y en cada paso se puede añadir una variable en forma similar al método forward
- Se coteja si alguna de las variables que ya están presentes en el modelo puede ser eliminada.
- El proceso termina cuando ninguna de las variables fuera del modelo tiene importancia suficiente como para ingresar al modelo.



Evaluando la fiabilidad del modelo



- Una vez encontrado el mejor modelo hay que evaluar su fiabilidad, es decir, evaluar si se comporta igual en otras muestras extraídas de la misma población.
- Evidentemente, el modo más completo de evaluarlo será repetir el estudio con otra muestra y comprobar que se obtienen los mismos resultados, aunque generalmente esta aproximación resulta excesivamente costosa.
- Otra aproximación alternativa consiste en partir aleatoriamente la muestra en dos grupos y ajustar el modelo con cada uno de ellos y si se obtienen los mismos resultados se considera que el modelo es fiable.
- Esta aproximación es demasiado estricta ya que, en la práctica, casi nunca se obtienen los mismos resultados.
- Una validación menos estricta consiste en ajustar el modelo sobre uno de los grupos (grupo de trabajo) y calcular su R^2 , que se puede interpretar como el cuadrado del coeficiente de correlación simple entre la variable dependiente y las estimaciones obtenidas en la regresión.

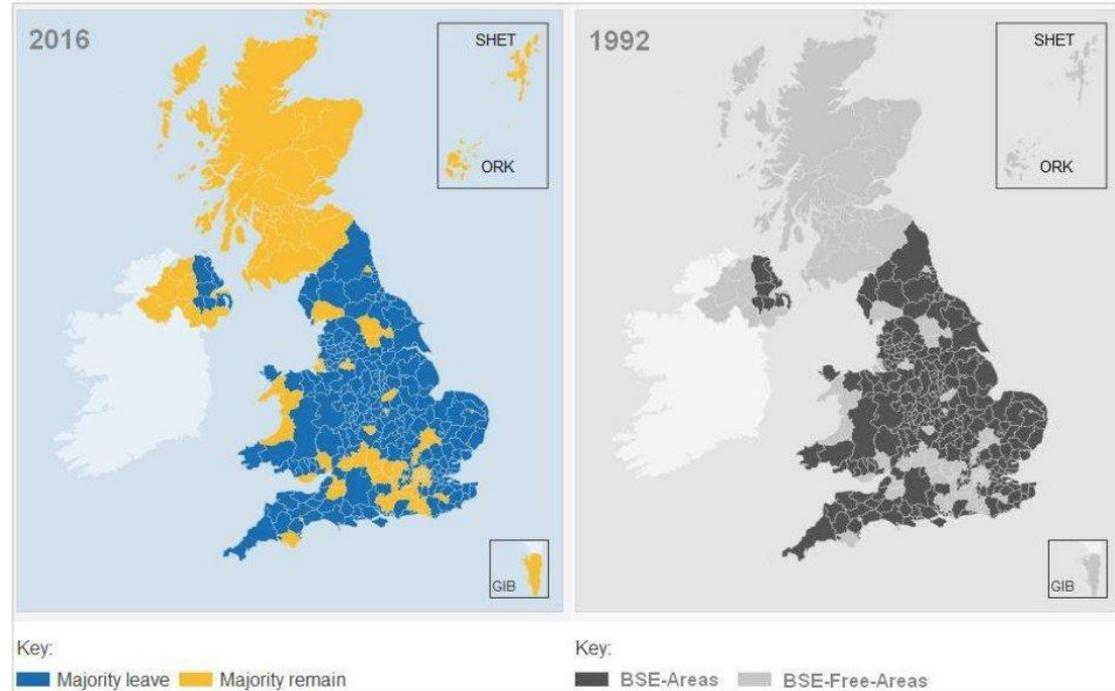
Riesgos de la regresión

- La relación entre las variables puede ser espuria y el usuario es quien debe investigar si tal relación es de tipo causa-efecto. Se debe tomar en cuenta que algunas de las razones por las que las variables X y Y aparecen relacionadas de manera significativa son:
 - X influye sobre Y .
 - Y influye sobre X .
 - X y Y interactúan entre sí, una tercera variable Z influye sobre ambas y es la causante de tal relación.
 - X y Y actúan en forma similar debido al azar.
 - X y Y aparecen relacionados debido a que la muestra no es representativa.
- Hacer extrapolaciones indiscriminadas con base en el modelo. Para no incurrir en esto se debe tener cuidado en cuanto a extrapolar más allá de la región que contienen las observaciones originales.



Ejemplo de relaciones espurias:

- <http://www.tylervigen.com/spurious-correlations>
- https://rodas5.us.es/items/ea5754ec-0941-2a2a-32e1-b34998971302/1/viewcontent/5742ce5f-de69-479e-8251-f507e4488223?_sl.t=true



Michael Von Freising

24 June at 19:23 · 🌐

EU Referendum Local Results 2016 vs. Mad Cow Disease Outbreak Areas 1992

However, it would be a mistake to jump to conclusions.



Algunas herramientas



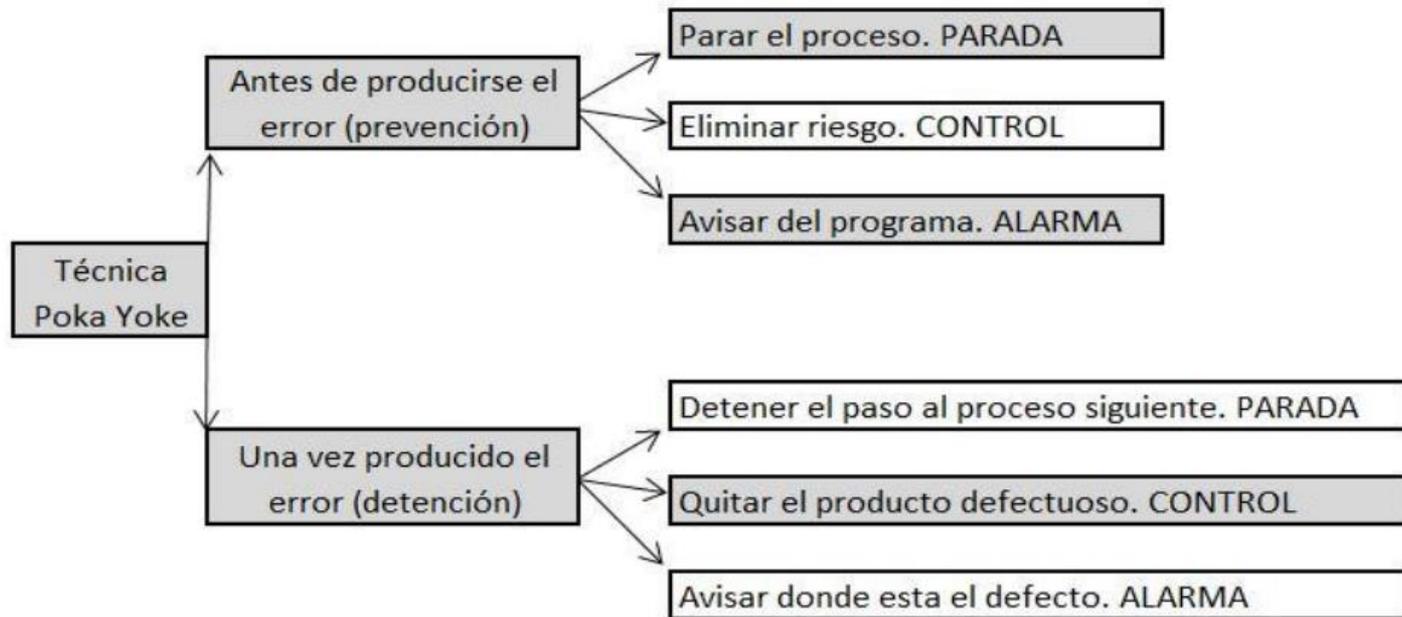
- **A Prueba de Errores (Poka-yoke):** Cuando se utiliza el diseño adecuado de procesos y equipamientos, la posibilidad de errores se elimina totalmente. Un ejemplo a prueba de errores es el diseño de formularios en línea, los cuales no pueden ser presentados si se encuentran incompletos o con datos incorrectos.
- **Prueba de Hipótesis:** Esta herramienta se utiliza para probar la validez de las hipótesis que podrían estar relacionadas con el impacto de las causas en los efectos.
- **Gestión de Proyectos:** Siempre que acuerda una solución, se implementa en forma de proyecto. Esta solución requerirá entonces el uso de herramientas de gestión de proyectos tales como comunicación, planificación, seguimiento y evaluación de riesgos.



A prueba de errores o Poka-yoke



- Pretende evitar los errores de forma simple y sencilla.
- El diseño de un sistema "anti-errores" no es un simple cálculo o la consulta en un manual de instrucción para ver que se puede mejorar.
- Es un proceso que requiere la invención de una actividad, un movimiento, un sensor, o el rediseño del proceso o producto.



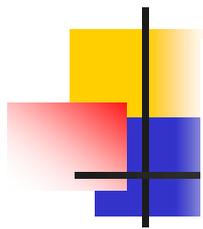
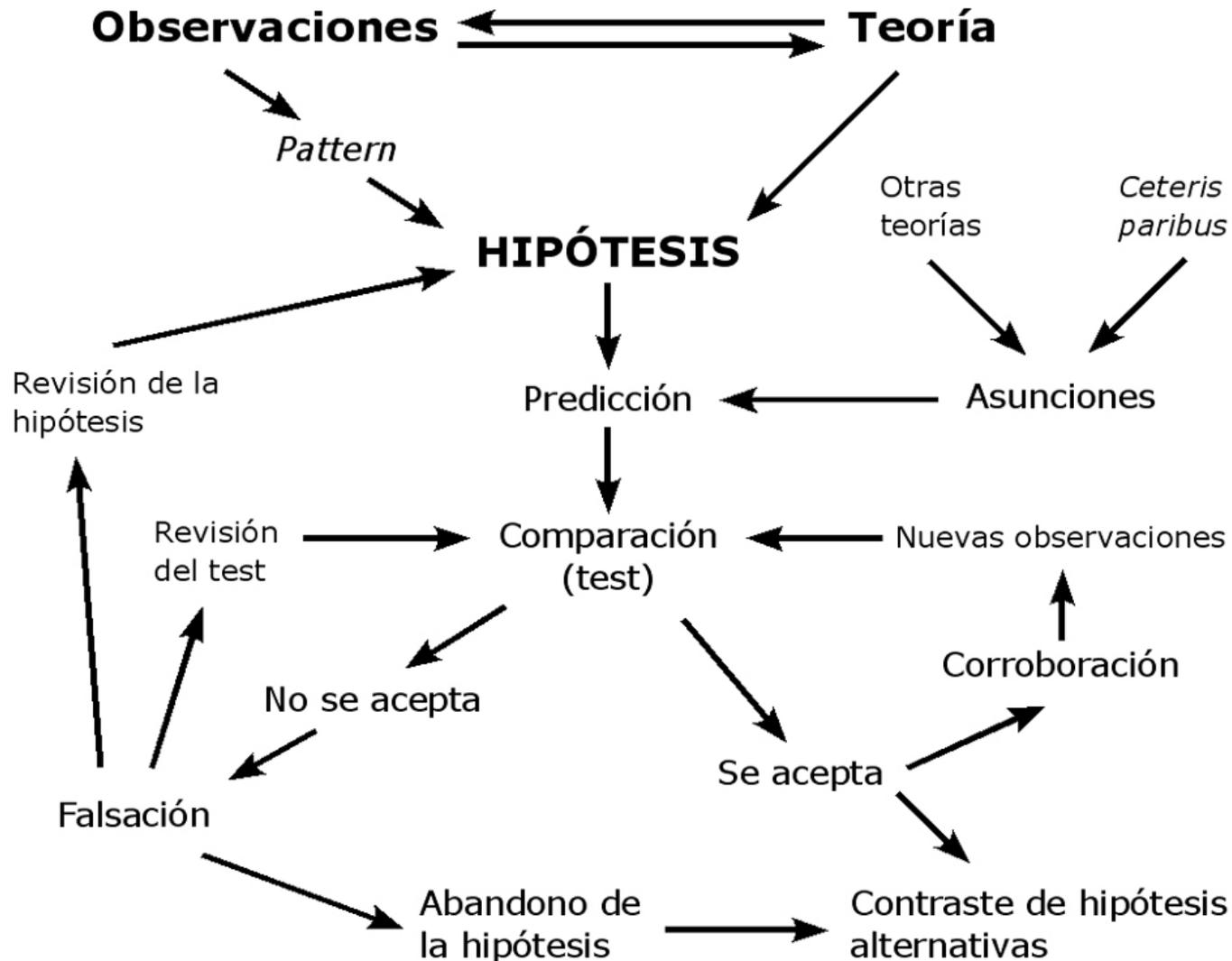
La hipótesis científica



- **Hipótesis y teorías** Una *hipótesis científica* se refiere a un mecanismo o relación causa-efecto particular. Una *teoría científica* es mucho más general y sintética e implica un nivel de evidencia y soporte considerablemente mayor.
- **•Azar, variación, incertidumbre:** Cualquier sistema que se encuentra en la naturaleza es ***estocástico***; es decir, sistemas que no son completamente predecibles porque incluyen procesos aleatorios que añaden un mayor o menor grado de variabilidad y, en consecuencia, de incertidumbre en sus resultados.



Contraste de hipótesis



El modelado

- Para interpretar formalmente cualquier observación es necesario el desarrollo de un modelo. *Los modelos son herramientas para evaluar las hipótesis*
- Un modelo es una definición abstracta de cómo las observaciones son el resultado de cantidades observables (*datos*) e inobservables (*parámetros*). Pero un modelo es una abstracción y, por tanto, siempre es *incorrecto*.



Error aleatorio y sistemático



- Los errores experimentales pueden definirse como:
- Error aleatorio: es la variabilidad que no puede explicarse por los factores estudiados.
- Error sistemático: refleja los errores del experimentador en la planeación y ejecución del experimento. es aquel que se produce de igual modo en todas las mediciones que se realizan de una magnitud. Puede estar originado en un defecto del instrumento, en una particularidad del operador o del proceso de medición, etc.
- Es importante que la variabilidad observada de la respuesta se deba principalmente a los factores estudiados y en menor medida al error aleatorio.



Modelo estadístico:

“Señal”, información
estructural, error de método,
fijo

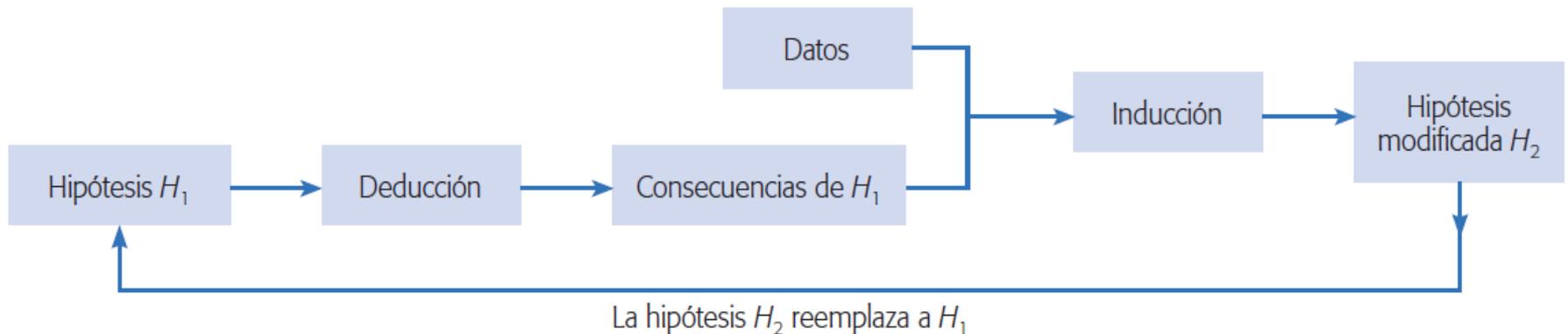
“Ruido”, error, componente
aleatorio, variable

Respuesta = Componente sistemático + componente estocástico

Deducción vs. inducción



- Una hipótesis inicial lleva a un *proceso de deducción*, en el que las consecuencias derivadas de la hipótesis pueden ser comparadas con los datos.
- Cuando las consecuencias y los datos no corresponden, entonces la discrepancia puede llevar a un *proceso de inducción*, en el cual se modifica la hipótesis original.
- De esta manera inicia un segundo ciclo de la interacción de teoría y datos, en el cual las consecuencias de la hipótesis modificada son comparadas con los datos (los viejos y los que se obtengan en este nuevo ciclo); esto puede llevar a futuras modificaciones y a la obtención de conocimiento.



Contraste de hipótesis estadísticas

TECNOLOGIC

- **Significación estadística y valores de P** : El contraste de hipótesis se realiza mediante pruebas o test estadísticos. Cada test produce un resultado numérico (un estadístico) y un valor de probabilidad asociado (P).
- **•La hipótesis nula estadística (H_0)**: Establece un modelo simple que considera que las variaciones observadas en los datos son debidas al azar y no al efecto del factor o factores estudiados.
- **•La hipótesis alternativa (H_1)** En general, como hipótesis alternativas (una o varias), se definen las que sí consideran la existencia de efectos debidos al factor o factores estudiados.
- **•Habitualmente se utiliza el criterio $P < 0,05$ para rechazar H_0**
- **•Pero el rechazo de H_0 NO implica aceptar H_1** (solo sugiere que H_1 puede ser cierta).



- **El valor de probabilidad (P , p , P -value, p -value)**

Expresa la probabilidad de obtener los datos observados (*y otros más extremos pero no observados*) dado un modelo específico (definido por un parámetro o conjunto de parámetros θ):

$$P(y \geq y_{obs} | \theta)$$

- Habitualmente el modelo considerado es la hipótesis nula (H_0), y por tanto, el valor de P es la probabilidad de obtener unos datos (generalmente expresados como el resultado de un test estadístico) al menos tan extremos como los observados:

$$P(\text{datos} | H_0)$$

- P no es la probabilidad de que H_0 “sea cierta”



- **Potencia estadística $1 - \beta$** : La **potencia** de una prueba **estadística** o el poder **estadístico** es la probabilidad de que la hipótesis nula H_0 sea rechazada cuando la hipótesis alternativa es verdadera (es decir, la probabilidad de no cometer un error del tipo II)
- Depende de cuatro factores:
 - El nivel de significación (α): la probabilidad de tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera (decisión conocida como error de tipo I, o "falso positivo").
 - El tamaño del efecto (β): Es la magnitud mínima de la diferencia o asociación que se considera relevante. Es una medida del "grado de diferencia" o del "grado de relación" que queremos detectar. Es una medida estandarizada, de cálculo complejo.
 - El tamaño de la muestra (n). A mayor tamaño de muestra mayor potencia al aumentar la precisión.
 - La variabilidad de la respuesta (σ). A menor variabilidad mayor potencia. Influye en la estimación del tamaño del efecto y es mayor cuando el tamaño de la muestra es pequeño.
- La potencia $1-\beta$ aumenta si seleccionamos un nivel de significación α mayor.
- Pero elegir un α mayor implica un mayor riesgo de cometer error Tipo I.



Errores al contrastar hipótesis



	Decisión	
Realidad:	No rechazar H_0	Rechazar H_0
H_0 cierta	Decisión correcta ($p = 1 - \alpha$)	Error Tipo I ($p = \alpha$) "falso positivo"
H_0 falsa	Error Tipo II ($p = \beta$) "falso negativo"	Decisión Correcta ($p = 1 - \beta$) "potencia estadística"

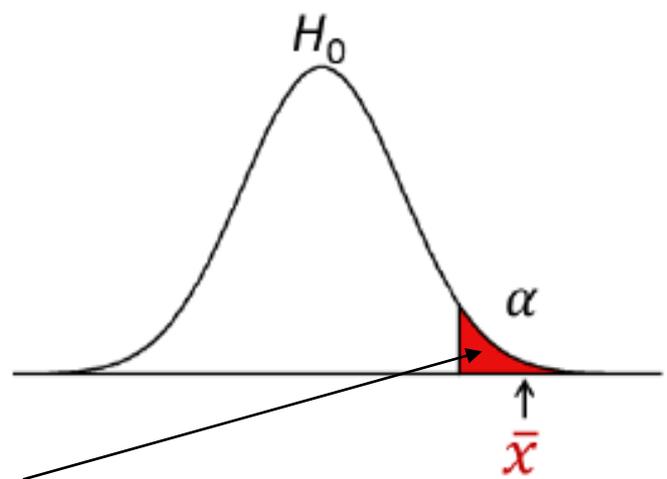
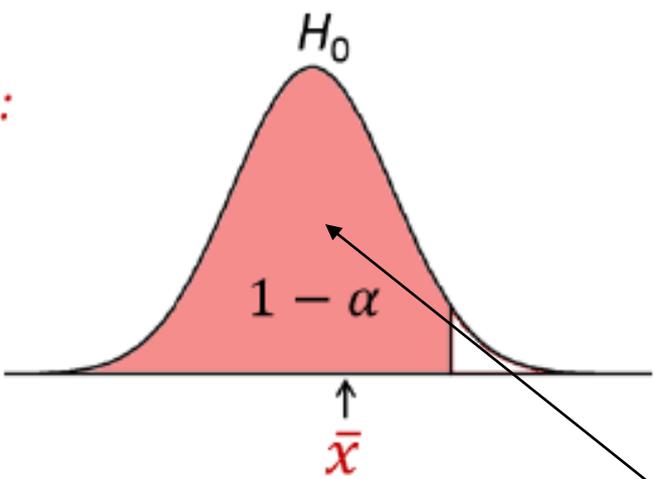


Decisión: No rechazar H_0

Rechazar H_0

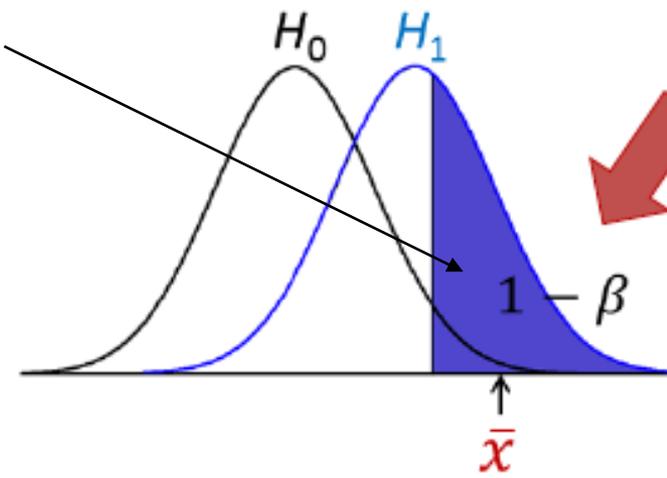
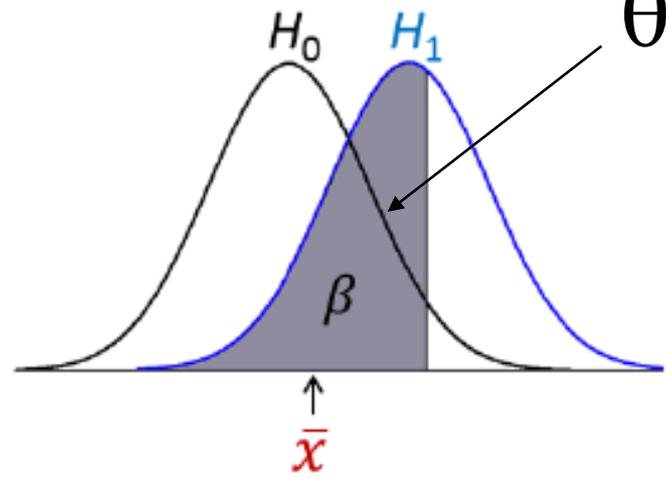
Realidad :

H_0 cierta

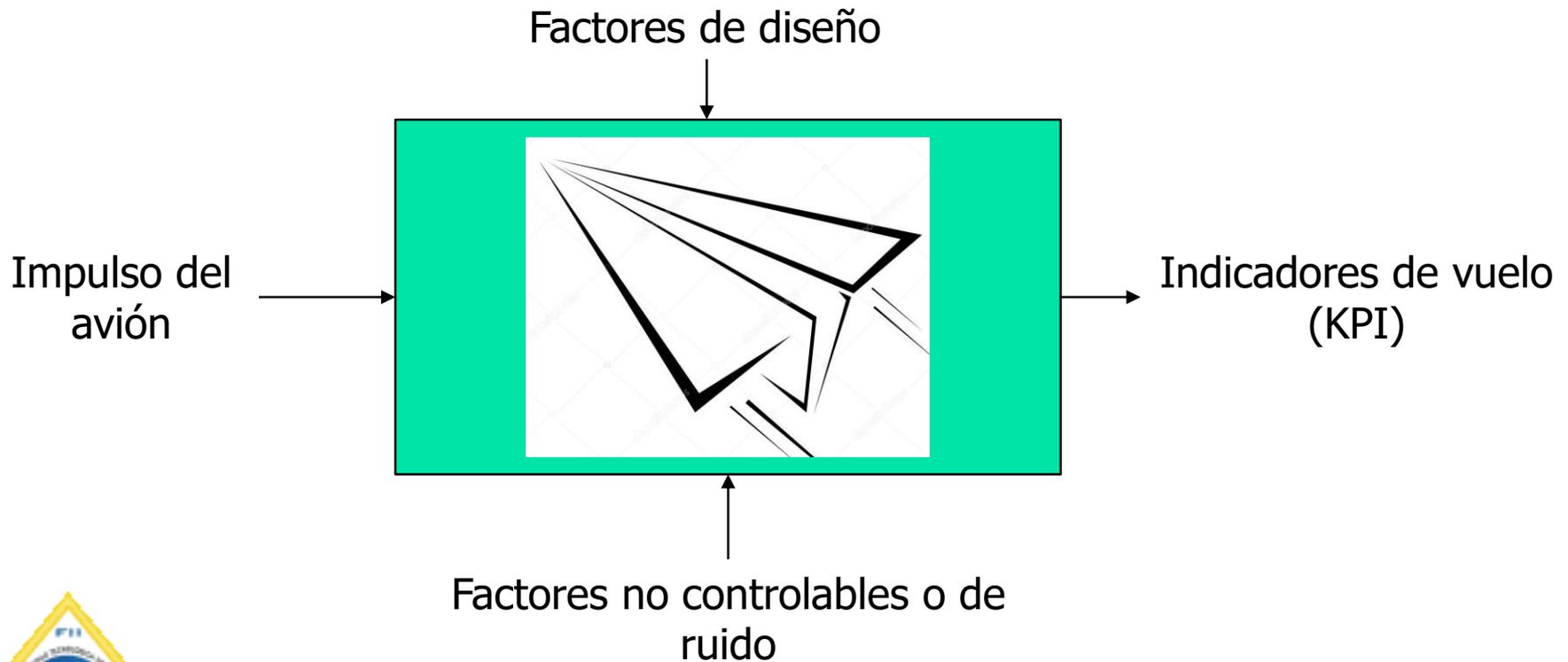


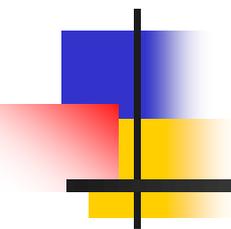
θ

H_0 falsa



Ejemplo: analizar los factores que afectan o contribuyen al vuelo de un avión de papel

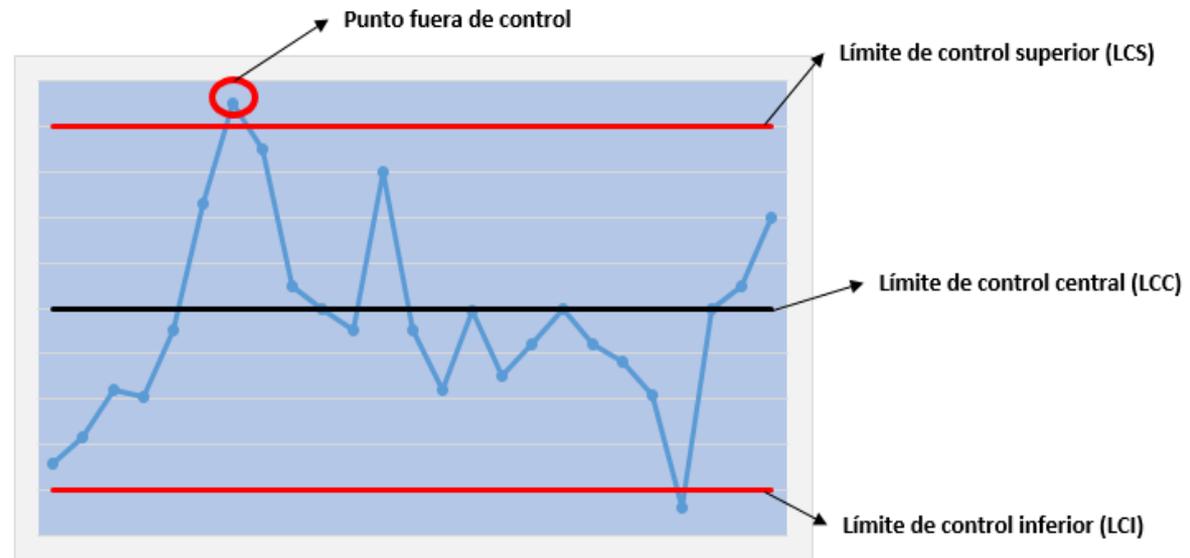




El gráfico de control

¿Qué es?

- Creado por Walter Andrew Shewhart en 1920.
- También es conocido como diagrama de Shewhart, carta de control o diagrama de comportamiento de proceso.
- Es un diagrama que muestra los valores producto de la medición de una característica de calidad, ubicados en una serie cronológica.



Definición de términos

- **Causa asignable:** Es una causa concreta que ocasiona una variación excesiva y obedece a una situación específica, hablamos de causa asignable. Es el tipo de causa que se debe corregir.
- **Causa aleatoria:** Cuando no se puede encontrar una explicación concreta a una variación, o si la variación fue ocasionada por un evento sin importancia que no se repetirá. También se le suelen llamar variaciones naturales o por causas naturales.
- **Límite superior de control:** Es el valor más grande aceptado en el proceso.
- **Límite inferior de control:** El valor más pequeño aceptado en el proceso.
- **Límite central de control:** Es la línea central del gráfico. Entre más cerca están los puntos a la línea, mas estable es el proceso.



Objetivos:

- **Análisis de proceso:** Un análisis con gráfico de control donde estableces los límites de control permitirá analizar un proceso y determinar qué es lo normal en él, cuando algo no está bien. Un proceso analizado con esta herramienta es un proceso controlado.
- **Control de proceso:** Permite conocer, a través del tiempo, el comportamiento del proceso. ¿Es estable?, ¿se mantiene? ¿qué tan frecuente se sale de control? Esto permite intervenir sobre el proceso para mejorarlo.
- **Mejoramiento del proceso:** No basta analizar y controlar un proceso. Es necesario mejorarlo. Con el diagrama de Shewhart se puede identificar dónde se generaron las fallas y proporciona datos de entrada para hacer análisis de causas en aras de plantear soluciones a las fallas.

Tipos: control por variables



- La característica que se mide es una variable continua.
- **Gráfica \bar{x}** : Muestra que tanto se están alejando las mediciones de la tendencia central, que en este caso es la media o promedio.
- **Gráfica R**: Muestra que tanta ganancia o pérdida de uniformidad hay en la dispersión de un proceso dentro de una muestra. El valor resultante es plasmado en un gráfico de control para ser comparado con el rango de otra serie de muestras. Con esto se logra ver si hay presencia de uniformidad en los puntos ubicados o si no, para intervenir.
- **Gráfica \bar{x} -R**: Se utilizan ambos tipos de gráficas cuando se miden la relación de las especificaciones de calidad con la tendencia central y la dispersión. En este sentido, se ubica una gráfica ligeramente encima de la otra y se estudia el comportamiento de cada punto.



Tipos: Control por atributo

- Se definen los atributos como el cumplimiento con respecto a una especificación. Se hace a través del uso de **variables discretas**.
- **Gráfico p**: Se mide el porcentaje de defectos por muestra.
- **Gráfico np**: A diferencia de p , este valor no es una fracción. Es el número de unidades defectuosas en una muestra.
- **Gráfico c**: Es el número de defectos por unidad de producción durante un período de muestreo. En este caso, los defectos por producto se cuentan, y se establece un valor para definir a partir de cuántos defectos una unidad es defectuosa
- **Gráfico u**: Similar a p pero parte del gráfico c . En él se mide el porcentaje de defectos en una unidad durante un período de muestreo.

¿Cómo se hace?



- **Paso 1:** Determinar cuál es el proceso para trabajar y cuál es la característica de calidad que se va a medir.
- **Paso 2:** Definir el tipo de gráfico de control a utilizar .
- **Paso 3:** Determina el tiempo para levantar los datos y la cantidad de muestras a considerar y el tamaño de cada una.
- **Paso 4:** Recopilar los datos.
- **Paso 5:** Determinar la línea central y el límite de control superior e inferior.
- **Paso 6:** Representa los datos en la gráfica.
- **Paso 7:** Analiza el resultado.

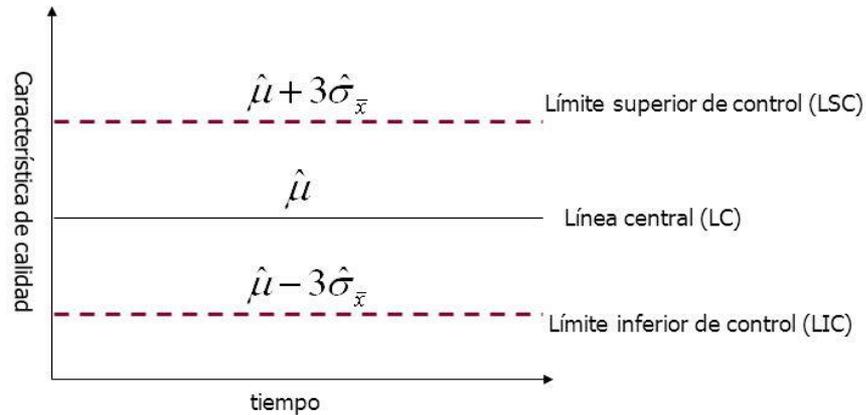


Interpretación

- Existen comportamientos y patrones en los datos representados, que proporcionan un indicio de que hay una variabilidad no aleatoria que debe investigarse.
 - Cuando hay solo un punto fuera de control. Es quizá la más pequeña de las probabilidades.
 - Cuando hay dos de cada tres puntos sucesivos ubicados a un lado de la línea central y más de dos desviaciones estándar alejados de esta línea.
 - Cuando hay 4 de cada 5 puntos sucesivos ubicados a un lado de la línea central y más de una desviación estándar (σ) alejados de esta línea.
 - Cuando hay una serie de 8 puntos sucesivos ubicados a un lado de la línea central, sin importar cuántas desviaciones estándar estén alejados de la línea central.
 - Cuando hay 6 puntos consecutivos ascendentes o descendientes.
 - Cuando hay 14 o más puntos consecutivos cruzando la línea central de arriba a abajo, sin que haya al menos 2 puntos sucesivos en un mismo lado.
 - Pista 7: Cualquier patrón recurrente que observe, puede ser considerado algo inusual.



Gráficas de control



Dónde el tiempo representa la muestra o subgrupo

Gráfico u (n = constante)

Punto a representar: $u = \frac{\text{número de defectos en una muestra}}{n}$

Línea central: $\bar{u} = \frac{\text{número total de defectos}}{nk}$

n = tamaño fijo de la muestra

k = número de subgrupos en el periodo

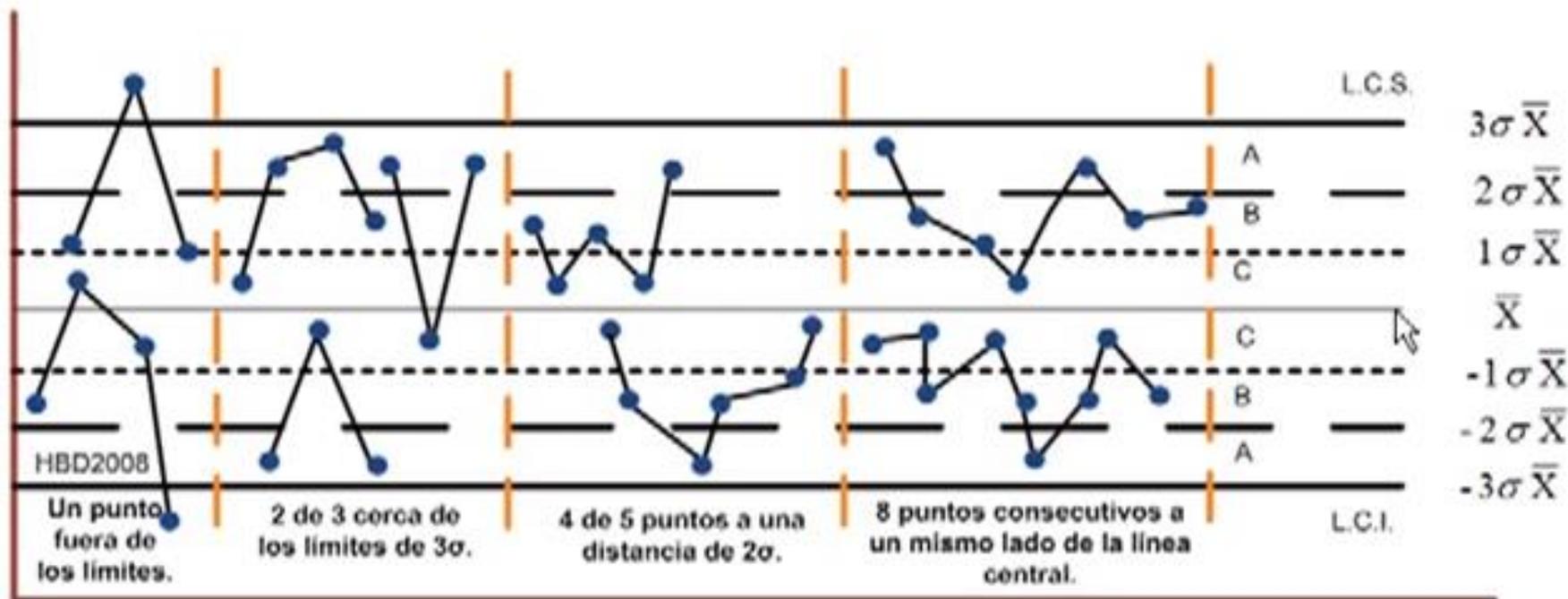
Límites de control:

$$\text{LSC} = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$\text{LIC} = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$



H. R. Alvarez A., Ph.
D.



Gestión visual

- Ayuda con la estandarización de procesos y políticas, mediante distintos medios de comunicación atractivos a la vista y simples de entender.
- Es la mejor manera de homologar actividades y mantener enterados a todos los involucrados de los avances, así como las actualizaciones que existan.
- Permite:
 - Otorgar información clara
 - Capacidad para reaccionar de forma rápida ante los problemas
 - Estandarizar métodos de trabajo
 - Medir avances y mejoras de la operación
 - Garantizar que se cumplan las políticas de procesos
 - Informar los datos más relevantes de cada proceso
 - Mantener actualizado a todo el personal de las nuevas metodologías y estrategias
 - Homologar las prioridades del proceso operativo
 - Detectar desviaciones de los procesos
 - Brindar información de utilidad mediante tablas y gráficos comparativos
 - Incrementar y mejorar la comunicación entre distintas áreas
 - Análisis de resultados
 - Consejos de seguridad
 - Monitoreo al control de calidad
 - Seguimiento de resultados en la producción

