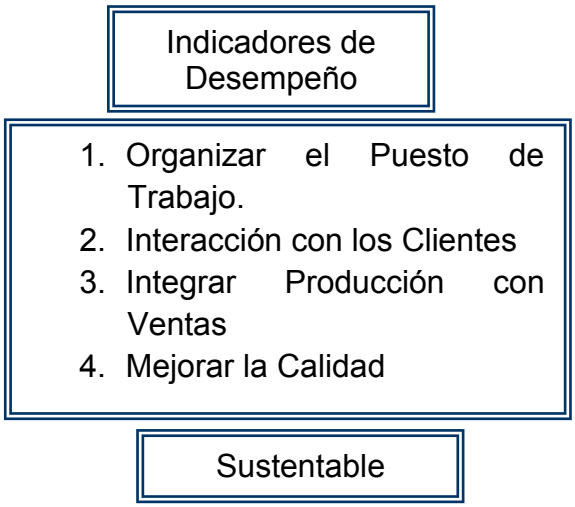
CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

Para la explicación de este Tema se ha tomado como referencia la metodología que fue diseñada por la Ing. Denise Rodríguez para la realización de su Tesis de Doctorado. A continuación se muestra el esquema del método de mejora para la implementación de este proyecto.



2.1 INDICADOR DE GESTIÓN

Hace referencia a un determinado signo o señal concreta que pone en evidencia la magnitud o intensidad de un problema. Sirve para observar y medir los cambios cualitativos (positivos o negativos) o cuantitativos (mayores o menores) que se presentan en el comportamiento de las variables en un determinado momento o entre períodos de tiempo. Se puede afirmar también que los indicadores son la cuantificación de los hechos o la observación de las manifestaciones más visibles de un problema. Los indicadores deben ser:

Válidos: Deben reflejar las acciones del proyecto y no de factores externos.

Demostrables: Deben evidenciar los cambios buscados.

Fácticos: Objetivamente verificables.

Pertinentes: Deben guardar correspondencia con los objetivos y la naturaleza del proyecto y con las condiciones del entorno social.

CRITERIOS

Cada medidor o indicador debe satisfacer los siguientes criterios:

- **Medible:** El medidor o indicador debe ser medible. Esto significa que la característica descrita debe ser cuantificable en términos ya sea del grado o frecuencia de la cantidad.

- **Entendible:** El medidor o indicador debe ser reconocido fácilmente por todos aquellos que lo usan.
- **Controlable:** El indicador debe ser controlable dentro de la estructura de la organización.

De acuerdo a los objetivos de la compañía, a las metas, a los servicios, a las actividades, etc., y la disponibilidad de la información, se seleccionan los indicadores. Una vez que se cuenta con la información de fuentes directas o indirectas se obtiene el respectivo cálculo, que se realiza dependiendo del tipo de indicador seleccionado. [1]

2.2 TÉCNICA DE MEJORA CONTINUA (KAIZEN)

Proviene de dos ideogramas japoneses: “Kai” que significa cambio y “Zen” que quiere decir para mejorar. Así, se puede decir que “Kaizen” es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo” Los dos pilares que sustentan Kaizen son los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial, que se emplean para mejorar los procesos productivos. De hecho, Kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario.

Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación.

La estrategia de Kaizen empieza y acaba con personas. Con Kaizen, una dirección envuelta guía a las personas para mejorar su habilidad de encontrar expectativas de calidad alta, costo bajo, y entrega en el tiempo continuamente. Kaizen transforma compañías en 'Competidores Globales Superiores'

Beneficios de Evento Kaizen

Los beneficios pueden variar de una empresa a otra, pero los típicamente encontrados son los siguientes:

- Aumento de la productividad, rentabilidad
- Reducción del espacio utilizado, inventario en proceso, tiempo de fabricación, uso del montacargas, costos de producción
- Mejoras en la calidad de los productos, manejo y control de la producción. [2]

2.3 ORGANIZAR EL PUESTO DE TRABAJO

LAS HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA (5'S)

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo. Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente se pone en práctica en la vida cotidiana y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa", es más, todos los seres humanos, o casi todos, tienen tendencia a practicar las 5'S, aunque no se pueda dar cuenta. Las 5'S son: [2]

Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: Seiri

Ordenar: **Seiton**

Limpieza: **Seiso**

Estandarizar: **Seiketsu**

Disciplina: **Shitsuke**

Beneficios de las 5'S

La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar desperdicios y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus

empleados. Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados
- Mayor calidad
- Tiempos de respuesta más cortos
- Aumenta la vida útil de los equipos
- Genera cultura organizacional y reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos.

Definición de las 5’S

Clasificar (seiri)

Clasificar consiste en retirar del área de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamada "etiquetado en rojo". En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio.

Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados.

Ordenar (seiton)

Consiste en organizar los elementos que han sido clasificados como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Algunas estrategias para este proceso de "todo en su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, etc., es decir, *"Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar."*

Limpieza (seiso)

Limpieza significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza, se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de defecto. Limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo.

Estandarizar (seiketsu)

El estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3’s. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.

Disciplina (shitsuke)

Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo, por los demás y mejora la calidad de vida laboral.

2.4 INTERACCIÓN CON LOS CLIENTES

CLIENTE

Cliente es la persona, empresa u organización que adquiere o compra de forma voluntaria productos o servicios que necesita o desea para sí mismo, para otra persona o para una empresa u organización; por lo cual, es el motivo principal por el que se crean, producen, fabrican y comercializan productos y servicios. [3]

Con respecto al trato con los clientes, existen cuatro tareas claves que pueden usarse como guía para poner en marcha una iniciativa individualizada: Identificar, Diferenciar, Interactuar y Personalizar. [4]

2.4.1 MAPEO DE EXPECTATIVAS

Las expectativas son las "esperanzas" que los clientes tienen por conseguir algo. Las expectativas de los clientes se producen por el efecto de una o más situaciones:

- Promesas que hace la misma empresa acerca de los beneficios que brinda el producto o servicio.
- Experiencias de compras anteriores.

- Promesas que ofrecen los competidores.

En la parte que depende de la empresa, ésta debe tener cuidado de establecer el nivel correcto de expectativas. Por ejemplo, si las expectativas son demasiado bajas no se atraerán suficientes clientes; pero si son muy altas, los clientes se sentirán decepcionados luego de la compra [5].

Un detalle muy interesante sobre este punto es que la disminución en los índices de ***satisfacción del cliente*** no siempre significa una disminución en la calidad de los productos o servicios; en muchos casos, es el resultado de un aumento en las expectativas del cliente [5] situación que es atribuible a las actividades de mercadotecnia (en especial, de la publicidad y las ventas personales).

En todo caso, es de vital importancia monitorear "regularmente" las "expectativas" de los clientes para determinar lo siguiente:

- Si están dentro de lo que la empresa puede proporcionarles.
- Si están a la par, por debajo o encima de las expectativas que genera la competencia.

- Si coinciden con lo que el cliente promedio espera, para animarse a comprar.

2.4.2 CLASIFICACIÓN ABC

Es una técnica que permite clasificar cuales son los elementos vitales para la empresa o para un departamento, ya sean estos clientes, productos, proveedores, servicios etc. Se utiliza para hacer una clasificación, dependiendo del volumen de transacciones en términos de cantidad, valor monetario etc. así como el grado de criticidad o importancia. Permite de una manera objetiva libre de subjetividad clasificar cuales son aquellos elementos (clientes, productos, proveedores, servicios) a los cuales la empresa o el departamento debe prestarles mayor atención ya sea para establecer una negociación, hacer una encuesta.

Este esquema permite hacer una clasificación mayor que la conocida como ABC que en combinación con la criticidad nos puede dar una nueva clasificación de clientes. [6]

2.4.2 MAPEO DE PROCESO

En primer lugar debe definirse un **MAPA DE PROCESOS**, que se constituirá en la puerta de entrada al mundo de los procesos dentro de las empresas.

Existen diversas formas de representar la interrelación de los procesos dentro de una organización, pero antes de hacer dicha representación, lo más recomendable es aplicar el enfoque por procesos, utilizando el principio de aplicar un pensamiento de “derecha a izquierda”, es decir, de identificar primero los clientes, los productos, los requisitos que el cliente exige y con esto identificar los procesos que se requieren para producir los bienes y/o servicios. [7]

2.5 INTEGRACCIÓN DE VENTAS Y PRODUCCIÓN

La venta es una de las actividades más pretendidas por empresas, organizaciones o personas que ofrecen algo (productos, servicios u otros) en su mercado meta, debido a que su éxito depende directamente de la cantidad de veces que realicen ésta actividad, de lo bien que lo hagan y de cuán rentable les resulte hacerlo.

Según **Allan L. Reid**, afirma que la **venta** promueve un intercambio de productos y servicios. [8]

INTEGRACIÓN

Consiste, en lograr que todos los departamentos laboren de común acuerdo para alcanzar los objetivos planeados; porque, de existir diferencias entre ellos difícilmente pueden llegar al éxito. Todos forman parte de un engranaje y cuando alguno de ellos funciona mal, la maquinaria general deja eficientemente de trabajar.

Por ejemplo, para planear las ventas es necesario conocer la capacidad de producción; el departamento de producción necesita conocer las posibilidades de compra de materia prima, etc., y una vez coordinados todos, compras debe de abastecer a producción para que el departamento de ventas cuente con los productos terminados necesarios para lograr las ventas planeadas.

RELACIÓN ENTRE MARKETING Y PRODUCCIÓN-LOGÍSTICA

Shapiro (1997) afirmó que los departamentos responsables por producción (back-office department) y Marketing (front-office department) podían coexistir. Shapiro, indicaba que los departamentos back-office usualmente

se apegaban por la reducción de costos mediante la eficiencia en la producción, mientras los departamentos front-office lo hacían por maximizar el beneficio adaptándose a los requerimientos del consumidor. En este sentido Shapiro daba las bases para uno de los mayores problemas entre estos dos tipos de departamentos, la diferencia de objetivos y metas.

Para lograr la eficiencia en la producción, es necesario tener lotes productivos más largos, logrando economías de escala y curvas de aprendizaje, sistemas de calidad firmes y sencillez en los procesos de producción, generando una sobrecarga al departamento de marketing quien tendría que evitar ceder ante los requerimientos de los clientes y probablemente por este motivo perderlos en el mar de los competidores.

Pero si se quiere una eficiencia en marketing, adaptándose a los requerimientos del consumidor, esto conllevaría entregas en tiempo menor al presupuestado por producción, cambios en el tipo y/o especificaciones del producto, lo cual produciría lotes de producción más pequeños, exigiría modificaciones mayores a último momentos del plan maestro de producción, generando una sobrecarga en dicho departamento y por ende problemas asociados con los procesos productivos y la calidad del producto.

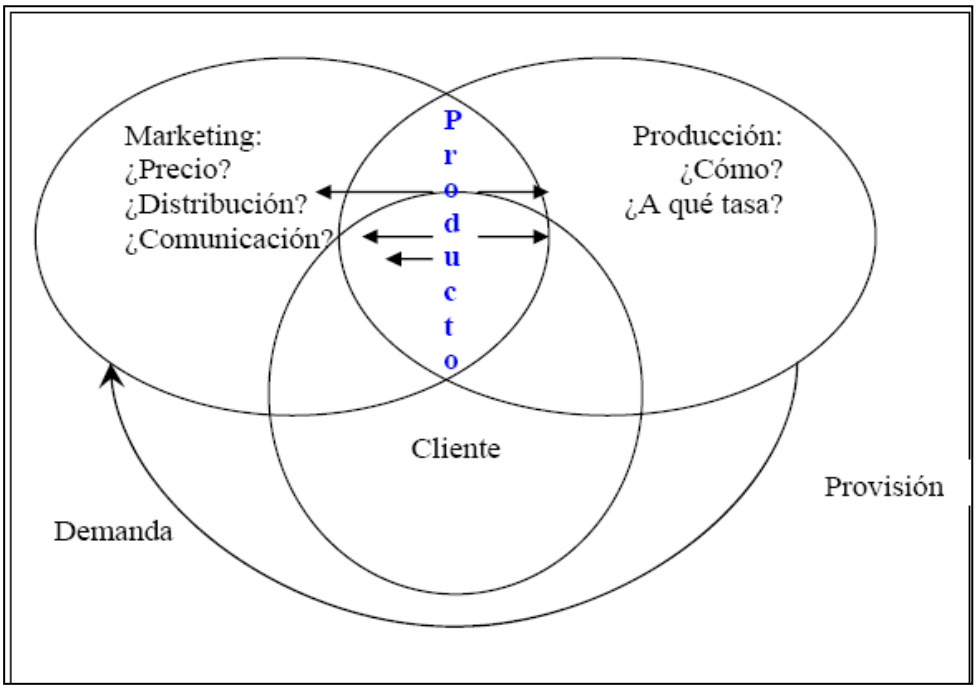


Figura 2.1 Relación Cliente – Marketing - Producción

De acuerdo con la teoría de la identidad social (Brewer: 1986 – Brewer y Schneider; 1990) esta teoría propone que los individuos se definen así mismos acorde con los términos del grupo del que son miembros, buscan una identidad social positiva diferenciando el grupo al que pertenecen más positivamente de los demás. Es así como los miembros de determinado grupo se ven así mismos como los buenos y a los de los demás grupos como los malos. Además existen estímulos que refuerzan este tipo de comportamientos, por ejemplo, producción es usualmente recompensado por

la eficiencia y calidad, logística por la planificación y la entrega a tiempo y marketing por la flexibilidad y servicio al cliente.

En el **Apéndice A** se puede observar la tabla donde se recopilan los posibles puntos de conflicto entre marketing y producción.

BÚSQUEDA DE INTERRELACIÓN ENTRE DEPARTAMENTOS

Crittenden (1991), explica cada una de las **4 C** propuestas para el logro de una interrelación enfocada al consumidor/cliente. Lo primero es el centrarse en el cliente. El cliente externo es el receptor de los productos y/o servicios de la empresa y debe de ser el enfoque central de la compañía, su satisfacción es crucial para el éxito. A este punto se debe incluir y recalcar que el cliente interno es la fuente del éxito, así como la satisfacción del cliente externo es el objetivo, el lograrlo depende del cliente interno.

La segunda C son las capacidades competitivas, para desarrollarlas marketing tiene que colaborar tanto a nivel interno como externo con el fin de asegurar que todas las áreas puedan contribuir a proporcionar y cumplir las promesas de la compañía.

La tercera C es con respecto a la colaboración entre las áreas. Las interacciones principalmente ocurren en tres principales aspectos: variedad de producto, entrega y asegurar que el producto cumple con las expectativas

del cliente. Mientras la velocidad hacia el mercado es identificada como una capacidad competitiva, los vendedores, en este aspecto, a menudo se involucran en promesas prácticamente imposibles para con sus clientes, motivados en su mayoría por salir delante de la competencia. Para lograr el éxito la organización debe establecer estrategias de colaboración, tanto a nivel interno como externo, a lo largo y ancho de la cadena de abastecimiento.

La cuarta C, Conexiones Cíclicas, es un término acuñado por primera vez en 1985 por Bonoma (1985), está definido como un fenómeno que se refiere a la interrelación entre la formulación de la estrategia de marketing y la implementación de la misma. La idea básica es que detrás de esta conexión cíclica, la formulación de la estrategia de marketing será afectada por la misma implementación, la cual afectará la reformulación de la primera creándose una especie de ciclo permanente. [9]

LA COMUNICACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

Actualmente la comunicación se ha convertido en uno de los ejes centrales de una empresa, ya que por medio de ella existe una mejor relación entre empleados y esto se refleja en el trato con los clientes.

Por ello es importante el uso de herramientas de comunicación organizacional, por ejemplo la **“comunicación corporativa”**. Para lograrlo se requiere conocer la estructura esencial de los medios y sistemas de comunicación que existan en la empresa, como boletines, periódicos, revistas, ya sean internos o externos para que sean empleados de manera adecuada, así como el comprender la importancia de la comunicación en la empresa.

Los mensajes que se intercambian en la organización, pueden transmitirse a través de canales interpersonales o de medios de comunicación como memoranda, circulares, boletines o revistas, tableros de avisos y manuales, así como programas audiovisuales, sistemas computarizados, sonido ambiental o también se pueden hacer uso de los medios de comunicación masiva, para de esta manera poder llegar a numerosos públicos externos. [10]

En la función de producción, la información que se maneja, va dirigida hacia la producción de los empleados, por medio de esta se les comunica como deben realizar su trabajo, incluyendo actividades como de capacitación, orientación, resolución de problemas, establecimientos de objetivos, sugerencias e ideas que mejoren la producción que se genere.

En cuanto a la función de mantenimiento, a través de esta función el empleado se integra y convive más con los demás integrantes del organismo, mediante eventos sociales como: la celebración de un cumpleaños de cualquier miembro, el brindis de fin de año, el aniversario de la empresa, donde se otorga reconocimientos a los empleados más destacados o de más antigüedad, estos entre otros eventos son ejemplos que logran que el desempeño laboral en una compañía se cumpla con éxito. Es necesario que los empleados se sientan realmente parte de la empresa, que se consideren parte importante de ella. [10]

2.6 MEJORAR LA CALIDAD

HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA LA CALIDAD

Kauru Ishikawa promulgó la utilización de siete herramientas básicas de la calidad:

1. Gráficas de barras e histogramas
2. Listas de verificación
3. Diagramas de Pareto
4. Diagramas de dispersión
5. Diagramas causa-efecto

6. Estratificación
7. Gráficos de control

No obstante, las versiones más actualizadas de las siete herramientas básicas sustituyen la estratificación por los:

8. Diagramas de flujo

A continuación se comenta brevemente en que consiste cada una de las 8 herramientas y se proporciona en algunas un ejemplo sencillo en el que se aplican algunas de ellas.

GRÁFICAS DE BARRAS E HISTOGRAMAS

Las **gráficas de barras** consisten en una serie de rectángulos cuya altura representa la frecuencia con la cual se presentan determinados problemas relacionados con la calidad.

Los **histogramas** resumen los datos medidos sobre una escala, mostrando la distribución de frecuencia de alguna característica de calidad.

LISTAS DE VERIFICACIÓN

Las **listas de verificación** o **listas de chequeo** son formularios que se usan para registrar la frecuencia con la que se presentan las características de ciertos productos o servicios relacionadas con la calidad.

DIAGRAMAS DE PARETO

Los **diagramas de Pareto** son gráficos de barras en las que los distintos tipos de problemas de calidad se ordenan en el eje de abscisas de forma decreciente por la frecuencia con que aparecen y se señala la frecuencia acumulada.

Los diagramas de Pareto sirven, por lo tanto, para determinar las causas que generan la mayor parte de los problemas. Se basa en la idea de que, en muchos casos, el 80% de los errores están ocasionados por el 20% de los problemas posibles. Luego solucionando un 20 % de los problemas, eliminamos un 80% de los errores y optimizamos el esfuerzo.

DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

Los **diagramas de dispersión** consisten en una representación gráfica de dos variables que muestra como se relacionan entre si. Se habla de correlación positiva, negativa o nula entre las variables. También se puede reforzar con un análisis de regresión la cual es una técnica estadística que permite estudiar los diagramas de dispersión con mayor exhaustividad que la que proporciona la simple observación.

DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO

Los **diagramas causa-efecto** (o **diagramas de espina de pescado** o **diagramas de Ishikawa**) muestran la relación entre un problema de calidad de importancia clave y las posibles causas que lo originan. Primero se determinan las categorías de causas y luego causas específicas en los niveles en que sea necesario.

En el siguiente ejemplo se consideran cuatro categorías de causas: mano de obra, máquinas, materiales y métodos. Dentro de cada categoría se identifican distintas subcategorías. Por ejemplo, dentro de mano de obra se distinguen tres cuestiones: salud, habilidad y espíritu. Dentro de cada una de estas subcategorías se identificar posibles causas concretas. Por ejemplo, en la rama de habilidad se consideran la falta de entrenamiento, la falta de experiencia, y la falta de educación (formación) como posibles causas del problema.

En un primer paso, lo importante es generar el máximo de causas posibles, aunque a priori puedan parecer absurdas. Esto puede hacerse mediante procedimientos de ‘lluvia de ideas’ entre los encargados de aplicar la técnica. En segundo paso consistirá en ir eliminando las menos probables y quedarse con las que se consideran causas verdaderas del problema.

GRÁFICOS DE CONTROL

Los **gráficos de control** especifican las variaciones de una cierta dimensión de la calidad en torno al valor deseado conforme pasa el tiempo y si éstas permanecen dentro de unos límites de control (o límites de tolerancia) permitidos.

Se parte de la idea de que no hay dos productos idénticos y que existen variaciones. Algunas variaciones son aleatorias y responden al azar, pero otras son asignables, es decir, se deben a causas específicas identificables y corregibles. Los gráficos de control ayudan a identificar las causas asignables. De hecho son una herramienta fundamental para la aplicación del Control Estadístico de Procesos.

DIAGRAMAS DE FLUJO

Los **diagramas de flujo** son representaciones gráficas de un proceso en las que se identifican los principales pasos que componen dicho proceso. Pueden ser útiles para identificar donde está el origen de los errores en un sistema productivo.

Se utilizan distintos símbolos y formas geométricas para representar el proceso. Los rectángulos suelen representar operaciones o actividades, los

rombos decisiones, y los círculos el inicio y el final del proceso. No obstante, existen otras posibles notaciones.

Suele resultar beneficioso especificar gráficamente el proceso ideal y, por otra parte, el proceso real, e identificar las diferencias y, de esa forma, los aspectos que deben ser mejorados. [11]

LOS 7 GRANDES DESPERDICIOS O MUDAS

Estas surgen de la clasificación desarrollada por Ohno (mentor y artífice del Just in Time), y comprende:

1. Desperdicio por sobreproducción
2. Desperdicio por inventario
3. Desperdicio por reparaciones / rechazo de productos defectuosos
4. Desperdicios por movimiento innecesarios
5. Desperdicios por Proceso Defectuoso
6. Desperdicios por Tiempo de espera
7. desperdicio por transporte

DESPERDICIO POR SOBREPRODUCCIÓN

La misma es el producto de un exceso de producción, producto entre otros factores de: falencias en las previsiones de ventas, producción al máximo de

la capacidad para aprovechar las capacidades de producción (mayor utilización de los costos fijos), lograr un óptimo de producción (menor coste total), superar problemas generados por picos de demandas o problemas de producción. Cualquiera sea el motivo, lo cual en las fábricas tradicionales suelen ser la suma de todos estos factores, el coste total para la empresa es superior a los costes que en principio logran reducirse en el sector de operaciones. En primer lugar se tienen los costos correspondientes al almacenamiento, lo cual conlleva tanto el espacio físico, como las tareas de manipulación, controles y seguros. Pero además debe tenerse muy especialmente en cuenta los costos financieros debidos al dinero con escasa rotación acumulada en altos niveles de sobreproducción almacenados.

DESPERDICIO POR INVENTARIO

Tiene muchos motivos, y en el se computan tanto los inventarios de insumos, como de repuestos, productos en proceso e inventario de productos terminados. El punto óptimo de pedidos, como el querer asegurarse de insumos, materias primas y repuestos por problemas de huelgas, falta de recepción a término de los mismos, remesas con defectos de calidad y el querer aprovechar bajos precios o formar stock ante posibles subas de precios, son los motivos generadores de este importante factor de

desperdicio. En el caso de productos en proceso se forman stock para garantizar la continuidad de tareas ante posibles fallas de máquinas, tiempos de preparación y problemas de calidad. A los factores apuntados para la sobreproducción deben agregarse las pérdidas por roturas, vencimiento, pérdida de factores cualitativos como cuantitativos, y paso de moda.

DESPERDICIO POR REPARACIONES / RECHAZO DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS

Muda de reparación y rechazo de productos defectuosos. La necesidad de reacondicionar partes en proceso o productos terminados, como así también reciclar o destruir productos que no reúnen las condiciones óptimas de calidad provocan importantes pérdidas. A ello debe sumarse las pérdidas generadas por los gastos de garantías, servicios técnicos, recambio de productos, y pérdida de clientes y ventas. Es lo que en materia de Costos de Mala Calidad se denomina costos por fallas internas y costos por fallas externas.

DESPERDICIOS POR MOVIMIENTO INNECESARIOS

Se hace referencia con ello a todos los desperdicios y despilfarros motivados en los movimientos físicos que el personal realiza en exceso debido entre

otros motivos a una falta de planificación en materia ergonómica. Ello no sólo motiva una menor producción por unidad de tiempo, sino que además provoca cansancio o fatigas musculares que originan bajos niveles de productividad.

Una estación de trabajo mal diseñada es causa de que el personal malgaste energía en movimientos innecesarios, constituyendo el sexto tipo de despilfarros. Así por ejemplo situar los departamentos que prestan asistencia al trabajo de valor añadido en oficinas alejadas de las personas productoras de valor agregado aumenta los movimientos innecesarios. Las herramientas, los equipos, los materiales y las instrucciones que se necesitan para realizar el trabajo han de colocarse en el lugar más conveniente para que el operario ahorre energía. En las empresas de categoría mundial el personal de primera línea no ha de ir a buscar ayuda, sino que la reclama para que ésta vaya a ellos.

DESPERDICIOS POR PROCESO DEFECTUOSO

Desperdicios generados por falencias en materia de layout, disposición física de la planta y sus maquinarias, errores en los procedimientos de producción,

incluyéndose también las falencias en materia de diseño de productos y servicios.

DESPERDICIOS POR TIEMPO DE ESPERA

Muda de espera. Motivado fundamentalmente por: los tiempos de preparación, los tiempos en que una pieza debe esperar a otra para continuar su procesamiento, el tiempo de cola para su procesamiento, pérdida de tiempo por labores de reparaciones o mantenimientos, tiempos de espera de órdenes, tiempos de espera de materias primas o insumos. Los mismos se dan también en las labores administrativas. Todos estos tiempos ocasionan menores niveles de productividad.

DESPERDICIO POR TRANSPORTE

Despilfarro vinculado a los excesos en el transporte interno, directamente relacionados con los errores en la ubicación de máquinas, y las relaciones sistémicas entre los diversos sectores productivos. Ello ocasiona gastos por exceso de manipulación, lo cual lleva a una sobre-utilización de mano de obra, transportes y energía, como así también de espacios para los traslados internos.

En primer lugar superar estos despilfarros requiere de una mejora tanto en la calidad, como así también en las labores de mantenimiento, mejora en los procedimientos de preparación (los altos plazos de preparación llevan a excesos de inventarios de productos en proceso), la mejor selección y contratación a largo plazo con los proveedores, y un mejor recorrido de los insumos y partes durante el proceso productivo. Por otro lado se requiere de un continuo proceso de simplificación, para lo cual es fundamental mejorar de manera constante los niveles de calidad y productividad vía la mejora continua. A su vez la mejora continua requiere si o si de una proceso de capacitación y entrenamiento que permita al personal comprender, entender y tomar conciencia de los distintos tipos de despilfarros y la forma en cada uno de ellos debe ser combatido. Para todo ello es de fundamental importancia tanto la mejora en los procesos de planificación, como así también la aplicación del benchmarking. [12]

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (C.E.P)

El CEP es una herramienta estadística que se utiliza en el puesto de trabajo para conseguir el producto adecuado y a la primera. Los gráficos de control constituyen el procedimiento básico del C.E.P. Con dicho procedimiento se pretende cubrir 3 objetivos:

-Seguimiento y vigilancia del proceso

-Reducción de la variación

-Menos costo por unidad

Todo proceso presenta una variabilidad aunque se encuentre muy bien controlado, la misma que es de carácter natural del proceso. Cuando esta variabilidad es relativamente pequeña se puede afirmar que proviene de un "Sistema aleatorio de causas" las cuales no pueden ser asignadas a algún problema en específico por lo tanto bajo estas condiciones se dice que el proceso está bajo control estadístico.

Por el contrario, existen otras causas de variabilidad que pueden estar, ocasionalmente, presentes y que actuarán sobre el proceso. Estas causas se derivan, fundamentalmente, de tres fuentes:

- Ajuste inadecuado de las máquinas
- Errores de las personas que manejan las máquinas
- Materia prima defectuosa.

A estas causas se las denominan **"causas asignables''** y las cuales pueden originar problemas graves. Bajo estas condiciones se dice que el proceso se encuentra fuera de control estadístico. Por lo tanto lo que se busca es

eliminar las causas asignables para luego una vez estabilizado el proceso buscar realizar un diseño de experimentos para hacer mas eficiente el proceso.

GRÁFICOS CEP

GENERALIDADES

Los gráficos de control o cartas de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. El control estadístico de procesos nos provee de información útil ya que nos puede ayudar a distinguir si la variabilidad se produce por fluctuación natural del proceso o porque el mismo ya no está funcionando bien.

Todo proceso de fabricación funciona bajo ciertas condiciones o variables que son establecidas por las personas que lo manejan para lograr una producción satisfactoria.

Figura 2.2 Proceso de fabricación

Cada uno de estos factores está sujeto a variaciones que realizan aportes más o menos significativos a la fluctuación de las características del producto, durante el proceso de fabricación. Los responsables del funcionamiento del proceso de fabricación fijan los valores de algunas de estas variables, que se denominan variables controlables. Por ejemplo, se fija la temperatura de fusión del plástico, la velocidad de trabajo, la presión del pistón, la materia prima que se utiliza (Proveedor del plástico), etc.

PROCESO BAJO CONTROL ESTADÍSTICO

Hay que tener en cuenta que las variaciones provocadas por un sistema de aleatorio de causas se denominan causas no asignables y aquellas que pueden ser atribuidas o detectadas se denominan causas asignables.

Causas Asignables: Son causas que pueden ser identificadas y que conviene descubrir y eliminar, por ejemplo, una falla de la máquina por desgaste de una pieza, un cambio muy notorio en la calidad del plástico, etc. Estas causas provocan que el proceso no funcione como se desea y por lo tanto es necesario eliminar la causa, y retornar el proceso a un funcionamiento correcto.

Causas No Asignables: Son una multitud de causas no identificadas, ya sea por falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo, cada una de las cuales ejerce un pequeño efecto en la variación total. Son inherentes al proceso mismo y no pueden ser reducidas o eliminadas a menos que se modifique el proceso.

Cuando el proceso trabaja afectado solamente por un sistema constante de variables aleatorias no controlables (Causas no asignables) se dice que está funcionando bajo Control Estadístico. Cuando, además de las causas no asignables, aparece una o varias causas asignables, se dice que el proceso está fuera de control.

Una vez que se encuentran identificadas las causas asignables con los gráficos realizados se debe revisar si hay pocos puntos fuera de control (2 ó 3), estos se eliminan, se recalculan la media, desviación Standard y límites de control con los restantes, y se construye un nuevo gráfico de

prueba. Cuando las observaciones no siguen un patrón aleatorio, indicando la existencia de causas asignables, se hace necesario investigar para descubrirlas y eliminarlas. Una vez hecho esto, se deberán recoger nuevas observaciones y calcular nuevos límites de control de prueba, comenzando otra vez con la primera etapa.

En la 2ª etapa, las nuevas observaciones que van surgiendo del proceso se representan en el gráfico, y se controlan verificando que estén dentro de los límites, y que no se produzcan patrones no aleatorios. Una vez eliminadas las causas del problema, se puede continuar con la producción normal.

Estos límites de control se escogen de forma que si el proceso está bajo control, prácticamente todos los puntos del gráfico estarán contenidos entre dichos límites. En tanto los puntos estén dentro de los límites no será precisa ninguna acción correctora porque se supone que el proceso esté bajo control. Sin embargo, un punto fuera de los límites de control se interpreta como una evidencia de que el proceso está fuera de control debiendo investigarse la naturaleza de la causa o causas asignables presentes a fin de eliminarlas, adoptando la oportuna medida correctora.

Si el proceso está bajo control, además de situarse los puntos dentro de los límites de control, todos los puntos del gráfico presentarán una

posición originada por el azar sin la presencia de patrones especiales de variabilidad.

IMPORTANTE: No hay que confundir los límites de control con los límites de tolerancia.

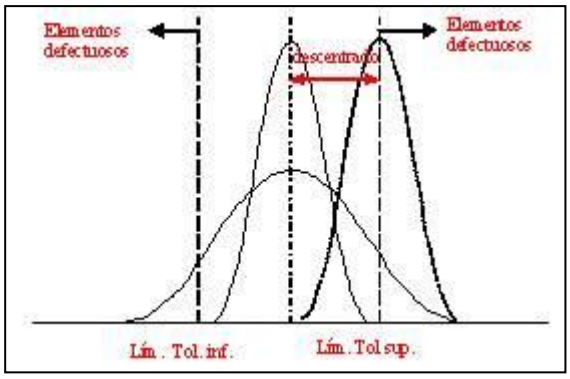


Figura 2.3 Límites de Tolerancia

Los límites de tolerancia son los valores de una determinada característica que separan valores correctos e incorrectos de la misma (fijados normalmente por el proyectista para que el producto funcione adecuadamente)

Los límites de control son aquellos entre los cuales el estadístico considerado (sean valores individuales, medias, medianas, recorridos desviaciones típicas, sumas acumuladas, etc.) tiene una probabilidad muy

alta de situarse cuando el proceso está bajo control (no hay causa asignable). Cuando un proceso (se supone que sigue una distribución Normal) se desplaza respecto a sus valores nominales o aumenta su dispersión, genera más elementos defectuosos (más elementos fuera de los límites de tolerancia).

EFICACIA DE LOS GRÁFICOS $\overline{X}$,R

La eficacia de estos gráficos se describe a través de las curvas ARL (Longitud de racha media) y curva característica.

A) calculo de las curvas características y ARL del gráfico

- **Curva característica**

  Se asume que la desviación típica es conocida y constante. Si la media cambia desde el valor objetivo μ_o hasta otro $\mu_1 = \mu_o + K.\sigma$,la probabilidad de no detectar el cambio en la primera muestra que se tome será:

$$\beta = prob[LCI \le X \le LCS] \quad cuando \quad \mu = \mu_0 + K.\sigma$$

con :

$$\overline{X} \approx N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right) \quad ; \quad LCI = \mu - \frac{Z_{\alpha/2}.\sigma}{\sqrt{n}} \quad ; \quad LCS = \mu + \frac{Z_{\alpha/2}.\sigma}{\sqrt{n}}$$

por lo cual :

$$\beta = \Phi\left(\frac{LCS - (\mu_o + K\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right) - \Phi\left(\frac{LCI - (\mu_o + K\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right) \Rightarrow$$

$$\beta = \Phi\left(\frac{\mu_o + \frac{Z_{\alpha/2}.\sigma}{\sqrt{n}} - (\mu_o + K\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right) - \Phi\left(\frac{\mu_o + \frac{Z_{\alpha/2}.\sigma}{\sqrt{n}} - (\mu_o + K\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right) \Rightarrow$$

$$\beta = \Phi\left(Z_{\alpha/2} - K\sqrt{n}\right) - \Phi\left(-Z_{\alpha/2} - K\sqrt{n}\right) \quad Curva \quad Característica$$

Normalmente se elige α = 0,0027 (Error tipo I) $Z_{\alpha/2}$ = 3. Esta curva (Probabilidad de que el siguiente punto caiga dentro de los límites de control en función del Descentrado del proceso) viene representada (con α = 0,0027), para distintos tamaños de muestra (n). Esta gráfica puede ser vista en Apéndices **ANEXO B y ANEXO C**

Para un α determinado (error tipo 1) y dando valores a α (variación en la dispersión del proceso) se obtienen los valores de β.

La curva ARL la obtenemos mediante la fórmula 1/(1- β)

Aumento de dispersión en el proceso	Curva característica	Curva ARL
σ'/σ	β	1/(1- β)

Esta curva puede ser vista en Apéndice en **ANEXO D**

Gráficos de control ($\overline{X}$, S)

Cuando crece el tamaño de muestra (n = 10 a12) el método del rango para estimar σ pierde eficiencia. En este caso es mejor reemplazar los gráficos ($\overline{X}$, R) por los ($\overline{X}$, S) y calcular para cada subgrupo la media y la desviación típica S.

Aunque,

$$S^2 = \frac{\sum \left(X - \overline{X}\right)^2}{n-1}$$

Es un estimador centrado de σ^2 S no lo es respecto de σ, ya que realmente estima $C_4\sigma$ ya que E(s) = $C_4\sigma$; C_4 es una constante que depende del tamaño de muestra.

CAPACIDAD DEL PROCESO

Para cuantificar la Capacidad de Proceso se utilizan coeficientes que permiten comparar el rango de especificaciones con la fluctuación natural del proceso. Uno de ellos es C_p:

$$C_p = \frac{(LSE - LIE)}{6 * \sigma}$$

Donde LSE y LIE son, respectivamente, el Límite Superior y el límite inferior de Especificación.

Si el proceso tiene capacidad para fabricar el producto, entonces $C_p > 1$. En general se exige $C_p > 1.30$ para mayor seguridad.

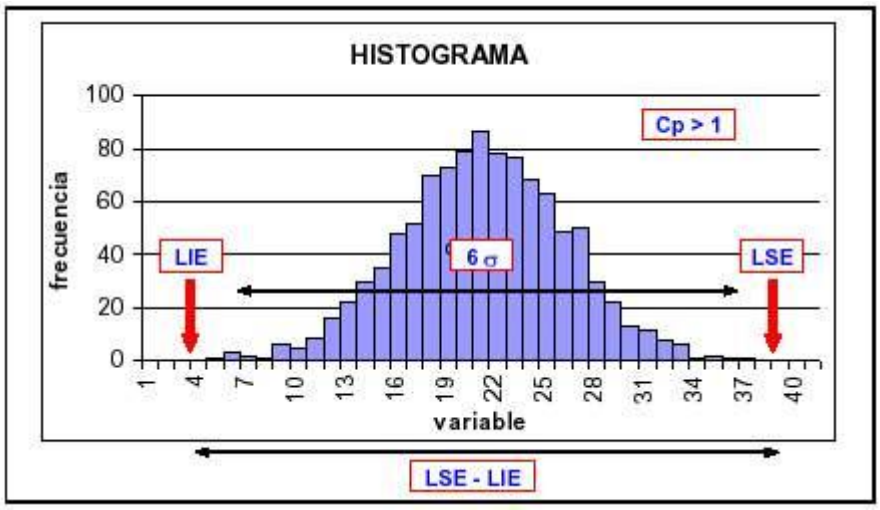


Figura 2.4 Histograma para analizar la capacidad del proceso (1)

C_p tiene el inconveniente de que para poder aplicarlo, el centro de gravedad del rango de especificaciones debe coincidir con la tendencia

central de las mediciones del proceso. Cuando esto no ocurre se emplea el C_{pk}:

$$C_{pk} = \frac{\Delta}{3 * \sigma}$$

Donde:

$$\Delta = Mínimo\{(LSE - \overline{X}), (\overline{X} - LIE)\}$$

En la **Figura 2.4** podemos observar que una buena parte del producto está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE). Aún así resulta $C_p > 1$, indicando erróneamente que el proceso tiene capacidad suficiente.

En este caso se debe usar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene capacidad suficiente ($C_{pk} < 1$), tal como se puede observar en el gráfico.

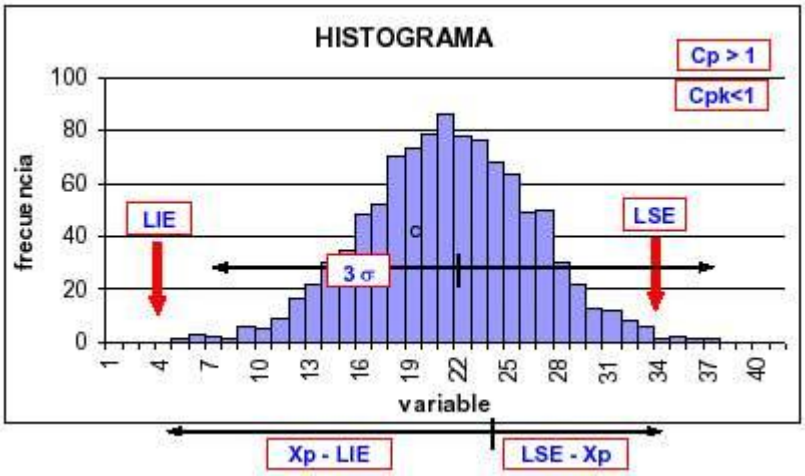


Figura 2.5 Histograma para analizar la capacidad del proceso (2)

Un proceso suele decirse que es apto cuando $C_p > 1$ ó incluso $C_p > 1,3$

Modernamente, ha comenzado a utilizarse:

$$CPM = \frac{LES - LEI}{6\sigma'}$$

donde :

$$\sigma' = \sqrt{\sum_{1}^{n} \frac{(X_i - Nominal)^2}{n-1}}$$

siendo :

$$Nominal = \frac{LES + LEI}{2}$$

El uso de un histograma para analizar la capacidad de un proceso tiene la ventaja de que se puede apreciar la forma de la distribución, con lo cual se puede confirmar o rechazar la hipótesis de que la misma es normal. Pero el problema es que no se puede detectar la presencia de patrones no aleatorios, con lo cual no es posible confirmar o rechazar la hipótesis de que el proceso está bajo control estadístico. Si el proceso no está bajo control estadístico los resultados del análisis de la capacidad de proceso no serán válidos y pueden llevar a conclusiones equivocadas.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO USANDO GRÁFICOS DE CONTROL

Los gráficos de control son muy útiles para medir la capacidad potencial del proceso y deben ser considerados la técnica principal en los análisis de capacidad.

En los análisis de capacidad pueden usarse los gráficos de control por variables y los gráficos de control por atributos aunque son preferibles los primeros por la mayor información que suministran.

Los gráficos $\overline{X}$, R permiten estimar la variabilidad instantánea (capacidad del proceso a corto plazo) y la variabilidad a lo largo del tiempo (capacidad del proceso a largo plazo). La variabilidad instantánea viene dada por **s** = R/d_2, donde d_2 es un valor tabulado en función del tamaño de muestra n.

No debe estimarse la capacidad del proceso a corto plazo cuando se presenta una situación fuera de control ya que previamente habría que encontrar las causas asignables y poner el proceso bajo control.

Cuando se utilizan gráficos $\overline{X}$-R, en el gráfico de $\overline{X}$ se representan los promedios de subgrupos, es decir, promedios muestrales. No debe confundirse la desviación Standard del proceso con la desviación Standard de los promedios muestrales. Si la desviación Standard del proceso es **s** y cada subgrupo tiene m mediciones, la desviación Standard entre subgrupos es:

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{m}$$

Si se utiliza por error la desviación Standard entre subgrupos para calcular los coeficientes de capacidad del proceso, se obtendrán

valores más altos que los que corresponden a la verdadera capacidad del proceso. [13]

ESTUDIO r y R

Un estudio ryR esta conformado por la repetibilidad y reproducibilidad de los datos que se hayan medidos.

Repetibilidad de los resultados de las mediciones

Cercanía entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud por medir, efectuadas en las mismas condiciones de medición.

Notas.

1. Estas condiciones se llaman condiciones de repetibilidad.
2. Las condiciones de repetibilidad incluyen: El mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición utilizado en las mismas condiciones, el mismo lugar y repetición dentro de un período de tiempo corto.
3. La repetibilidad se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de dispersión de los resultados.

Reproducibilidad de los resultados de mediciones

Cercanía entre los resultados de las mediciones de la misma magnitud por medir, efectuada bajo condiciones de medición diferentes.

Notas:

1. Para que una expresión de la reproducibilidad sea válida, es necesario especificar las condiciones que cambian.
2. Las condiciones que cambian pueden ser entre otras: El principio de medición, el método de medición, el observador, el instrumento de medición, el patrón de referencia, el lugar, las condiciones de uso y el tiempo.
3. La reproducibilidad se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de dispersión de los resultados.
4. Los resultados considerados aquí son generalmente los resultados corregidos. [14]

APLICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE r&R

En metrología las aplicaciones de los estudios de repetibilidad y reproducibilidad encuentran aplicación en los procesos de

evaluación, validación y análisis de las mediciones, estas aplicaciones son entre otras:

- Evaluación de ensayos de aptitud
- Validación de métodos de calibración,
- Análisis de comparaciones inter-laboratorio,
- Evaluación de la incertidumbre de medición
- Evaluación de cartas de control,
- Conocer la variabilidad de mediciones e instrumentos (GRR según MSA),
- Evaluación de la deriva (estabilidad) de instrumentos [14]

ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

La repetibilidad puede ser expresada cuantitativamente en términos de la dispersión característica de los resultados. En la Figura 1 se muestra el concepto de repetibilidad.

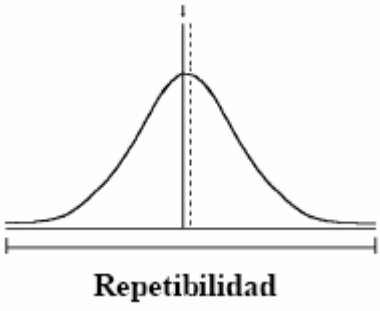


Figura 2.6 Representación gráfica del concepto de repetibilidad

Teniendo en cuenta que la reproducibilidad es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando bajo condiciones de medición que cambian, ésta se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de la dispersión de los resultados; en la Figura 2 se observa una representación gráfica del concepto de reproducibilidad. [14]

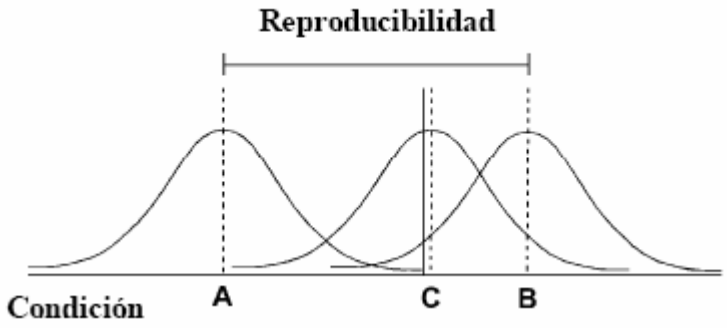


Figura 2.7 Representación gráfica del concepto de reproducibilidad(2)

MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL r&R

Los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones están basados en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya sea en forma de rango o su representación como varianzas o desviaciones estándar. Los métodos que se utilizan son: Rango, Promedio y Rango, y ANOVA (análisis de varianza) [14]

ANOVA (análisis de varianza)

Las ventajas de la técnica de ANOVA comparada con el método de *Promedio y Rango* son:

Es posible manejar cualquier arreglo o estructura experimental,

Es posible estimar las varianzas más exactamente,

Se obtiene mayor información de los datos experimentales,

Permite conocer la interacción entre la repetibilidad y la reproducibilidad. [14]

CRÍTERIO DE DECISIÓN DEL METODO ANOVA

- Si %R & R < 10% el sistema de medición es aceptable.
- Si 10% ≤ %R & R < 30% el sistema de medición puede ser aceptable según su uso, aplicación, costo del instrumento de medición, costo de reparación.
- Si %R & R > 30% el sistema de medición es considerado como no aceptable y requiere de mejoras en cuanto al operador, equipo, método, condiciones, etc. [13]