

323817



Universidad Anáhuac
del Sur

UNIVERSIDAD ANAHUAC DEL SUR

6

CON RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL DE ESTUDIOS DE LA
SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA, SEGUN ACUERDO No. 901004
DE FECHA 21 DE SEPTIEMBRE DE 1990

Zij

ESCUELA DE
INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

T E S I S

"MEDICION, EVALUACION Y CONTROL DE LA
PRODUCTIVIDAD EN PLANTA EN LA INDUSTRIA
ALIMENTICIA"

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA
AREA INDUSTRIAL

PRESENTA:

LUIS MIGUEL PANIAGUA MEJIA

DIRECTOR DE TESIS:

M. en S. RICARDO SKERTCHLY MOLINA

MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Dios, por darme la oportunidad de existir y poder ayudar día a día a mi país.

A mis padres, Humberto y Sonia por todo el amor y comprensión que me han dado y el ejemplo de humildad y lucha que en ustedes he podido constatar. Se los agradezco infinitamente.

A mis hermanos, Humberto y Ale, por todo el apoyo ofrecido en mi vida.

A mis abuelos, Margarita, Miguel, Sonia y Panchito, por su amor y esos sabios consejos que acostumbran dar.

A mis tíos que han estado en momentos en los que los he necesitado.

A Betty por todo el amor que me ha demostrado y por apoyarme en todo momento.

A mis amigos: Jaime, Pepe, Luis, Xuma y Emilio por su amistad incondicional.

A la Universidad Anáhuac del Sur y sus profesores cuyos consejos han ayudado a mi formación académica. Muy especialmente al M en S Ricardo Skerichly M, al M en C Vicente Rivera M y al Dr. Victor Hugo Del Valle M por su orientación a lo largo de la carrera.

Finalmente, dedico este trabajo a dos buenos amigos de la compañía Herdez al CP Ernesto Ramos y al Ing Gerardo Wastenes por la ayuda brindada para la elaboración del mismo.

INDICE

Introducción

1. Antecedentes generales del problema.....	5
1.1 Historia de la estructura industrial de México.....	6
1.2 Desarrollo de la planta productiva.....	11
1.3 Tipos de control implantados.....	13
2. ¿Qué es la productividad?.....	18
2.1 Definición.....	18
2.2 Función fundamental.....	20
2.3 Medición de la productividad.....	34
3. Evaluación mediante índices de productividad.....	41
3.1 Definición de un índice.....	44
3.2 Construcción de índices.....	52
3.3 Tipos de índices usados en planta.....	54
3.3.1 Productividad por línea.....	56
3.3.2 Productividad en mano de obra.....	57
3.3.3 Productividad en materia prima.....	58
3.3.4 Productividad en material de empaque.....	59
3.3.5 Análisis de desperdicios.....	61
3.3.6 Análisis de tiempos muertos.....	62

3.3.7 Análisis de rentabilidad.....	62
3.3.8 Análisis de coberturas.....	63
3.3.9 Exactitud de inventarios.....	64
3.4 Evaluación.....	65
4. Control de la productividad.....	68
4.1 Parámetros de control.....	68
4.2 Pronósticos.....	72
5. Caso práctico.....	77
5.1 Desarrollo.....	80
Conclusiones.....	95
Anexos.....	99
Bibliografía.....	119

INTRODUCCION.

Desde un punto de vista histórico, difícilmente puede ignorarse el considerable desarrollo alcanzado por las fuerzas productivas en el mundo contemporáneo. Este desarrollo se acentuó a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, al tener lugar una compleja interacción de acontecimientos que provocó lo que ahora conocemos como revolución Industrial. En Inglaterra, a partir de 1760, las manufacturas cobran cada vez mayor importancia, fenómeno al cual se asociaron cambios económicos, tecnológicos y sociales que continúan hasta nuestros días.

El aumento de la productividad es consecuencia de un complejo proceso social compuesto por la mayor acumulación de capital, el desarrollo de la ciencia, la tecnología con su aplicación a los procesos productivos, el proceso de educación y capacitación de la fuerza de trabajo, el diseño y aplicación de nuevos sistemas de dirección, el desarrollo de las organizaciones de trabajadores y obreros. El crecimiento de la productividad constituye el resultado de la intensidad con la que fluyen estos factores.

Los factores determinantes de la productividad actúan con diferente intensidad, dependiendo del tipo de industria de que se trate. Los resultados en este campo muestran una asombrosa regularidad, lo cual nos permite abordar una reflexión teórica que, trascendiendo los resultados mismos, nos lleve a un cierto grado de generalización en las conclusiones, acerca de la relación que existe entre la productividad y la industrialización de países en desarrollo.

El esfuerzo de una nación por mejorar su productividad debe comenzar con las unidades económicas básicas, a saber, las organizaciones de manufactura y servicios.

Para manejar la productividad en el verdadero sentido de la palabra, deben reconocerse tres etapas formales: **medición, evaluación y control**. Estas tres etapas constituyen un proceso continuo de productividad, el ciclo de productividad. Una vez medido el nivel de productividad de una organización en el periodo actual, debe compararse con el nivel establecido como meta en el periodo anterior. Con base en esta evaluación, se debe planear un nuevo nivel de productividad como meta para el periodo siguiente. Por último, según la naturaleza y el nivel de la meta de productividad que se planeó, debe llevarse a cabo un mejoramiento en el periodo que sigue. Para determinar si de hecho se alcanzó el nivel planeado, se debe medir la productividad de nuevo en el siguiente periodo. El proceso cíclico completo se repite mientras la organización maneje formalmente su nivel de productividad.

La economía mexicana, al atravesar por un proceso de modernización en todos los sectores productivos del país, ha adoptado los conceptos de calidad y productividad como objetivos, son también los retos en la reproducción del trabajo para contribuir en el desarrollo del crecimiento económico, que se ha orientado por la liberización del comercio y que se ha complementado con la firma del Tratado de Libre Comercio y el desarrollo de la economía global.

Para lograr dicho crecimiento, las estrategias económicas que el gobierno ha adoptado, modificaron las relaciones de trabajo y han permeado la vida cotidiana, tanto, que el gobierno como los sectores productivos realizan esfuerzos encaminados a incrementar los niveles de producción, así como una cultura nacional de la calidad y la productividad.

La época en que las empresas basaban sus decisiones en métodos empíricos, ya se acabó, antes no era tan relevante el poder dirigir a la empresa sin tener un buen sistema de medición de la productividad, ahora se debe de manejar a las empresas con mayor capacidad analítica y sobre todo con más control, si a esto se le agrega un enfoque objetivo de medición, seguramente la empresa en cuestión marchará en orden y en la directriz previamente establecida.

Esta tesis pretende lograr que el lector pueda entender la gran ayuda que la medición, evaluación y control de la productividad conceden a la empresa, así como desarrollar un método eficiente para llegar a cumplir los objetivos de producción de la misma.

Por esto, es necesario estudiar de manera somera los antecedentes desarrollados tanto en México como en otros países; una vez analizado el desarrollo de los estudios de productividad se tendrá la pauta para decidir los diversos índices de control con el propósito de avanzar hacia la eficiencia total de cualquier organismo funcional o empresa.

CAPITULO 1

CAPITULO 1

ANTECEDENTES GENERALES DEL PROBLEMA

En la manufactura mexicana coexisten industrias de pequeñas dimensiones con establecimientos de gran tamaño.

Se clasifican de la siguiente manera:

a) Industria artesanal: Incluye todos los establecimientos que emplean sólo trabajadores no remunerados y aquellos que ocupan hasta cinco trabajadores remunerados.

b) Pequeña Industria: Incluye a aquellos establecimientos que emplean entre seis y cien trabajadores remunerados.

c) Mediana Industria: Incluye a aquellos establecimientos que emplean entre cien y quinientos trabajadores remunerados.

d) Gran Industria: Incluye a aquellos establecimientos que emplean más de quinientos trabajadores remunerados.

Las diferencias en el tamaño de los establecimientos están relacionadas con diferencias en tecnología en la mayor parte de las empresas.

1.1 HISTORIA DE LA ESTRUCTURA INDUSTRIAL DE MEXICO.

La industrialización de México se aceleró a partir de la segunda Guerra Mundial. De 1940 a 1946, las dificultades para importar productos industriales proporcionaron a las manufacturas domésticas la oportunidad de abastecer el comercio interno.

Al mismo tiempo, se conquistaron algunos mercados de exportación, especialmente de productos textiles. En ese periodo se presentaron también obstáculos a la importación de maquinaria, dada su escasa disponibilidad en los mercados internacionales a causa de la guerra, lo que significó en la práctica dificultades para elevar la inversión industrial en el país.

La situación cambió radicalmente al concluir la contienda. El aumento de la competencia en los mercados de exportación y el paulatino incremento en las importaciones, principalmente en equipos para la industria, agotaron las reservas de divisas acumuladas en años anteriores. Para lograr equilibrio en la balanza de pagos, la moneda se devaluó en 1948, 1949 y 1954.

Hasta 1960 el desarrollo industrial se dirigió principalmente a sustituir la importación de bienes de consumo perecedero. A principios de esa década el gobierno fomentó los programas de integración de algunas industrias, principalmente de la automotriz.¹

¹ Los programas de integración consistieron en obligar a las empresas a elevar la proporción de los costos de origen nacional respecto a sus costos totales.

Como consecuencia de la política de industrialización adoptada, el país registró elevadas tasas de crecimiento del producto industrial: 6.6% entre 1950 y 1960; 9.9% entre 1960 y 1965 y cerca del 13% entre 1965 y 1970.

A partir del inicio de la década de los setenta, el modelo de desarrollo industrial comenzó a mostrar una paulatina desaceleración en su crecimiento, caracterizándose entre 1970 y 1978 por periodos de recesión seguido por expansiones de corta duración: únicamente en 1972 y 1973 se registraron tasas de crecimiento del PIB industrial superiores al 8% (Informes de Banco de México), en los demás años tal crecimiento no superó el 4% (ver anexo cuadro I).

El relativo estancamiento manufacturero registrado en la década pasada fue consecuencia del modelo de desarrollo adoptado por el país.

La industria dependió así de la disponibilidad de divisas generadas por otros sectores.

Sin embargo, a partir de 1965 se observa un estancamiento en la producción agropecuaria que provoca una disminución de sus exportaciones; a partir de principios de la década de los setenta, el país tiene que recurrir a importaciones cada vez mayores de productos básicos.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESTRUCTURA INDUSTRIAL.

Para 1975, la industria mexicana presentaba una estructura diferente a la que prevalecía en 1950. La importancia de la producción de bienes de consumo final² decreció del 71% del valor agregado del sector a solamente el 47%.

Dentro de la producción de bienes de consumo final, la participación de cada actividad declinó en términos relativos; las reducciones más importantes se observan en la industria alimenticia, textiles, ropa y calzado.

Aun cuando su participación combinada decreció durante este período, para 1975 estas tres industrias aportaban 34,5% del valor agregado del sector industrial.

El cambio en la estructura industrial de México siguió de cerca lo previsto por algunas teorías de la industrialización, las cuales enfatizan el paso de industrias productoras de bienes de consumo básicos a industrias que incluyen en su producción una mezcla de productos intermedios y bienes de consumo modernos, equipo y maquinaria.

La transformación de la estructura industrial es consecuencia de efectos provenientes de cambios en la oferta y la demanda. Por el lado de la oferta, el proceso del aprendizaje capacitó gradualmente al país a

² Incluye los siguientes grupos industriales (a nivel de dos dígitos): alimenticia, bebidas, tabaco, textiles, ropa y calzado, madera, muebles, imprenta, cuero e industrias diversas.

introducir nuevas industrias y productos que emplean tecnología más complicada y métodos de producción más intensivos en capital.

La primera etapa del proceso se orientó hacia la sustitución de importaciones de bienes de consumo no durables. Una vez que la sustitución de importaciones en estas industrias comienza a agotarse, tiende a reducirse su tasa de crecimiento, dada la baja elasticidad-ingreso de la demanda de estos productos.

Varios intentos se han llevado a cabo por comparar la estructura de la industria mexicana con la prevaleciente en otros países.

En un estudio de NAFINSA-CEPAL (1971) se evalúa la estructura industrial de México usando el patrón de crecimiento industrial sugerido por Chenery y Taylor (1968). El cuadro II (ver anexo cuadro II) muestra la distribución industrial esperada y la real del sector fabril mexicano en 1967.

Para 1975, la estructura industrial del país mostraba una mayor participación de industrias dinámicas y una mayor diversificación que en las décadas anteriores.³ Otro elemento que interviene en la explicación de la estructura industrial es el relacionado con el avance tecnológico. En este punto como en el caso de protección efectiva, los problemas conceptuales y prácticos son complicados. El progreso técnico ha sido

³ Una manera de medir el grado de concentración o dispersión de la estructura industrial es mediante la llamada medida de entropía.

definido y medido usando el conocido concepto de la función de producción.

Dada una función de producción lineal y homogénea, y estableciendo algunos supuestos sobre el comportamiento de los mercados de productos y factores (por ejemplo el de que los factores retribuyen de acuerdo a su productividad marginal, que existen rendimientos constantes a escala y que el cambio tecnológico es neutral), el progreso técnico se identifica con el desplazamiento de la función de producción.⁴

Durante la década de los ochentas, la industria mexicana abre fronteras y desarrolla un modelo de apertura comercial, el cual es acompañado de un cambio estructural. Este cambio va desde la forma de producción hasta el proceso administrativo, se acrecentan las posibilidades de intercambio y las empresas mexicanas buscan elevar los índices de productividad que tenían.

Desafortunadamente este cambio ha costado mucho más esfuerzo de lo que se pensaba, la industria se encontró en algunos casos con un mundo (léase comercio internacional) sumamente preparado y tremendamente eficiente.

Para finales de los 80's, las empresas tienen un cambio radical en sus estructuras, comienzan con echar un vistazo dentro de su empresa para

⁴ Estos enfoques sobre la medición de los cambios tecnológicos descansan sobre la posibilidad de medir una manera significativa tanto el producto como los insumos.

luego realizar una autocrítica dentro de su desempeño, en comparación con la forma de hacer negocios de la competencia. Hoy día, ha sido de vital importancia el desarrollo de la tecnología de la Información. Esto ha hecho que las empresas tengan una mayor cohesión con el contorno estructural del cual dependen.

1.2 DESARROLLO DE LA PLANTA PRODUCTIVA.

Durante la época de los setentas, el sector industrial se encuentra con una caída en su desarrollo, es el momento en que realmente se busca la forma de expandir la planta productiva.

Esto dio como resultado el desarrollo de diversos métodos de producción.

En la industria alimenticia se contaba con un proceso productivo relativamente lento, se dependía demasiado de los proveedores, es decir, se tenían cuellos de botella en entregas; en el caso de México, el problema fundamental era el atraso tecnológico que se tenía, mientras que en otros países se utilizaban políticas como el "**justo a tiempo**" o Just In time (posteriormente se ahondará en el tema), aquí en México se seguían políticas basadas en un proteccionismo total, que daban como resultado una ineficiencia operacional costosa.

Se menciona "costosa" debido a la alta carga presupuestal que conllevan: los insumos, el inventario, los desperdicios, etc.

Todos estos problemas hicieron ver la necesidad de un cambio real y un estudio conciso en lo referente a la investigación industrial, sobre todo, con el fin de tener controlada la productividad.

DIAGRAMAS DE PLANTA.

Se observa, como en el diagrama 1 (ver anexo) se desarrollaban varios procesos conjuntos, esto ocasionaba problemas por tiempo en colas.

No se contaba con líneas automatizadas, por lo tanto se carecía de un método de control de producto terminado eficiente, se tenían diversos problemas en el momento de realizar los reportes de fin de turno lo cual incidía en un control ineficiente de lo acontecido en planta.

Con el paso del tiempo y debido a la mejora tecnológica establecida se observa el cambio de estructura en la línea de producción (diagrama 2), se denotan varios avances:

- Mayor velocidad en línea.
- Mejora en la organización del proceso.
- Mejora para el desarrollo de ruteo operacional.
- Mayor control en línea.
- Mejora para detección de problemas.

A continuación se mencionarán los tipos de control de productividad implantados a lo largo del tiempo.

1.3 TIPOS DE CONTROL IMPLANTADOS.

Hasta ahora hemos mencionado la manera global del comportamiento de la planta industrial mexicana durante más de 2 décadas, a continuación haremos un bosquejo general dentro de la industria alimenticia, de la forma en que se trabajaba para obtener un mejor control.

Dentro de la industria alimenticia se hacían controles muy ambiguos, eran realizados por el departamento de Ingeniería de planta , éste era el encargado de reportar a las demás áreas acerca del funcionamiento de la operatividad de la planta.

Se usaban los siguientes parámetros:

- Análisis de métodos.
- Análisis de operaciones.

Estos parámetros coadyuvaban a las decisiones posteriores del desarrollo productivo de la planta; a continuación se describen brevemente estos conceptos.

a) METODOS.- Se empleaba para diseñar el centro de trabajo, ayudaba a tener la información clara y lógica relacionada con el proceso. Era realizado bajo la premisa del tiempo, el análisis de métodos contaba con alto grado de confiabilidad.

La manera de seguir el rastreo de los productos en el proceso, era medido por diagramas de operación, mediante el diagrama del proceso se buscaba observar los problemas reales y la cuestión era: ¿Cómo solucionar el problema?⁵

b) OPERACIONES.- Se basa en 10 enfoques:

- Finalidad de la operación.
- Diseño del producto.
- Especificaciones.
- Materiales.
- Proceso de manufactura.
- Preparación.
- Condiciones de trabajo.
- Manejo de materiales.
- Distribución del equipo en planta.
- Movimientos.

Una cantidad excesiva de trabajo innecesario se efectúa en la actualidad. En otros casos el trabajo necesario no se puede simplificar, sino que se debe eliminar por completo. Si un trabajo se puede suprimir, no hay razón para gastar dinero en la implantación de éste.

⁵Por desgracia era demasiado tarde para prevenir el problema, debido a que éste ya había sucedido.

El progreso de los sistemas de control computarizados en la actualidad pueden reducir la generación de formas o medios de trámite administrativos con formato impreso.

En definitiva, la mejor manera para simplificar una operación consiste en idear alguna forma de conseguir iguales o mejores resultados sin ningún costo en absoluto, aunque ésta afirmación es bastante difícil de llevar a la práctica hoy día.

Por otro lado, se ha observado que la aplicación de este tipo de parámetros traen consigo varios problemas de índole meramente operativo, como son:

La información carece de exactitud, no es oportuna debido al retraso del tiempo de desarrollo de la tarea, la evaluación y presentación de los diversos reportes de productividad son tardadas, esto es, en numerosas ocasiones se entregaban los reportes de productividad casi un mes después de lo que se requería; ocasionando así que no se tuviera la posibilidad de prevenir y replantear la producción. Definitivamente este tipo de reportes solo hacían que se pensara que el problema era el departamento de producción, además era notorio que carecían de credibilidad y confiabilidad.

Pero esto no es todo, se manejaban reportes globales dentro de la planta, dando como resultado reportes poco concretos lo que indicaba la dificultad de analizarlos.

Con el paso del tiempo se fue desarrollando más y más la tecnología, esto hacía ver la importancia del cambio sobre todo para poder acceder la información a tiempo; este es el momento en que se empezaron a implantar sistemas coherentes e integrados de información y control en todas las áreas de los negocios.

A nivel tecnológico se conoce que estas industrias trabajan en ambiente **CIM** o manufactura integrada por computadora (**Computer Integrated Manufacturing**).

En nuestros días, las empresas que pueden auxiliarse de un sistema CIM, pueden cubrir sus metas y objetivos más rápido y con mayor control, (ver anexo cuadro 3).

Esto no quiere decir que todas aquellas empresas que no tengan la posibilidad de manejar este tipo de programas, estén destinadas a morir, lo que sucede es que, es una herramienta sumamente poderosa y que en definitiva da la pauta para optimar el aparato productivo de la empresa.

En resumen, los tipos de control implantados son el modelo para observar lo productivo de la empresa, es decir, por medio de un mejor control, existe mayor certeza de que se realicen bien todas y cada una de las operaciones necesarias para el proceso de fabricación.

CAPITULO 2

CAPITULO 2

¿QUE ES LA PRODUCTIVIDAD?

2.1 DEFINICION.

Con frecuencia pareciera que el término "productividad" se usa para promover un producto o servicio, como si fuera una herramienta de comercialización. Todo esto no está mal, pero parece existir una gran confusión y vaguedad sobre su significado. Vale la siguiente pregunta, ¿en dónde se originó esta palabra?

En este sentido, tenemos que Litre en el año de 1833 menciona que es la "facultad de producir", es decir, el deseo de producir.

Pero no es hasta 1950, cuando la Organización para la Cooperación Económica Europea (OCEE) ofrece una definición más formal de productividad: **"Productividad es el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de producción"**. De esta forma es posible hablar de la productividad del capital, de la Inversión o de la materia prima según si lo que se produjo se toma en cuenta respecto al capital, a la Inversión o a la cantidad de materia prima, etc.

En 1978 Mall relaciona los términos productividad, efectividad y eficiencia, dando como resultado lo siguiente:

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{producción obtenida}}{\text{insumo gastado}} = \frac{\text{efectividad}}{\text{eficiencia}}$$

Sabemos que la definición del término productividad varía ligeramente según quién la dé: un economista, un contador, un administrador, un político, un líder sindical o un ingeniero industrial. Sin embargo, si se examinan las distintas definiciones e interpretaciones del término, parece que surgen tres tipos básicos de productividad.

a) Productividad parcial.

La productividad parcial es la razón entre la cantidad producida y un solo tipo de insumo. Por ejemplo, la productividad del trabajo (el cociente de la producción entre la mano de obra) es una medida de productividad parcial. De manera parecida, la productividad del capital (el cociente de la producción entre el insumo de capital) y la productividad de materiales (el cociente de la producción entre el insumo de materias primas) son ejemplos de productividades parciales.

b) Productividad de factor total.

La productividad de factor total es la razón de la producción neta con la suma asociada a los (factores de) insumos de mano de obra y capital. Por "producción neta" se entiende producción total menos servicios y bienes intermedios comprados. Nótese que el denominador de este cociente se compone sólo de los factores de insumo de capital y trabajo.

c) Productividad total.

La productividad total es la razón entre la producción total y la suma de todos los factores de insumo. Así, la medida de productividad total refleja el impacto conjunto de todos los insumos al fabricar los productos.

En todas las definiciones anteriores, tanto la producción como los insumos se expresan en términos "reales" o "físicos".

2.2 FUNCION FUNDAMENTAL.

En términos generales la productividad es la relación entre insumos y productos. Por ejemplo, en este sentido se considera como insumos el trabajo, esto es, el total de las horas trabajadas en el sector privado, medido por áreas y niveles salariales; sin embargo, este concepto demasiado genérico no puede ser aplicado a nivel de empresa.

Observemos pues, con un enfoque más concreto, cómo podemos acercarnos más a la productividad.

El sistema japonés de producción basa su éxito en dos grandes conceptos:⁶

⁶ Cabe mencionar a Japón como ejemplo, debido al repunte económico que ha demostrado a partir de la postguerra.

* El concepto **JIT** (Just in Time), justo a tiempo, esto es que, para ser productivo, todas las actividades deben cumplirse y realizarse al momento justo, de tal manera que no se perjudique la secuencia del trabajo, para lo cual deberá, en principio, simplificarse la administración del trabajo en todos sus aspectos.

* El concepto **TQC** (Total Quality Control), control total de la calidad, esto es, la respuesta idónea en términos de satisfacción de necesidades y requerimientos del consumidor, a través de una excelencia en la producción y en el servicio, cumpliendo con las normas técnicas de calidad.

Ambos conceptos se sobreponen de tal manera hasta conformar un todo integrado que abarca un espacio mayor de actuación, que comprende desde el proveedor hasta el consumidor.

Proveedor-----Empresa-----Consumidor

I

JIT/TQC

El nuevo alcance de la productividad abarca los siguientes conceptos:

- Incrementar la calidad como consecuencia de una concientización individual y grupal, sobre una mayor dedicación y responsabilidad.
- Considerar el circuito de producción global desde el proveedor, pasando por el taller, hasta el consumidor y su respectiva retroalimentación.

- Recibir, producir y entregar los artículos o el servicio justo a tiempo y en condiciones óptimas de calidad.
- Manejar los subensambles, los materiales y los procesos diversos de fabricación a tiempo, para permitir una tarea de conjunto de carácter permanente, evitando acumular costos inproductivos.
- Producir menos, pero justo a tiempo y con excelente calidad.

También se pueden observar relaciones de productividad básicas.

PRODUCTIVIDAD Y UTILIDAD.

Al respecto, se consideran tres situaciones:

A > productividad > utilidad: debería ser la situación normal.

A > productividad < utilidad: refleja > tecnología y avance por un lado, y por otro, mercado de consumo reducido; en este caso, la ganancia en la productividad comprende la disminución de la utilidad, lo que permite a la empresa seguir manteniéndose en el mercado y la competencia.

A < productividad > utilidad: esta situación es muy peligrosa; los recursos no se utilizan bien y la mala calidad se transmite al consumidor. El éxito en las ventas es temporal, volviéndose vulnerable a la competencia; esto se hizo presente en nuestro país, por ejemplo en los años ochentas cuando se "vendía caro y malo".

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD.

Una parte esencial de la productividad es la calidad. El término calidad significa en el lenguaje común "lo mejor". A nivel de actividades productivas puede definirse como el grado en el cual un producto o servicio se ajusta a las especificaciones del diseño y a los estándares predeterminados, relacionados con las características que demanda el mercado, su rendimiento de acuerdo con el diseño y su valor de acuerdo con las necesidades y deseos del consumidor.

Esta definición permite medir la calidad desde el punto de vista de una clasificación dicotómica (binaria), esto es, bueno o malo, aceptable o inaceptable, o bien desde el punto de vista de una característica continua, a través de la variación en escalas de medición.

La calidad también se puede medir en términos de atributos funcionales o estéticos (una válvula obstruida afecta el funcionamiento del automóvil; la mala pintura su imagen, etc.).

La calidad se puede medir a través de ciertos atributos, tales como temperatura, dureza, etc., para lo cual se establecen estándares en términos de dichas mediciones. Finalmente, puede añadirse la puntualidad a la calidad como otra característica de ésta.

En los últimos años se han manejado ciertos conceptos sobre calidad: en varias industrias como en la aeroespacial, desde hace 25 años aproximadamente, se viene aplicando en EU el concepto "Cero Defectos"

(CD), lo que se intenta obligar a entender que la calidad es responsabilidad de todos. Otro concepto igualmente importante es el de "Círculos de Control de Calidad", o grupo de trabajadores constituido formalmente para tratar acerca del mejoramiento de la calidad. El tercer y actual concepto sobre calidad es el TQC, o Control Total de Calidad, cuyo alcance va mas allá de los dos conceptos anteriores.

Felgenbaum (1961) afirma que: "La obligación de verificar la calidad recae en quienes hacen las partes; en el TQC, la responsabilidad de la calidad recae en los que hacen las partes". La diferencia está en que a nivel de trabajador la primera (obligación de verificar) significa una actitud obligada que obedece a una estrategia defensiva, en tanto que en la segunda (responsabilidad) significa una actitud consciente que obedece a una estrategia ofensiva.

Ello conduce a pensar en reajustar e incidir de manera preferente sobre la producción, reasignando el control de la calidad al trabajador en general y no al organismo de control de calidad. Con ello se incide sobre el factor principal de producción, que debe conllevar de manera inseparable el factor calidad, con lo cual se evita el desperdicio de los "recursos escasos" -según los japoneses- y de los insumos varios (tiempo, esfuerzo, materiales, etc.), y por otro lado se incrementa el concepto de trabajo en grupo, integral y total, de todos para todos, rompiendo con el esquema egoísta de la especialización, que no se preocupa del conjunto. Según los japoneses, se debe evitar con ello el fenómeno de las tres "M" (Muri= exceso; Muda= desperdicio; Mura= irregularidad).

La interrelación JIT/TQC es la estrategia óptima de productividad japonesa de cara al mercado; el JIT, al reducir tiempos y procesos, da lugar a productos más baratos, y el TQC, concientizando al personal sobre la calidad, estimula el mejoramiento de la misma. A lo anterior debe añadirse el elemento integrado (CREVI: concientización, responsabilidad, eficacia, voluntad, integración) del factor humano.

La calidad y el justo a tiempo de los japoneses puede quedar en letra muerta o no alcanzar su cometido si no se considera la estereotipación del individuo en todos los niveles de la organización en tal sentido, a través del concepto humano CREVI. La productividad así considerada traspasa las fronteras de la organización y su alcance llega hasta el consumidor, lo que obliga a considerar ciertas tácticas de mercadeo que permitan acelerar el ciclo JIT/TQC + CREVI en el espacio proveedor-consumidor.

Existe una relación importante, que es la del mercadeo y la fijación de precios. Esta nos indica:

- a) Vender a través de grandes organizaciones especializadas en ventas y exportación para llegar al consumidor "justo a tiempo".
- b) Coordinar la interrelación del sistema productivo y comercial de las organizaciones con las actividades de ventas y de retroalimentación del distribuidor.
- c) Aceptar pequeños márgenes de utilidad en la competencia de precios a cambio de mayor aceptación de productos.

d) No sacrificar la productividad por la táctica de precios bajos, lo que permitirá obtener un incremento mayor de ventas.

Lo que conduce a pensar que la productividad y el precio se correlacionan como binomio rentable a través de la siguiente relación:

$a < P > D$ --- si E - JIT - TQC positivos, o sea,

a > productividad < precio

Esta relación de incremento en la demanda produce un enfoque colateral de igual sentido en la producción, lo que a su vez obliga al aceleramiento de la productividad JIT-TQC-CREVI, con lo que el costo de la producción baja, la calidad mejora y el precio de venta cuenta con un mejor margen para reducirlo, lo que facilita la captación del mercado al igual que el avanzar en la mejora continua de todos los productos realizados en la planta.

Análisis del nivel ocupacional.

El objetivo del análisis del nivel ocupacional es determinar las necesidades y disponibilidades de personal a los distintos niveles de la organización, y los medios para solucionar el problema de desequilibrio entre la cantidad de cargas de trabajo y la mano de obra existentes.

El trabajo y la ocupación son dos conceptos íntimamente ligados por razones de consecución de un objeto final. El trabajo como conjunto de tareas justifica el empleo de un trabajador para realizarlas; de esta dependencia nace el empleo, que a nivel general determina la ocupación.

Los países que tienen una alta tasa de crecimiento y nivel de productividad del trabajo tienden a exhibir un nivel de vida alto. Por ejemplo, en Estados Unidos, en términos absolutos, el nivel de productividad del trabajo todavía sobresale como el más alto del mundo. Esto se ha manifestado de distintas maneras incluyendo un costo de vida relativamente bajo (Sumanth, 1990).⁷

El nivel del empleo y la productividad del trabajo tienen una relación que con frecuencia se entiende e interpreta en forma errónea.

De alguna manera, aún hoy en día, después de varias décadas de práctica de la ingeniería industrial, existe el concepto equivocado de que las mejoras en la productividad llevan al despido de trabajadores. Las compañías bien administradas en cualquier parte del mundo siempre han asegurado el empleo de sus trabajadores simplemente no contratando y/o dejando que el tiempo se encargue de la situación. A la larga muchas si no la mayor parte de las empresas de hecho aumentan sus niveles de empleo debido al aumento en la demanda de productos y/o la

⁷ Datos manejados por el gobierno de Estados Unidos.

diversificación de los mismos como resultado de mejoras en la productividad.

McKee (1979) hace notar que, por ejemplo, si con una tasa de crecimiento de la productividad del trabajo de 2% (como en 1978) la tasa de desempleo era de 5.7%, al duplicar la tasa de crecimiento de la productividad a 4.0% se reduciría la tasa de desempleo a 1.0% en Estados Unidos.

En Gran Bretaña, las 10 industrias que aumentaron su productividad (del trabajo) más rápido en los últimos 15 años, incrementaron sus niveles de empleo en un 25%. En Estados Unidos, las industrias con alta tecnología aumentaron su productividad al doble que las de baja tecnología, y expandieron su nivel de empleo nueve veces más.

Muchos empleados y líderes sindicales comienzan a entender la importancia del crecimiento de la productividad. Más organizaciones deberían hacer hincapié en que la productividad no puede ser un aspecto negativo para los empleados dado que conduce a la seguridad del trabajo.

Es posible entonces que los sindicatos acepten una mayor cooperación con los administradores cuando se convenzan de las intenciones sinceras de éstos con respecto al mejoramiento de la productividad.

PRODUCTIVIDAD CONTRA INFLACION.

Es cierto que el aumento en las tasas de inflación en una economía deben explicarse por medio del efecto conjunto de varios factores. Esto se debe a que la inflación en el precio de bienes y servicios es resultado del aumento excesivo en el precio de venta de productos o servicios. Tales aumentos se deben en gran parte a la intención de los administradores de alcanzar sus metas en las ganancias por ventas, aun cuando signifique aumentar el precio de venta para mantener los márgenes de utilidades. También, como el camino que opone menos resistencia es el repercutir el aumento del costo de los insumos en el consumidor, muchas compañías se atienen a esa estrategia en lugar de aumentar de manera consistente la productividad total, práctica que de hecho puede reducir el costo total de manufactura y no sólo mantenerlo.

"La fuerza más apremiante que poseemos para mejorar nuestro nivel de vida y al mismo tiempo combatir la inflación puede muy bien ser: el aumento de la productividad".⁸

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD.

Las causas del problema de la baja productividad industrial han sido estudiadas en investigaciones a nivel nacional. Como ésta es un área "relativamente" nueva, no se dispone de un material consistente y exacto de información. El tema es complejo, las diferencias en los puntos de vista y

⁸ Comentario realizado por Willard Butcher director del Chase Manhattan Bank en 1979.

las hipótesis incluidas en los modelos, así como las diferencias en las preguntas que los investigadores se han planteado. A pesar de todo esto, vale la pena presentar algunas de las razones que citan con más frecuencia.

Aquellos países que están experimentando la misma situación (o similar) en la productividad, o bien que predicen una tendencia parecida, se puede beneficiar de la experiencia de Estados Unidos, Japón o Alemania.

Los factores que se presentan a continuación han sido estudiados por varias organizaciones e investigadores.

Inversión.

Parece existir una fuerte correlación entre la inversión y el mejoramiento de la tasa de productividad.

El aumento en la inversión de capital da por resultado un aumento en la productividad, lo que a su vez crea un mayor porcentaje de mercado captado, una tasa baja de introducción de productos, alta capacidad de utilización, etc.

Bueno, esto hablando en general ya que es en la mayoría de los casos en los que se cumple el supuesto.

Razón capital/trabajo.

El retraso en la productividad del trabajo hace más pronunciado el problema, en la industria alimenticia se ve truncado en ocasiones el avance productivo y no se justifica el monto invertido.

Investigación y desarrollo.

Se dice que la mayor parte de la Investigación y desarrollo está enfocada al desarrollo de productos y a resolver los problemas del ambiente más que al mejoramiento de la productividad (Industrial research and development, 1981). Sin embargo, pocas veces subestima la importancia que tiene aumentar los niveles actuales del gasto dedicado a investigación y desarrollo.

Utilización de la capacidad.

La utilización de la capacidad y la productividad del trabajo están muy ligadas, sobre todo cuando se realizan cálculos proyectados o planeaciones estratégicas en empresas que busquen mejoras.

Reglamentación del gobierno.

En México se observa que esta relación toma caminos difíciles en el momento de hacer reformas por parte del gobierno, lo cual, por lo general hace que la productividad descienda.

Cualquier intento de reglamentación excesiva causará retrasos e incertidumbre y por lo general se distraerá dinero que se puede invertir en desarrollo para la planta.

La vida de la planta y el equipo.

Existe una relación directa en estos elementos, cuando se desarrolla la productividad, es necesario considerar la vida de la planta y el equipo ya que de no hacerlo se tendrán paros innecesarios que costarán más de lo que puede costar un análisis correcto de éstos.

Costos de energía.

En relación a los costos fijos de la empresa, se ven incrementados con diferentes tasas y en cierto periodo de tiempo debido a la relación directa que se tiene entre los insumos de energía y la producción.

Ética del trabajo.

Se observa cómo mejorar dentro del contexto ético usual, es decir generalmente se paga más de lo trabajado.

Desde 1965, el Instituto de Investigaciones Sociales de la University of Michigan ha pedido a la gente que estime el tiempo que pasa trabajando. De acuerdo con Thomas Juster, el director del instituto: "El número real de horas es siempre menor que las horas que se les pagan...La diferencia entre las horas trabajadas y las horas reportadas se hace cada vez mayor:

en 1965 había sólo un 5% de disparidad, pero en 1975 ya se había elevado al 15%"(Newsweek, 1980).⁹

Aunque muchos han afirmado que la ética protestante sobre el trabajo ha perdido gran parte de su influencia original, otros no están de acuerdo con tal punto de vista.

Influencia sindical.

¿Han sido responsables los sindicatos de la disminución en la productividad? Aun cuando sería necesaria más evidencia científica para contestar a esta pregunta, una muestra de ejecutivos de 782 empresas estadounidenses tomada por el Wall Street Journal reveló la influencia negativa de los sindicatos sobre varios factores, incluyendo la productividad:

EFECTO	EMPRESAS GRANDES (%)	EMPRESAS MEDIANAS (%)	EMPRESAS PEQUEÑAS (%)
Reducción en la productividad.	26	23	14
Reglas de trabajo inflexibles.	17	12	7
Salario y prestaciones excesivas.	15	12	19
Menor lealtad a la empresa.	13	12	5
Precios más altos.	12	10	31

Fuente: Florida Labour Update, enero 1981.

⁹ Se toman los datos referidos a Estados Unidos.

De manera muy interesante, Kohei Goshi, director del Centro de Productividad de Japón, piensa que la razón más importante del alto y continuo crecimiento de la productividad en Japón es la actitud de cooperación entre la administración y los trabajadores (U.S. News and world, 1980).

2.3 MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD.

En todo análisis del proceso de trabajo deben considerarse ciertos pasos, tales como:

- Seleccionar las tareas con base en los criterios de tiempo, de actividad, grado de riesgo y disminución de desperdicios, desde el punto de vista administrativo y de producción.

- Recopilación de información clara, abundante, precisa, según el tipo de análisis empleado, en el que se considera información de y hacia el exterior e información interna para procesos, administración, etc.

Un análisis del proceso puede presentar los siguientes problemas:

- 1) Análisis de la política de producción.

- 2) Inventario de los medios materiales.

- 3) Inventario del personal.

- 4) Estudio de las modalidades anteriores de trabajo.
- 5) Clasificación de datos.
- 6) Resumen del funcionamiento y procedimientos empleados.

De aquí se parte para desarrollar todo lo que será el estudio y análisis completo de la planta productiva para que por medio de números índice se pueda desarrollar tabuladores correctos y viables, los cuales se podrán ir manejando para optimar poco a poco el funcionamiento de la planta.

En el análisis de los niveles y evolución de la productividad es costumbre emplear como medida de ésta la productividad del trabajo, la cual representa un indicador del grado de competitividad de las distintas empresas que operan dentro de una industria dada. Diversos estudios han mostrado empíricamente la existencia de contrastes en la productividad laboral de las empresas.

Sin embargo, tales diferencias en la productividad laboral constituyen tan sólo medidas parciales de la eficiencia en el uso de los recursos, en tanto que no consideran en forma explícita la intensidad con la que se usa el capital. Para medir los contrastes en los costos unitarios se requiere de una estimación de los niveles de eficiencia con que se utilizan los factores de la producción.

Una mayor eficiencia por unidad de recursos significa un menor costo por unidad de producto. Los niveles de eficiencia son, por tanto, inversos a los niveles de costos unitarios.

El problema de la medición de las diferencias de eficiencia o productividad entre empresas deriva de una serie de obstáculos, tanto de naturaleza conceptual como de naturaleza empírica, a los cuales la bibliografía existente ha dado respuestas que no siempre han sido las más adecuadas.

Una evaluación correcta de los contrastes de productividad entre empresas requiere de un método de medición adecuado y consistente, tanto en su base teórica como en su implementación empírica. Y ello reclama de una discusión del concepto de la productividad, de las formas para medirla, y de los problemas implícitos en su cuantificación empírica.

La productividad referida a la asignación de recursos corresponde al criterio de asignar una cantidad fija de recursos entre situaciones alternativas con el propósito de maximizar la cantidad del producto o satisfacción, ya sea que el análisis se concentre en la esfera de la producción o en la del consumo. Esta es la noción del óptimo de Pareto, principio que descansa en el juicio de valor que supone que si una persona mejora su nivel de bienestar y ninguna lo ve disminuido, el bienestar social se incrementa.

La eficiencia técnica, por el contrario, se refiere a los niveles de productividad registrados dentro de la empresa. La teoría supone que la

empresa produce de acuerdo a una función de producción que genera la mayor cantidad de producto dada una cantidad de insumos. Si no logra generar el máximo producto establecido por la función de producción, ello significa que la empresa es técnicamente ineficiente.

Estas desviaciones en el proceso de maximización han recibido menos atención del que se ha dado a la eficiencia en la asignación de recursos (Walters, 1982).

Dos aportaciones independientes ayudaron a enfocar la atención de los economistas sobre los determinantes de la eficiencia técnica dentro de la empresa: la programación lineal y la teoría de la "Ineficiencia X" postulada por Leibenstein (Leibenstein, 1975).

Aunque investigaciones recientes indican que las diferencias de eficiencia técnica entre empresas pueden ser importantes, el significado de tales diferencias no es claro debido a que el concepto de productividad es confuso y ambigua su definición.

Respecto al concepto teórico, Hall y Winsten (1959) han señalado acertadamente que la definición de productividad que se adopte depende del uso al que se destinan las mediciones de ésta.

El argumento puede ilustrarse mediante una relación funcional que asocie el monto de los insumos sobre el volumen de producto. Para ilustrar este punto, confuso a primera vista, supóngase que un producto individual se produce utilizando diversos insumos, por ejemplo:

$$Q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

en donde **Q** es el producto, **x_i** (**i = 1...n**) son insumos y **f** es una relación fundamental entre insumos y producto.

En la práctica, el cálculo de las diferencias de productividad es más complicado, ya que es poco probable que todas las empresas poseen el mismo conocimiento tecnológico, es decir, es improbable que operen con la misma función de producción.

En ese caso se tendría:

$$Q_i = f_i(x_{i1}, \dots, x_{in_i})$$

donde **f_i** es la función de producción de la empresa "i". Si **f_i** es la función de producción frontera, entonces el resultado de **(Q - Q^a)** mediría los efectos de las diferencias en el conocimiento técnico, siempre y cuando no se omita ningún otro factor. Donde **Q** es la producción observada y **Q^a** la producción estimada.

Sin embargo, existen problemas adicionales cuando se intenta una medición empírica de la productividad, principalmente por el efecto que introduce la existencia de errores de medición tanto del producto como de los insumos, y aquellos otros debido a las desviaciones de corto plazo de la empresa, fuera de su posición de equilibrio a largo plazo.

Incluyendo factores funcionales se obtendría la siguiente expresión:

$$Q_i = f_i(x_i^1 \dots x_i^n \cdot U_i)$$

en la cual U_i es un error estocástico específico de la empresa "i". Si se dispone de toda la información relevante, es decir, si todos los insumos están correctamente especificados, y si se conoce la forma de la función de producción de cada empresa, entonces la mayor o menor productividad, se debe sólo a factores aleatorios.

En la mayor parte de los trabajos empíricos consultados se toman en consideración sólo unos cuantos insumos; y se desconoce con frecuencia la forma de la función de producción. En tales casos, las estimaciones de productividad son bastante gruesas, y es difícil precisar el efecto y acción de los factores no identificados, las diferencias entre los conocimientos técnicos, entre las empresas y los errores aleatorios.

CAPITULO 3

CAPITULO 3

EVALUACION MEDIANTE INDICES DE PRODUCTIVIDAD.

A continuación damos paso a la evaluación, como ya se mencionó, se tomará el enfoque de índices para evaluar la productividad en la empresa. Cuando se define un número índice como un indicador de la tendencia central de un conjunto de elementos que generalmente se expresa como porcentaje, se advierten las limitaciones de todo estadígrafo.

El uso cotidiano que se hace de este instrumento obliga a plantear previamente algunas de sus limitaciones. Es muy útil no olvidar que se trata de un indicador que pretende reflejar el comportamiento de ciertas variables en forma aproximada; en consecuencia no se trata de una medición exacta. Por otra parte es necesario establecer que un número índice plantea una comparación, ya sea en el tiempo o en el espacio, respecto de un punto de referencia denominado base del índice.

A medida que se vayan introduciendo los distintos conceptos que se refieren al conjunto de los números índice, se profundizarán estos planteamientos primarios, ya que la experiencia aconseja que se tengan ciertas reservas a medida que se avanza en este terreno, para evitar posteriormente una utilización indiscriminada y sin contar con las aludidas reservas.

Con objeto de que una empresa sepa a qué nivel de productividad debe operar, es necesario conocer a qué nivel está operando. La medida muestra la dirección de las comparaciones dentro de la empresa y dentro del sector al que pertenece.

La **medición, evaluación** y el **control** de la productividad mediante índices en una organización puede tener las siguientes ventajas (Sumanth, 1981):

1. La empresa puede evaluar la eficiencia de la conversión de sus recursos de manera que se produzcan más bienes o servicios con una cierta cantidad de recursos consumidos.
2. Se puede simplificar la planeación de recursos a través de la medición de la productividad, tanto a corto como a largo plazo.
3. Los objetivos económicos y no económicos de la organización pueden reorganizarse por prioridades a la luz de los resultados de la medición de la productividad.
4. Se pueden modificar en forma realista las metas de los niveles de productividad planeadas para el futuro, con base en los niveles actuales medidos.
5. Es posible determinar estrategias para mejorar la productividad según la diferencia que exista entre el nivel planeado y el nivel medido de la productividad.

6. La medición de la productividad puede ayudar a la comparación de los niveles de productividad entre las empresas de una categoría específica, ya sea a nivel del sector o nacional.

7. Los valores de productividad generados después de una medida pueden ser útiles en la planeación de los niveles de utilidades de una empresa.

8. La medición crea una acción competitiva.

9. La negociación salarial colectiva puede lograr en forma más racional una vez que se dispone de estimaciones de productividad.

Los economistas, los Ingenieros, los administradores y los contadores han adoptado distintos puntos de vista para medir la productividad a nivel de una organización:

Economistas: Enfoque de índices; enfoque de función de producción; enfoque de Insumo-producto.

Ingenieros: Enfoque de índices; enfoque de utilidad; enfoque de servo-sistema.

Administradores: Enfoque de arreglo.

Contadores: Enfoque de presupuesto de capital.

Para los fines de esta tesis revisaremos el enfoque de índices.

3.1 DEFINICION DE UN INDICE.

Antes de explicar este punto de vista, se presentará una definición precisa y un buen ejemplo de lo que es un "número índice", según lo dan Kendall y Buckland:

Un número índice es una cantidad que muestra, por medio de su variación, los cambios a través del tiempo o el espacio de una magnitud que no es en sí susceptible de medida directa o de observación directa en la práctica.

Por ejemplo, supóngase que la producción de la línea de embutidos es 40 toneladas en un año base, digamos 1970, y aumenta a 60 ton en 1977 y a 68 ton en 1978. Si declmos que 40 ton son como el número 100 en 1970 (año base), los índices de producción para 1977 y 1978 serán, respectivamente $60/40 \times 100$ y $68/40 \times 100$, o sea, 150 y 170. De esta manera, se puede decir que la producción de la línea se ha incrementado un 50% en 1977 respecto a 1970 y un 70% en 1978. (Es fácil verificar esto: $(60-40) \times 100/40 = 50\%$ y $(68-40) \times 100/40 = 70\%$).

Como nos damos cuenta, este ejemplo nos deja claramente conceptualizada la idea primordial de un número índice.

Tenemos otro tipo de ejemplos de diversos modelos de análisis de números índice, a continuación se mencionarán algunos.

Modelo de Kendrick-Creamer.

En su libro *Measuring Company Productivity* fue el primero de clase dedicado nada más a la productividad de la empresa. Sus índices son:

Índice de productividad total para un periodo dado

$$= \frac{\text{producción del periodo medido en precios del periodo base}}{\text{insumos del periodo medido en precios del periodo base}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Donde:

Producción del periodo= producción física de la planta.

Insumos del periodo= entrada de recursos a la línea de producción.

Índice de factor de productividad total = $\frac{\text{producción neta}}{\text{Insumos de factor total}} \dots\dots\dots(3.2)$

En donde:

Producción neta = producción- bienes y servicios intermedios.

Insumos de factor total = Insumos en horas hombre + capital total del periodo. Es decir, mano de obra y N\$ por recurso.

Producción neta = Insumos de factor total en el periodo base.

Ganancia en la productividad = Diferencia entre la producción neta y los insumos de factor total.

Índice de factor de productividad parcial (descrita en el capítulo 2).

Kendrick y Creamer adoptaron la postura de que los cambios en la productividad de una empresa se obtienen midiendo y analizando los índices de productividad total junto con los de productividad parcial.

Las ventajas de utilizar las medidas de productividad total y parcial son las siguientes:

1. Cada una de las medidas de productividad parcial. Es útil para indicar los ahorros.
2. A corto plazo, un incremento en la productividad total puede significar mejores tasas de utilización de la capacidad, hasta la tasa más eficiente.

A largo plazo, tales avances en la productividad total reflejarían principalmente un progreso tecnológico debido a la reducción de costos,

la inversión en investigación y desarrollo y en la educación y capacitación de la fuerza de trabajo.

Modelo de Craig-Harris:(Craig, Harris, 1973)

La premisa principal de este modelo es que si se aumenta la productividad del trabajo de una empresa mejorando la calidad de la materia prima, pero no se ahorra en, mano de obra, no existirá ganacia alguna.

Definen una medida de productividad total:

$$PI = \frac{OI}{L + C + R + Q} \dots\dots\dots(3.3)$$

En donde:

PI = productividad total.

L = factor de Insumo de mano de obra utilizada.

C = factor de insumo de capital. Se toma en N\$.

R = factor de insumo de refacciones compradas y materia prima. Todo el material de empaque y materia prima para poder operar.

Q = factor de insumo de otros bienes y servicios. Como ejemplo la energía, los seguros de la planta, etc.

Ot= producción total. Suma de unidades producidas por el precio.

Llaman al modelo anterior "modelo de flujo de servicio", puesto que los insumos físicos se convierten en pesos que son pagos por servicios que dichos insumos proporcionan.

Modelo de Hines, (Hines, 1976)

Menciona que dentro de la Ingeniería Industrial, el área primordial debe ser el cuidado satisfactorio del nivel de la productividad de la planta.

Las definiciones de producción e insumos en el modelo de Hines son las siguientes:

Producción: $O_i = \sum (P_j U_{ij})$ (3.4)

En donde: O_i = producción por periodo i.

P_j = precio/unidad por artículo j en el periodo base.

$U_{i,j}$ = número de unidades de producción del artículo tipo j producidas en el periodo i.

Sum= Sumatoria.

Insumos: $L_i = \text{Sum} (n_{i,k} \times w_k) \dots \dots \dots (3.5)$

En donde: L_i = insumo de mano de obra medido en el periodo i .

$n_{i,k}$ = número de empleados en la categoría k en el periodo i .

w_k = salario del periodo base para la categoría k .

Sum= Sumatoria.

Modelo APC.(Ruch,1981)

El American Productivity Center (APC) favorece una medida de productividad que relaciona la rentabilidad con la productividad y el factor de recuperación de precio.

$$\text{Utilidad} = \frac{\text{ventas}}{\text{costos}} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$= \frac{\text{cantidades de producción} \times \text{precios}}{\text{cantidades de insumo} \times \text{costos unitarios}}$$

$$=(\text{productividad}) \times (\text{factor de recuperación de precio})$$

Los cambios en el "factor de recuperación de precios" en el tiempo indica si los cambios en el costo de los insumos se absorben, se pasan o se sobrecompensan en los precios de la producción de la empresa.

Modelo de Taylor-Davis. (Taylor, Davis, 1977)

$$TFP = \frac{(S + C + MP) - E}{(W+B) + ((Kw+Kf) \times Fb \times df)} \dots\dots\dots(3.7)$$

= valor agregado de la producción total
insumo total (capital y mano de obra)

En donde:

S=ventas netas facturadas.

C=cambio de inventarios para MP,PT.

MP=planta de manufactura, referente al mantenimiento, maquinaria y equipo que se produzca dentro.

E=exclusiones, esto es, materiales y servicios adquiridos fuera de la empresa + depreciaciones + artículos que inciden en producción pero se rentan.

W=jornadas y salarios.

B=prestaciones, horas extra, vacaciones, etc.

K_w =capital de trabajo, efectivo + CC + inversión.

K_f =capital fijo, terreno + edificio + maq.

F_b =contribución de inversionistas, en porcentaje.

df =deflactor de precios.

El modelo de Taylor -Davis no es un modelo de productividad total como los anteriores; éste es un modelo de productividad de factor total.

La diferencia fundamental es la exclusión de materia prima como insumo sobre la base de que las empresas consideran la compra de ésta como el fruto del trabajo de alguien más y, como tal, un problema en el esfuerzo propio de productividad.

Como podemos observar, estos son algunos de los índices usados por grandes investigadores de la Ingeniería en el ámbito productivo.

De aquí parte esta tesis para que a continuación se desarrolle la forma más adecuada de construir un número índice; basándonos en la experiencia conjunta de varios expertos en la materia y tratando de ser lo más simplistas (sin perder la exactitud) posibles; se logró esquematizar la construcción de números índice como a continuación se describe.

3.2 CONSTRUCCION DE INDICES.

Dentro de este pequeño análisis de la forma en que se debe construir un número índice, cabe recordar que: un índice no es más que una comparación de una cantidad con otra y por lo tanto se puede adecuar a las necesidades particulares de cualquier empresa.

Es interesante e ilustrativo seguir cada uno de los pasos para la construcción de indicadores. A continuación se enumerarán los pasos a seguir con el fin de ajustar lo más exacto posible el manejo de los requerimientos en planta.

1) OBJETIVO DEL INDICE:

Es fundamental calificar con toda precisión el objetivo del indicador, es necesario especificar a qué está referido ya que de esto dependerá qué tipo de artículos conformarán la muestra de productos que componen el índice. Es imprescindible el tener muy claro los usos principales del indicador.

2) DETERMINACION DE LA ESTRUCTURA:

Es conveniente clasificar, de esta manera será posible calcular por separado cada componente. Las ponderaciones para cada componente se establecen mediante una muestra. Se selecciona una muestra para la cual se confecciona el índice, esta muestra en lo posible, debe ser aleatoria y de un tamaño que asegure fidelidad y garantice confianza.

3) SELECCION DE ARTICULOS:

En las anotaciones que se hacen en los registros acerca de los distintos insumos que se consumen, en general aparecen una gran cantidad de productos, aunque muchos de ellos no tengan a veces la importancia de otros. De aquí que sea mucho mejor seleccionar los productos más importantes, esto es, los más representativos (para esto se podrían ayudar de categorías ABC¹⁰).

4) FORMAS DE VALUACION:

Otra etapa importante durante el proceso es la decisión acerca de los tipos de bienes que se considerarán.

5) VARIACIONES DE CALIDAD DE LOS BIENES:

En este apartado se quiere hacer notar que es necesario cierta homogeneidad dentro de los bienes que van a conformar el índice, es decir, no se tiene por qué revolver los bienes o artículos que dentro del mismo esquema productivo, no reúnan las características similares como para homogeneizar los resultados.

¹⁰ Ver CONTROL DE LA PRODUCCION E INVENTARIOS, PLOSSL, PRENTICE HALL. Esta tesis no pretende profundizar en la política de recursos ABC, sin embargo es recomendable que se tenga esta política de almacén, el control es parte fundamental de la productividad.

6) ELECCION DE LOS METODOS DE CALCULO:

En general es necesario tomar decisiones sobre la fórmula de cálculo, la decisión acerca de qué fórmula se deberá utilizar estará condicionada al objetivo que se persigue con el índice y la factibilidad de su diseño desde el punto de vista del **costo** y la **oportunidad** con que se entreguen resultados.

En resumen podemos darnos cuenta que la clave para construir un número índice es el conocer perfectamente el proceso, solo así se logrará conjuntar las variables determinantes (objetivo, estructura, selección, valuación, calidad y elección) para la construcción eficiente de un número índice.

3.3 TIPOS DE INDICES USADOS EN PLANTA.

Dentro de la Industria alimenticia (como en otros sectores) es necesario definir claramente los parámetros a seguir; así como los índices correctos. Con esto se pretende condentlizar en la correcta selección de los números índice, de lo contrario se obtendrán resultados que no se desean o en su caso que no sirven para nada.

Se observa que de los diversos índices que se desarrollarán en esta tesis, podemos darnos cuenta que se dividen en dos grupos. El primero, directamente relacionado con la producción y su avance operacional; el segundo, involucrado en forma directa a costos (N\$).

La forma sugerida de operar el **método de medición, evaluación y control** de la productividad en la planta por medio de números índice dentro de la Industria alimenticia es el siguiente:

Primero será necesario que se tenga un **sistema de recopilación estadístico** dentro de la planta, de no poder tener acceso a la información requerida y oportuna, todo esfuerzo paralelo a la implantación sería realizado en vano.

Una vez que se tenga toda la información, se podrá comenzar con la **"construcción" de los índices**, los cuales deberán ser dimensionalmente consistentes¹¹, buscando un sistema práctico para tener una información uniforme es recomendable que todos y cada uno de los índices sean adimensionales lo cual ayudará a un manejo óptimo de los resultados. Es básico entender que los índices representan una información muy valiosa para las decisiones de la planta por lo que hay que manejarlos con cuidado.

Es obvio que cada empresa decidirá qué tipo de índices usará, esto es, dentro de la Industria alimenticia pueden presentarse variaciones de programación, distribución, costos, disponibilidad en línea, etc, todas las características anteriores hacen que cada planta cuente con diferencias en el proceso. Por ende se necesita una elección de índices de primer nivel.

¹¹ Para mayor información acerca del Análisis Dimensional, consultar "Mecánica de Fluidos", R.W. Fox, Ed. McGraw Hill, P.305.

Como metodología es bueno tener en consideración dos índices esenciales:

- 1) *Productividad por línea.*
- 2) *Rentabilidad.*

Estos dos índices darán la pauta para ver el **comportamiento general de las otras variables de la planta**. Es decir, si tengo desviaciones en la productividad por línea, será necesario que observe los demás índices (mano de obra, materia prima, etc.) para poder tener la información real de qué está fallando en la planta. Así, se obtiene un ahorro en tiempo al momento de revisar y por otro lado, se puede tener un control de desviaciones de modo que se reflejen estadísticas confiables.

Este comentario es sólo un acercamiento al proceso de desarrollo del método de productividad que se aplicará con mayor detalle en el caso práctico del capítulo 5.

A continuación se citan los índices que para efectos de la Investigación se consideran con mayor importancia dentro de la industria alimenticia debido a la ponderación de recursos utilizados en cada uno.

3.3.1 PRODUCTIVIDAD POR LINEA.

Para poder llevar un mejor control dentro de la línea de producción, se recomienda:

a) Se mida el desempeño por turno o en cierto periodo que permita obtener los datos con mayor exactitud.

b) Se tenga un reporte correcto del producto terminado real.

El índice utilizado es:

$$\text{Ind} = \frac{\text{PTR}}{\text{PTT}} \dots\dots\dots(3.8)$$

Donde: Ind = Índice.

PTR = Producto terminado real. [CJ]

PTT = Producto terminado teórico. [CJ]

[CJ]= Cajas producidas.

Como ya se mencionó, hay que cuidar que sea dimensionalmente consistente. Con este índice se podrán tener los parámetros del comportamiento global de la línea de producción. Ya que en el momento de comparar los valores del producto terminado real contra los del producto terminado teórico se analizan de manera interna los demás componentes de cada producto producido, de aquí nace el comentario acerca de tener un especial cuidado en el uso y medición del índice.

3.3.2 PRODUCTIVIDAD EN MANO DE OBRA.

Hasta este momento, no hay problema en el sentido del análisis, dentro de los índices subsecuentes será necesario el siguiente planteamiento: Se

debe tomar en cuenta el análisis dimensional. Esto invariablemente de las diferencias que se deban tener en cada planta.

Para la mano de obra el índice es:

$$\text{Ind} = \frac{\text{PTR}}{\text{MO}} \dots\dots\dots (3.9)$$

Donde:

Ind = Índice.

MO = Mano de obra real. [Horas Hombre]

PTR = Producto terminado real. [Horas Hombre]

Este índice nos indica la eficiencia de la mano de obra. Esto es, en el momento en que el gerente de producción tenga una comparación de la utilización real de los recursos humanos que laboran en la planta, podrá observar y decidir si los cambios realizados en la línea han ayudado, o no, a que se tenga una mejora en la productividad real.

3.3.3 PRODUCTIVIDAD EN MATERIA PRIMA.

Dentro del análisis de productividad se requiere un control eficiente, pero sobre todo en la materia prima, como sabemos, dentro de la industria alimenticia se cuenta con un número muy grande de recursos que son perecederos, por lo que si se llega a tener un uso incorrecto de éstos se

presentaría una pérdida grandísima (N\$) así como una ineficiencia en las expectativas hechas por el departamento de programación de la producción.

El índice a controlar en la materia prima es:

$$\text{Ind} = \frac{\text{PTR}}{\text{MP}} \dots\dots\dots(3.10)$$

Donde:

Ind = Índice.

MP = Materia prima real. [Kg]

PTR = Producto terminado real. [Kg]

Se usan los kilogramos como unidad dimensional, debido a que es mucho más práctico que usar cualquier otra medida.

Este índice nunca deberá pasar el valor de 1, al momento de pasar dicho valor, se tendrá que revisar inmediatamente el origen de la falla, ya que es ilógico que se produzca más con una cantidad de materia prima que no cubre la cantidad utilizada en el producto terminado real.

3.3.4 PRODUCTIVIDAD EN MATERIAL DE EMPAQUE.

Para el material de empaque es de gran utilidad usar la unidad de medida que maneja nuestro proveedor, esto con el fin de llevar una mejor

administración de los recursos. Podemos indicar que el índice de material de empaque nos indicará la aproximación que se tiene en los recursos utilizados. De alguna u otra forma los recursos utilizados en el empaque se llegan a desperdiciar en cantidades considerables por diversos motivos, entre los que podemos señalar los siguientes: línea de producción en mal estado, etiquetadora trabajando deficientemente, etiqueta mal acabada, etc.

De aquí que sea necesario tener el parámetro de control (índice) en un nivel en el que no sea tan problemático en todos los sentidos (economía, operativo, etc.)

El índice utilizado es:

$$\text{Ind} = \frac{\text{PTR}}{\text{ME}} \dots\dots\dots(3.11)$$

Donde:

Ind = Índice.

ME = Material de empaque real. [ML]

PTR = Producto terminado real. [ML]

[ML]= Millares.

NOTA: Pueden tomarse millares, cajas, etc.

Este índice nos indica la eficiencia en el uso del material de empaque.

Este índice nunca deberá pasar el valor de 1, al momento de pasar dicho valor, se tendrá que revisar inmediatamente el origen de la falla, ya que es

ilógico que se produzca más con una cantidad de material de empaque que no cubre la cantidad utilizada en el producto terminado real.

3.3.5 ANALISIS DE DESPERDICIOS.

Para tener un mejor control de los desperdicios que se presentan en la línea de producción, es recomendable que se lleve éste de acuerdo a cada orden de producción, de lo contrario causará contradicciones operativas con el índice de productividad en planta.

El índice utilizado es:

$$\text{Ind} = \frac{\text{PE}}{\text{PP}} \dots \dots \dots (3.12)$$

Donde:

Ind = Índice.

PE = Producto envasado real. [Kg]

PP = Producto preparado real. [Kg]

NOTA: Recordar que el producto preparado no es lo mismo que el producto teórico.

El índice que analiza el desperdicio acumulado en la línea de producción será de gran utilidad en el sentido de que podremos observar si los modelos de producción son correctos en cuanto a los desperdicios que se tienen estimados para cada uno.

3.3.6 ANALISIS DE TIEMPOS MUERTOS.

Lo primordial para el cálculo y análisis de este índice es que se tenga un seguimiento real y concienzudo del tiempo muerto dentro de la empresa. Es inútil tratar de llevar un control de tiempos muertos, paralelo al de índices, si no se tiene una cultura de ruteo en la línea.

El índice utilizado es:

$$\text{Ind} = \frac{\text{TM}}{\text{TD}} \dots \dots \dots (3.13)$$

Donde:

Ind = Índice.

TM = Tiempo muerto. [Hr]

TD = Tiempo disponible. [Hr]

[Hr]= Horas.

NOTA: Es recomendable que se lleve el ruteo de tiempos muertos por turno y tomando en cuenta que cada empresa tendrá el tiempo muerto que considere oportuno.

3.3.7 ANALISIS DE RENTABILIDAD.

Como ya se mencionó, estos 3 últimos apartados nos darán la pauta para poder controlar con atención los costos.

El análisis de rentabilidad pretende entregar un panorama concreto de los resultados de la producción en planta, todo esto reflejado en dinero (N\$).

El índice utilizado es:

$$\text{Ind} = \frac{\text{PTR}}{\text{INS}} \dots\dots\dots(3.14)$$

Donde:

Ind= índice.

INS= Insumos (MO,MP,ME) [N\$]

PTR= PRODUCTO TERMINADO REAL. [N\$]

3.3.8 ANALISIS DE COBERTURAS.

Indica el movimiento real del inventario, es decir, cuántas veces tiene rotación, pero sobre todo refleja el costo financiero de tenencia de inventario para cierto periodo de tiempo.

El índice utilizado:

$$\text{Ind} = \frac{\text{IR}}{\text{IP}} \dots\dots\dots(3.15)$$

DONDE:

Ind= índice.

IR = Inventario real. [N\$]

IP = Inventario planeado. [N\$]

Nota.- es recomendable que se tome en periodos de tiempo relativamente largos, como lo es un mes.

Recordando que mientras más "vueltas" se le pueda dar al inventario, se tenga una línea operando al 100%, con un nivel de eficiencia óptimo y se aprovechen los recursos al máximo, se estará trabajando un buen ciclo.

3.3.9 EXACTITUD DE INVENTARIOS.

Este apartado, como tal, **no** es un número índice pero se debe empezar por tener en orden los inventarios para que todo lo anterior tenga validez y se tenga confianza en que la información que se está manejando es cierta.

Para éste fin se recomienda:

a) Tener una política de inventarios ABC¹², (BASADA EN EL OPTIMO DE PARETO).

b) Desarrollar conteos cíclicos de los inventarios tomando en cuenta prioridades (en recursos ABC), este método ayuda sobre todo cuando la cantidad de recursos que se utilizan en planta es muy grande y resulta poco práctico e imposible contar diariamente todos.

¹²Para mayor información se puede consultar bibliografía de investigación de operaciones o control de inventarios, por ejemplo Taha, Handy Operations Research, 1992, pp 480.

3.4 EVALUACION.

Una vez que se han obtenido los números índice, es necesario que se evalúe el comportamiento que han ido desarrollando los factores de la producción. En este sentido, será necesario que se tenga una base de datos que permita recopilar, en cualquier momento, todos los datos que sean indispensables para el gerente de planta o la persona que esté a cargo de elaborar la administración de la planta productiva.

Para obtener un mejor resultado en el método de trabajo, la forma de evaluar será dictada de acuerdo a cada empresa, es decir, en ciertas empresas se tendrá mayor disponibilidad de recursos que sean aprovechables para la obtención de un mayor número de indicadores, pero en otras no se contará con la infraestructura suficiente como para mantener un nivel de control tan exacto.

La forma de evaluar será dictada a través de los reportes de producción, se tendrá una cantidad planeada y una cantidad real, en el momento de que dentro de la línea de producción no cuadren éstas cantidades, se deberá hacer el análisis de la situación; esto se observará con claridad en el caso práctico del capítulo 5.

En el momento que se tengan las desviaciones, se deberá tener una retroalimentación con los parámetros de control que requiera cada modelo de producción, lo cual entregará como resultado una corrección del proceso en línea.

Demos paso al estudio de los parámetros de control en planta, los cuáles darán la pauta para poder llevar un sistema integral de control; es decir, en el momento que se pueda establecer el método propuesto, se tendrá uniformidad y exactitud en todo el proceso productivo.

CAPITULO 4

CAPITULO 4

CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD.

4.1 PARAMETROS DE CONTROL.

A continuación se analiza un tema medular, el **control** de la productividad, es decir, ¿Cómo escoger los parámetros de control correctos?

Bueno, pero ¿qué es un parámetro de control?, dentro de las diferentes definiciones que se pueden llegar a dar referentes a un parámetro podemos concluir lo siguiente: **un parámetro de control es un valor numérico de alguna característica de una población estadística obtenido a través de una muestra representativa.**

Una vez expuesta esta idea, podemos acotar que el parámetro de control es el que nos dará la pauta del funcionamiento de nuestra planta. Como se va a observar, el estudio de los índices y su relación con los parámetros de control, nos darán el comportamiento característico de la producción que se tiene; éste será analizado por la gerencia de planta y se decidirá si es correcto o no, en caso de obtener una respuesta negativa se tendrán las herramientas para poder responder dos preguntas:

¿Por qué existe esa desviación? y

¿Cómo evitarla en un futuro?

Para este fin será necesario encontrar los límites de la distribución, es decir, los límites de control que se obtengan del análisis de los datos previamente recolectados.

Para esto nos podemos valer de una herramienta estadística llamada gráfico de control de Shewhart¹³, el cual nos proporciona tres tipos de información, cuyo conocimiento es imprescindible para formar un criterio de actuación. Esta información es:

-Nos da el intervalo de variación en el que se mueve la característica de la producción.

-Nos entrega la consistencia de la realización.

-Nivel medio de la característica del material, su calidad y alcances.

Cuando se especifican los valores máximo y mínimo de una característica de calidad o cuando se observa que no se obtienen las tolerancias adecuadas (ya sea en cantidad, medida, etc) entra el proceso del gráfico de Shewhart. Podemos resumir el método con los siguientes pasos:

1) Lo primero que se tiene que hacer es obtener los datos que se reportan en el departamento de producción, es obvio que la veracidad de la información será el pilar del análisis; de no tener un buen control en los

¹³A pesar de la simplicidad de este método muchos ingenieros, jefes de producción e inspectores lo utilizan debido a que se adquiere un criterio diferente de evaluación y control. Para ahondar más en el tema se puede consultar Control estadístico de la calidad de E. Grant, pp 87.

reportes del departamento todo lo que se realice será inútil debido a que no existe confianza en los datos.

ii) Verificar que se comportan como una distribución normal, pues en la mayoría de los procesos de producción se pueden encontrar características que tienen una distribución de este tipo. Este comportamiento es requisito indispensable para poder utilizar el método de Shewhart, de lo contrario se tendrán resultados incorrectos.

iii) Una vez que se recolectaron los datos, se deben encontrar la media del conjunto de datos y el rango de éstos. La **media** está dada por:

$$X = \frac{\text{SUM}(X)}{n} \dots\dots\dots(4.1)$$

Donde:

SUM(X)= sumatoria de datos obtenidos.

n= número de observaciones.

iv) Por otro lado, el **rango** estará dado por la diferencia de los valores superior e inferior de todos los datos obtenidos en la producción.

v) Posteriormente es necesario graficar **la media y todos los puntos obtenidos**, una vez realizado esto, se busca el patrón de comportamiento de la distribución estadística, (consultar anexo cuadro IV) lo que nos dará una visión gráfica de la correlación existente en el proceso productivo.

v) Es en este momento cuando se pueden calcular los **límites de control** de la siguiente manera:

Se tiene el **rango** y la **media** de los datos de la producción, se obtiene la **desviación estándar** de la muestra; la cual está dada por:

$$S = \frac{R}{d\sqrt{2}} \dots \dots \dots (4.2)$$

Donde:

$d\sqrt{2}$ = factor de estimación (ver anexo cuadro V)

Una vez que se ha encontrado la desviación estándar de la muestra, se deberá obtener el factor de los **límites 3-sigma** (3SX) el cual resulta de la fórmula:

$$3SX = \frac{3S}{(n)^{1/2}} \dots \dots \dots (4.3)$$

Donde:

s = Desviación estándar.

n = Número de observaciones.

Una vez encontrado el factor 3-sigma los límites están dados por:

$$\text{Límite de control superior} = X + 3SX \dots \dots \dots (4.4)$$

$$\text{Límite de control inferior} = X - 3SX \dots \dots \dots (4.5)$$

Cabe mencionar que este método es muy usado debido a que la mayoría de las distribuciones en un proceso de producción se comportan de **forma normal** (como se ha podido observar) y la base del método de gráfico de control es ésta precisamente. En el caso práctico se observará con detenimiento la forma de aplicarlo aunque es necesario destacar que cualquier método de control que se decida utilizar deberá contar con la normatividad de llevar un avance de lo general a lo particular, es decir, de desviaciones grandes a un conjunto de desviaciones cuyo comportamiento vaya reduciendo el rango diferencial de los índices¹⁴, todo esto con el fin de aumentar la productividad paulatinamente tomando en cuenta los procesos de mejora continua y bajo un conjunto de normas de control previamente determinadas.

4.2 PRONOSTICOS.

Los pronósticos servirán para tener la planeación de todos los requerimientos dentro de la planta. Es por esto que se debe elegir un buen método para calcular con certeza la forma en la cual se van a comportar los factores de la producción y cómo se desarrollará el uso de materiales en la empresa.

¹⁴Al menos en la mayoría de las empresas de la industria alimenticia se observa que la producción tiene un comportamiento en el que los procesos cuentan con diferencias considerables en el rango de comportamiento; es necesario irlos reduciendo paulatinamente.

De aquí que se crea que el mejor método a usar sería el llamado "Método BOX-JENKINS"¹⁵. Esta tesis no pretende avanzar en la proyección de pronósticos, tan sólo intenta llegar a tener los parámetros de control adecuados para obtener un nivel de productividad y eficiencia correctos, pero es bueno mencionar que una vez que se ha mejorado en el proceso, es óptimo controlarlo mediante algún método de pronóstico. Los métodos de pronóstico exigen una mejora intrínseca dentro del proceso, exigen que las desviaciones se reduzcan y que paulatinamente se vaya acrecentando la productividad; sin lugar a dudas es un método de evaluación y control de la productividad muy provechoso. A continuación se menciona la metodología del modelo Box-Jenkins:

- **Postular los modelos.**

- **Identificar el modelo.**

- **Estimar parámetros.**

- **Checar si el modelo es adecuado.**
(De no serlo, se vuelve a iniciar).

- **Usar el modelo para pronosticar.**

¹⁵Este modelo es uno de los más usados en la metodología de análisis de series de tiempo, pronósticos y procesos de control. Es muy popular debido a su generalidad, puede manejar cualquier serie, ya sea estacionaria o no, y sobre todo, existen muchos programas a computadora que lo manejan.

Cabe mencionar que una vez que se ha obtenido el modelo correcto, se podrán utilizar los parámetros creados por el Box-Jenkins para delinear el comportamiento a seguir de la producción.

En la bibliografía de consulta se pueden encontrar varios libros que hablan acerca de este tema (ej: Maddala G.), el lector interesado puede profundizar si así lo desea.

Por ahora sólo podemos mencionar a grandes rasgos el funcionamiento adecuado para pronosticar una vez que se tenga identificado el modelo.

La clase general de los modelos Box-Jenkins se representa como (p,d,q) , en donde p se refiere al orden de términos autorregresivos en el modelo, q representa el orden de los promedios móviles y d el número de diferencias sucesivas necesario para eliminar cualquier tendencia existente; muy rara vez alguna de las variables tomará algún número mayor a dos.

Posterior a la identificación del modelo, se estiman los parámetros de éste mediante el método de mínimos cuadrados. Se prosigue a hacer una revisión de diagnóstico donde se comprueba que el modelo se adecúe a los datos mediante el análisis de los residuales.

Finalmente, de ser aceptado el modelo, se generan predicciones de valores futuros con los cuáles se tendrá una mejor perspectiva de control.

En conclusión, la aceptación de este tipo de modelos se debe a la proliferación de programas de cómputo que se han generado con respecto al tema, pero sobre todo a la certeza que entregan los resultados al Ingeniero que decide utilizar el programa.

CAPITULO 5

CAPITULO 5

CASO PRACTICO.

A continuación se ejemplificará el método de control, mediante un caso práctico.

Con el fin de tener una fácil lectura, se han desarrollado tablas de producción simples, es decir, en la realidad muchas veces se encuentran problemas más complejos de los que aquí se van a desarrollar.

En los reportes de producción que se muestran al final del capítulo, el lector se dará cuenta de lo siguiente:

- Son reportes con cantidades uniformes en algunos casos, esto en la vida real es complicado que suceda, sobre todo en nuestro país en donde nos encontramos rezagados en materia de sistemas de información.
- Solamente aluden a las cantidades necesarias para la elaboración del índice.
- El periodo que se toma es de 30 días, lo cual depende directamente de los lapsos de tiempo que en el departamento de producción se quieran tomar.
- Las cantidades plasmadas en cada reporte representan cantidades producidas por alguna empresa en particular.

- El análisis se basa en lo mencionado en el capítulo 4, en la obtención de los parámetros de control.

Podemos observar que los **reportes** presentados cuentan, de antemano, con el resultado del **índice** en cuestión; cabe mencionar que de no tener la posibilidad de obtener el índice directamente, se deberán realizar los cálculos pertinentes para dicho fin, esto conlleva la elaboración de análisis comparativos que no incurren en cálculos muy complejos.

Una vez que se han recopilado los datos, se debe verificar si la muestra se comporta como una distribución **normal**.

En el momento que se ha corroborado que la distribución es normal, se obtendrá la **media** de los índices; después será necesario tener el resultado del **rango** de la muestra.

A continuación, se podrán **graficar** tanto la media como los puntos de la distribución, esto nos dará una idea general de la ubicación de la productividad en nuestro proceso (es obvio que se buscará que el índice sea igual a 1 ó al dígito que se crea factible dentro del departamento de programación de la producción).

Posteriormente a la gráfica se buscarán los **parámetros de control**¹⁶, los cuales servirán para darte seguimiento al comportamiento de la producción.

¹⁶Para este ejemplo se observa que la muestra es de 30 días, esto con el fin de analizar correctamente el comportamiento de nuestra producción a través del tiempo; de no hacerlo así, se tendrían fluctuaciones y datos

Finalmente, se podrán **graficar los límites de control** obtenidos, es preferible que éstos sean plasmados en el diagrama donde se presenta la media y la distribución.

Esta última gráfica será la herramienta de trabajo del gerente de planta o analista del proceso, ya que dependerá del análisis de ésta para la toma de decisiones.

Como se ha mencionado, la importancia del reporte de producto terminado (**productividad por línea**) es muy grande. Este reporte, así como el de **rentabilidad**, serán los que se estarán checando diariamente para evitar que se tengan desviaciones de consideración.

En esta revisión diaria se debe tener mucho cuidado, en caso de encontrarse algún comportamiento que salga de los parámetros de control, se deben tomar las medidas necesarias con el fin de corregir el problema.

También ayudarán a que el ingeniero de planta o el encargado de desarrollar y atender la productividad en la empresa revisen periódicamente los modelos de producción, esto es necesario debido principalmente a que en muchas empresas la realidad en sus programas de producción no concuerda con la teoría, es decir, a veces se tienen producciones teóricas muy elevadas para la capacidad de la planta o se pueden encontrar otro tipo de problemas con características similares.

que no representan correctamente nuestra producción.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se puede comenzar con el análisis.

5.1 DESARROLLO.

Con la finalidad de tener una aplicación sencilla y didáctica del método, se tomará el reporte de producto terminado como base del ejemplo¹⁷.

i) Para este caso se ha obtenido el índice por cada día, se observa que la operación ya está realizada en el reporte.

ii) A continuación se verifica si la muestra se comporta como normal. Como ya se mencionó, la mayoría de las distribuciones que se tienen en producción se comportan de dicha manera, de hecho, la generalidad de las distribuciones de la vida cotidiana se comportan así.

Debido a esto, el lector asumirá que la distribución en este caso práctico se comporta como normal, sin embargo, de estar interesado en analizar el procedimiento, deberá consultar el anexo cuadro VI, en éste se presenta el resultado que confirma que se está manejando una muestra cuya distribución se comporta de manera normal, lo cual hace posible el uso del gráfico de Shewhart.

iii) De los datos tenemos que la media de los índices es:

$$\bar{X} = 0,8161$$

¹⁷ Recordemos que la base del método es el reporte de producto terminado y el de rentabilidad, independientemente de que la decisión del analista sea utilizar algún otro reporte por razones de requerimientos especiales en ese momento.

iv) El rango de los índices es:

$$R = 0.8679$$

v) Posteriormente graficamos la media y los puntos de la distribución, con lo cual podremos identificar en qué nivel se está trabajando, es decir, existen 2 parámetros de importancia:

a) La uniformidad de nuestra producción diaria.

b) Qué tan lejos estamos de la productividad 100%, esto es, del valor unitario esperado por el departamento de programación de la producción.

vi) Se realiza el cálculo de los **límites de control**.

Tenemos que para la muestra, el factor d_2 (ver anexo cuadro V) es:

$$d_2 = 4.086$$

A continuación se obtiene S de acuerdo a la fórmula 4.2:

$$S = 0.8679 / 4.086 = 0.2124$$

Ahora se obtienen los límites 3-Sigma basándonos en la fórmula 4.3, esto es:

$$3SX = 3(0.2124) / (30)^{1/2} = 0.1163$$

Usando las fórmulas 4.4 y 4.5 obtenemos los límites de control:

$$LCS = \text{Límite de control superior} = 0.8161 + 0.1163 = \mathbf{0.9324}$$

$$LCI = \text{Límite de control inferior} = 0.8161 - 0.1163 = \mathbf{0.6998}$$

vii) Finalmente se introducen a la gráfica del punto \bar{x} los valores obtenidos para los límites de control superior (obteniendo de ésta manera la gráfica 1 del anexo).

Para este ejemplo, se puede concluir con las siguientes reflexiones:

- Las cantidades planeadas a producir distan mucho de las cantidades reales de producción, es necesario analizar los modelos de producción. No es difícil que en la industria alimenticia ocurra que en el departamento de programación de la producción se hagan planeaciones cuyas proyecciones carecen de sustento real, esto es, que la experiencia nos indique que no podemos llegar al punto de producción que se ha planeado y sin embargo se siga creyendo factible ese nivel. Lo único que ocasionará esta actitud será que se manejen índices bajísimos de productividad.

- Se debe poner mucha atención en el análisis de los diferentes reportes, el lector puede observar que en el reporte de mano de obra, se tienen variaciones similares a las del producto terminado, pero en los reportes subsecuentes (materia prima, material de empaque) se tienen desviaciones de consideración que deben atenderse de inmediato, ¿por qué?, por la siguiente razón: cuando se mencionó en la página 90, " **para**

obtener un ahorro considerable de tiempo, es bueno tener como norma, el análisis diario de los reportes de producto terminado y factibilidad". Esto indica que en el momento de observar una variación brusca (observación directa del analista), se deberá checar en el día en que pasó en los reportes subsecuentes (MO,MP,ME,TM,DESPERDICIOS,etc.) e investigar la razón de la desviación en el factor de producción que presente un comportamiento incorrecto con base al gráfico de control. Podemos hacer una breve observación a las demás gráficas de los reportes, esto es, la gráfica 2 y subsecuentes del anexo.

- Otro punto es que en los reportes de desperdicios y tiempos muertos, se debe observar que las cantidades están acordes y uniformes, es decir, que no se observan incoherencias dentro de los resultados, de darse un comportamiento ilógico se deberá investigar su origen¹⁸.

- En el momento que se realice el análisis a los reportes de coberturas y rentabilidad, se observará que hay problemas en inventarlos y el índice de rentabilidad tiene una desviación de consideración.

Análisis:

Para concluir este capítulo se puede mencionar que, en el ejemplo que se ha tomado, el principal problema es que nuestra cantidad planeada de producto terminado no es la correcta, ya que tener los límites en 0.9 y 0.6

¹⁸En la industria alimenticia se presenta con frecuencia el problema de que los obreros no reportan correctamente lo que ocasiona distorsiones considerables en la información.

es un problema que genera rezagos en toda la planta. Los retardos se dan debido a que se está trabajando con información poco confiable, es decir, **el ingeniero de planta esperará resultados mucho mayores a los que puede obtener.**

Otro factor que afecta es que realmente se esté trabajando con productividad muy baja; si tomamos en cuenta que las proyecciones iniciales se hacen de acuerdo a un estudio concienzudo de la capacidad de la planta, nos encontraremos con el problema de estar trabajando por debajo del estándar requerido.

En resumen, el ingeniero de planta en el momento de estar observando los índices del reporte de producción y haber checado el resultado en el diagrama de control de los índices nota lo siguiente:

-) En el día 14 se tiene una productividad bajísima debido principalmente a un mal reporte de la mano de obra, ya que supuestamente se alcanza una productividad en éste de 1.6, lo cual es ilógico, si a dicho problema se le agrega que el tiempo muerto fué altísimo, el resultado es una rentabilidad sumamente pobre de 0.33.

Es así como el ingeniero de planta puede identificar (**lacónicamente**) los problemas presentados en planta, aquí solo se menciona de manera concreta y simple uno de tantos problemas que se pueden llegar a presentar en la vida diaria, dentro de la industria.

Cabe mencionar, que dentro del análisis, es pieza fundamental el momento en el que se realice éste. Como se mencionó en el capítulo 2, de nada servirá que una vez que se tengan los parámetros de control, el análisis sea hecho una vez al mes o una vez a la semana. Este método es para una mejora continua y paulatina dentro de la productividad de la planta.

De la empresa dependerá que poco a poco se vayan acercando al nivel Idóneo de operación, para que una vez perfeccionado el método, procedan al manejo de pronósticos de producción; como se acota en el capítulo 4.

A continuación se pueden observar los reportes de producción referidos anteriormente.

REPORTE DE PRODUCCION

LINEA DE PRODUCCION.- 1

CONCEPTO.- Reporte de **producto terminado.**

FECHA.-XXXXX

DIA	MODELO DE PRODUCCION	TIPO	U.M.	CANTIDAD PLANEADA	CANTIDAD REAL	VARIACION	INDICE
1	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	11980	2020	0.8557
2	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	12250	1750	0.875
3	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	14560	560	1.04
4	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	13589	411	0.9706
5	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	13360	640	0.9543
6	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	12256	1744	0.8754
7	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	10560	3440	0.7543
8	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	9000	5000	0.6429
9	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	14300	300	1.0214
10	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	11700	2300	0.8357
11	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	14063	63	1.0045
12	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	9000	5000	0.6429
13	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	8500	5500	0.6071
14	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	4145	9855	0.2961
15	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	8510	5490	0.6079
16	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	9500	4500	0.6786
17	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	9862	4138	0.7044
18	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	8900	5100	0.6357
19	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	10500	3500	0.75
20	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	11962	2038	0.8544
21	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	13236	764	0.9454
22	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	13524	476	0.966
23	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	14300	300	1.0214
24	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	12002	1998	0.8573
25	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	12256	1744	0.8754
26	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	10890	3110	0.7779
27	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	9500	4500	0.6786
28	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	11500	2500	0.8214
29	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	12560	1440	0.8971
30	MAYONESA L-1	PT	CJ	14000	14500	500	1.0357

Donde:

U.M.= unidad de medida (cajas).

CAPITULO 3

CASO PRÁCTICO

REPORTE DE PRODUCCION

LINEA DE PRODUCCION.- 1

CONCEPTO.- Reporte de **mano de obra**.

FECHA.-XXXX

DIA	M. DE PRODUCCION	TIPO	U.M.	P. T. REAL	M. OBRA REAL	VARIACION	INDICE
1	MAYONESA L-1	PT	HH	436.0724361	424.1502121	11.922224	1.0281
2	MAYONESA L-1	PT	HH	445.9004459	435.8252178	10.2752281	1.0236
3	MAYONESA L-1	PT	HH	529.98453	533.8002669	3.81573692	0.9929
4	MAYONESA L-1	PT	HH	494.6400946	492.5327463	2.10734837	1.0043
5	MAYONESA L-1	PT	HH	486.3044863	482.8002414	3.5042449	1.0073
6	MAYONESA L-1	PT	HH	446.1188461	435.8802179	10.2386282	1.0235
7	MAYONESA L-1	PT	HH	384.3843844	363.8001819	20.5842025	1.0566
8	MAYONESA L-1	PT	HH	327.6003276	297.5001488	30.1001789	1.1012
9	MAYONESA L-1	PT	HH	520.5205205	522.7502614	2.22974085	0.9957
10	MAYONESA L-1	PT	HH	425.8804259	412.2502061	13.6302198	1.0331
11	MAYONESA L-1	PT	HH	511.8937119	512.6777563	0.78404445	0.9985
12	MAYONESA L-1	PT	HH	327.6003276	297.5001488	30.1001789	1.1012
13	MAYONESA L-1	PT	HH	309.4003094	276.2501381	33.1501713	1.12
14	MAYONESA L-1	PT	HH	150.8781509	91.18254558	59.7158053	1.655
15	MAYONESA L-1	PT	HH	309.7643098	276.6751383	33.0891714	1.1196
16	MAYONESA L-1	PT	HH	345.8003458	318.7501594	27.0501864	1.0849
17	MAYONESA L-1	PT	HH	358.977159	334.1351671	24.8418919	1.0743
16	MAYONESA L-1	PT	HH	323.960324	293.2501466	30.7101773	1.1047
19	MAYONESA L-1	PT	HH	382.2003822	361.2501808	20.9502016	1.058
20	MAYONESA L-1	PT	HH	435.4172354	423.3852117	12.0320237	1.0284
21	MAYONESA L-1	PT	HH	481.7988818	477.5302388	4.26064303	1.0089
22	MAYONESA L-1	PT	HH	492.2740923	489.7702449	2.50384739	1.0051
23	MAYONESA L-1	PT	HH	520.5205205	522.7502614	2.22974085	0.9957
24	MAYONESA L-1	PT	HH	436.8732369	425.0852125	11.7880243	1.0277
25	MAYONESA L-1	PT	HH	446.1188481	435.8802179	10.2386282	1.0235
26	MAYONESA L-1	PT	HH	396.3963964	377.8251889	18.5712075	1.0492
27	MAYONESA L-1	PT	HH	345.8003458	318.7501594	27.0501864	1.0849
28	MAYONESA L-1	PT	HH	418.6004186	403.7502019	14.8502167	1.0368
29	MAYONESA L-1	PT	HH	457.1844572	448.8002244	8.38423278	1.0187
30	MAYONESA L-1	PT	HH	527.8005278	531.2502658	3.44973782	0.9935

Donde:

U.M.= unidad de medida (Horas - Hombre).

P.T. Real= producto terminado real.

M. Obra Real= mano de obra real.

REPORTE DE PRODUCCION

LINEA DE PRODUCCION.- 1

CONCEPTO.- Reporte de **materia prima.**

FECHA.- XXXXX

DIA	MODELO DE PRODUCCION	TIPO	U.M.	P. T. REAL	M. P. REAL	VARIACION	INDICE
1	MAYONESA L-1	PT	KG	55817.4559	60520	4902.5441	0.919
2	MAYONESA L-1	PT	KG	56870.93779	63200	6329.06221	0.8999
3	MAYONESA L-1	PT	KG	67595.17177	65210	2385.17177	1.0386
4	MAYONESA L-1	PT	KG	63087.27948	45620	17467.2795	1.3829
5	MAYONESA L-1	PT	KG	62024.14113	36590	25434.1411	1.6951
6	MAYONESA L-1	PT	KG	56898.79294	61000	4101.20708	0.9328
7	MAYONESA L-1	PT	KG	49025.06964	63210	14184.9304	0.7756
8	MAYONESA L-1	PT	KG	41782.72981	40245	1537.72981	1.0382
9	MAYONESA L-1	PT	KG	66368.11513	68000	1811.88487	0.9763
10	MAYONESA L-1	PT	KG	54317.54875	32100	22217.5487	1.6921
11	MAYONESA L-1	PT	KG	65287.83658	21456	43831.8366	3.0429
12	MAYONESA L-1	PT	KG	41782.72981	20102	21880.7298	2.0785
13	MAYONESA L-1	PT	KG	39461.46704	38560	901.467038	1.0234
14	MAYONESA L-1	PT	KG	19243.26834	18780	453.268338	1.0241
15	MAYONESA L-1	PT	KG	39507.89229	36490	3017.89229	1.0827
16	MAYONESA L-1	PT	KG	44103.99257	44150	46.007428	0.999
17	MAYONESA L-1	PT	KG	45784.58682	43200	2584.58682	1.0598
18	MAYONESA L-1	PT	KG	41318.47725	38700	2818.47725	1.0677
19	MAYONESA L-1	PT	KG	48746.51811	39909	8837.51811	1.2214
20	MAYONESA L-1	PT	KG	55533.89044	52345	3188.89044	1.0609
21	MAYONESA L-1	PT	KG	61446.46797	23650	37798.468	2.5982
22	MAYONESA L-1	PT	KG	62785.51532	58900	3885.51532	1.066
23	MAYONESA L-1	PT	KG	66368.11513	61020	5368.11513	1.086
24	MAYONESA L-1	PT	KG	55719.59146	52700	3019.59146	1.0573
25	MAYONESA L-1	PT	KG	56898.79294	57410	511.207057	0.9911
26	MAYONESA L-1	PT	KG	50557.10306	62333	11775.8989	0.8111
27	MAYONESA L-1	PT	KG	44103.99257	41245	2858.99257	1.0693
28	MAYONESA L-1	PT	KG	53369.04364	55410	2020.95636	0.9635
29	MAYONESA L-1	PT	KG	58310.12071	65210	8899.87929	0.8942
30	MAYONESA L-1	PT	KG	67316.62024	68900	416.620241	1.0062

Donde:

U.M.= unidad de medida (kilogramos).

P.T. Real= producto terminado real.

M. P. Real= materia prima real.

REPORTE DE PRODUCCION

LINEA DE PRODUCCION.- 1

CONCEPTO.- Reporte de **material de empaque**.

FECHA.-XXXX

DIA	MODELO DE PRODUCCION	TIPO	U.M.	P.T. REAL	M. E. REAL	VARIACION	INDICE
1	MAYONESA L-1	PT	ML	1035.06968	800	235.069681	1.2938
2	MAYONESA L-1	PT	ML	1058.39763	920	138.397629	1.1504
3	MAYONESA L-1	PT	ML	1257.98118	1200	57.9811821	1.0483
4	MAYONESA L-1	PT	ML	1174.08697	1090	84.08697	1.0771
5	MAYONESA L-1	PT	ML	1154.30141	1020	134.301414	1.1317
6	MAYONESA L-1	PT	ML	1058.91603	850	208.916028	1.2458
7	MAYONESA L-1	PT	ML	912.381956	830	282.381956	1.4482
8	MAYONESA L-1	PT	ML	777.598258	240	537.598258	3.24
9	MAYONESA L-1	PT	ML	1235.51723	1036	199.517232	1.1926
10	MAYONESA L-1	PT	ML	1010.87774	1005	5.87773563	1.0058
11	MAYONESA L-1	PT	ML	1215.04048	589	626.040478	2.0629
12	MAYONESA L-1	PT	ML	777.598258	690	87.5982582	1.127
13	MAYONESA L-1	PT	ML	734.398355	890	155.601645	0.8252
14	MAYONESA L-1	PT	ML	358.127198	319	39.1271978	1.1227
15	MAYONESA L-1	PT	ML	735.262353	500	235.262353	1.4705
16	MAYONESA L-1	PT	ML	820.798161	350	470.798161	2.3451
17	MAYONESA L-1	PT	ML	852.074891	780	72.0748914	1.0824
18	MAYONESA L-1	PT	ML	768.958278	478	290.958278	1.6087
19	MAYONESA L-1	PT	ML	807.197968	876	31.1979679	1.0356
20	MAYONESA L-1	PT	ML	1033.51448	874	159.514485	1.1825
21	MAYONESA L-1	PT	ML	1143.58784	690	253.587836	1.2849
22	MAYONESA L-1	PT	ML	1168.47098	521	647.470983	2.2427
23	MAYONESA L-1	PT	ML	1235.51723	996	239.517232	1.2405
24	MAYONESA L-1	PT	ML	1036.97048	569	467.970477	1.8224
25	MAYONESA L-1	PT	ML	1058.91803	385	693.918028	2.9011
26	MAYONESA L-1	PT	ML	840.893892	789	151.893892	1.1925
27	MAYONESA L-1	PT	ML	820.798161	790	30.7981614	1.039
28	MAYONESA L-1	PT	ML	993.597774	856	137.597774	1.1807
29	MAYONESA L-1	PT	ML	1085.18157	958	127.181569	1.1328
30	MAYONESA L-1	PT	ML	1252.79719	890	362.797194	1.4076

Donde:

U.M.= unidad de medida (millares).
P.T. Real= producto terminado real.
M. E. Real= material de empaque real.

ANALISIS

LINEA DE PRODUCCION.- 1

CONCEPTO.- Reporte de **desperdicios**.

FECHA.- XXXXX

DIA	MODELO DE PRODUCCION	TIPO	U.M.	P. P. REAL	P. E. REAL	VARIACION	INDICE
1	MAYONESA L-1	PT	KG	57320.5742	54331.0658	2989.5084	0.9478
2	MAYONESA L-1	PT	KG	58612.4402	55555.5556	3056.88464	0.9478
3	MAYONESA L-1	PT	KG	69665.0718	66031.746	3633.32574	0.9478
4	MAYONESA L-1	PT	KG	65019.1388	61628.1179	3391.02084	0.9478
5	MAYONESA L-1	PT	KG	63923.445	60589.5692	3333.87582	0.9478
6	MAYONESA L-1	PT	KG	58641.1483	55582.7664	3058.38189	0.9478
7	MAYONESA L-1	PT	KG	50528.3156	47691.1565	2635.15933	0.9478
8	MAYONESA L-1	PT	KG	43062.201	40816.3265	2245.87443	0.9476
9	MAYONESA L-1	PT	KG	68421.0528	64852.8077	3568.44492	0.9478
10	MAYONESA L-1	PT	KG	55980.8812	53061.2245	2919.63675	0.9478
11	MAYONESA L-1	PT	KG	67287.0813	63777.7778	3509.30356	0.9476
12	MAYONESA L-1	PT	KG	43062.201	40816.3265	2245.87443	0.9478
13	MAYONESA L-1	PT	KG	40669.8565	38548.7528	2121.10382	0.9478
14	MAYONESA L-1	PT	KG	19832.5359	18798.1859	1034.34994	0.9476
15	MAYONESA L-1	PT	KG	40717.7033	38594.1043	2123.59904	0.9478
16	MAYONESA L-1	PT	KG	45454.5455	43083.9002	2370.64523	0.9478
17	MAYONESA L-1	PT	KG	47188.8029	44725.8236	2480.97929	0.9476
18	MAYONESA L-1	PT	KG	42583.7321	40362.8118	2220.92027	0.9476
19	MAYONESA L-1	PT	KG	50239.2344	47819.0476	2820.18683	0.9478
20	MAYONESA L-1	PT	KG	57234.4498	54249.4331	2985.01665	0.9476
21	MAYONESA L-1	PT	KG	83330.1435	80027.2109	3302.93268	0.9478
22	MAYONESA L-1	PT	KG	64708.134	61333.3333	3374.80064	0.9476
23	MAYONESA L-1	PT	KG	68421.0528	64852.8077	3568.44492	0.9478
24	MAYONESA L-1	PT	KG	57425.8373	54430.839	2994.99832	0.9478
25	MAYONESA L-1	PT	KG	58641.1483	55582.7664	3058.38189	0.9478
26	MAYONESA L-1	PT	KG	52105.2632	49387.7551	2717.50806	0.9478
27	MAYONESA L-1	PT	KG	45454.5455	43083.9002	2370.64523	0.9478
28	MAYONESA L-1	PT	KG	55023.9234	52154.195	2869.72843	0.9478
29	MAYONESA L-1	PT	KG	60095.8938	56961.4512	3134.24253	0.9478
30	MAYONESA L-1	PT	KG	89377.9904	85759.6372	3618.35324	0.9478

Donde:

U.M.= unidad de medida (kilogramos).

P.P. Real= producto preparado real.

P.E. Real= producto empacado real.

ANALISIS

LINEA DE PRODUCCION.- 1

CONCEPTO.- Reporte de **tiempos muertos.**

FECHA.-XXXX

DIA	MODELO DE PRODUCCION	TIPO	U.M.	T DISP.	T MUERTO	VARIACION	INDICE
1	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	2	14	0.125
2	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1.5	14.5	0.0938
3	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1.3	14.7	0.0813
4	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1.3	14.7	0.0813
5	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	2.5	13.5	0.1563
6	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	2	14	0.125
7	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	2	14	0.125
8	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1.5	14.5	0.0938
9	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.5	15.5	0.0313
10	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.5	15.5	0.0313
11	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.5	15.5	0.0313
12	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.3	15.7	0.0188
13	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.3	15.7	0.0188
14	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	4.5	11.5	0.2813
15	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.6	15.4	0.0375
16	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1	15	0.0625
17	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1	15	0.0625
18	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	2.5	13.5	0.1563
19	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.3	15.7	0.0188
20	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.6	15.4	0.0375
21	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.6	15.4	0.0375
22	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.8	15.4	0.0375
23	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.3	15.7	0.0188
24	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	2	14	0.125
25	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1.5	14.5	0.0938
26	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.6	15.4	0.0375
27	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	0.6	15.4	0.0375
28	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1	15	0.0625
29	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1.3	14.7	0.0813
30	MAYONESA L-1	PT	Hr	16	1.6	14.4	0.1

Donde:

U.M.= unidad de medida (Horas).

T. Disp.= tiempo disponible.

T. Muerto= tiempo muerto.

ANALISIS.

LINEA DE PRODUCCION.- 1

CONCEPTO.- Reporte de **rentabilidad**.

FECHA.-XXXX

DIA	MODELO DE PRODUCCION	TIPO	INSUMOS.	P. T. REAL	VARIACION	INDICE
1	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.396	0.104	0.9584
2	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.45	0.05	0.98
3	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.912	0.412	1.1648
4	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.7178	0.2178	1.0871
5	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.672	0.172	1.0688
6	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.4512	0.0488	0.9805
7	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.112	0.388	0.8448
8	MAYONESA L-1	PT	2.5	1.8	0.7	0.72
9	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.86	0.36	1.144
10	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.34	0.16	0.936
11	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.8126	0.3126	1.125
12	MAYONESA L-1	PT	2.5	1.8	0.7	0.72
13	MAYONESA L-1	PT	2.5	1.7	0.8	0.68
14	MAYONESA L-1	PT	2.5	0.829	1.671	0.3316
15	MAYONESA L-1	PT	2.5	1.702	0.798	0.6808
16	MAYONESA L-1	PT	2.5	1.9	0.6	0.76
17	MAYONESA L-1	PT	2.5	1.9724	0.5276	0.789
18	MAYONESA L-1	PT	2.5	1.78	0.72	0.712
19	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.1	0.4	0.84
20	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.3924	0.1076	0.957
21	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.6472	0.1472	1.0589
22	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.7048	0.2048	1.0819
23	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.86	0.36	1.144
24	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.4004	0.0996	0.9602
25	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.4512	0.0488	0.9805
26	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.178	0.322	0.8712
27	MAYONESA L-1	PT	2.5	1.9	0.6	0.76
28	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.3	0.2	0.92
29	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.512	0.012	1.0048
30	MAYONESA L-1	PT	2.5	2.9	0.4	1.16

Donde:

Insumos y producto terminado se miden en millones de pesos.

ANALISIS.

LINEA DE PRODUCCION.- 1

CONCEPTO.- Reporte de **coberturas**.

FECHA.- XXXXX

DIA	MODELO DE PRODUCCION	INV. PLANEADO	INV. REAL	VARIACION	INDICE
1	MAYONESA L-1	3.15	4	0.85	1.2698
2	MAYONESA L-1	3.15	4.2	1.05	1.3333
3	MAYONESA L-1	3.15	3	0.15	0.9524
4	MAYONESA L-1	3.15	2.89	0.26	0.9175
5	MAYONESA L-1	3.15	4.36	1.21	1.3841
6	MAYONESA L-1	3.15	2.33	0.82	0.7397
7	MAYONESA L-1	3.15	3.6	0.45	1.1429
8	MAYONESA L-1	3.15	3.45	0.3	1.0952
9	MAYONESA L-1	3.15	2.99	0.16	0.9492
10	MAYONESA L-1	3.15	4.21	1.06	1.3365
11	MAYONESA L-1	3.15	5.1	1.95	1.619
12	MAYONESA L-1	3.15	3.25	0.1	1.0317
13	MAYONESA L-1	3.15	2	1.15	0.6349
14	MAYONESA L-1	3.15	3.98	0.84	1.2667
15	MAYONESA L-1	3.15	2.5	0.65	0.7937
16	MAYONESA L-1	3.15	2.6	0.55	0.8254
17	MAYONESA L-1	3.15	3.1	0.05	0.9841
18	MAYONESA L-1	3.15	3.3	0.15	1.0476
19	MAYONESA L-1	3.15	5	1.85	1.5673
20	MAYONESA L-1	3.15	4.5	1.35	1.4286
21	MAYONESA L-1	3.15	2.6	0.55	0.8254
22	MAYONESA L-1	3.15	3.59	0.44	1.1397
23	MAYONESA L-1	3.15	4.12	0.97	1.3079
24	MAYONESA L-1	3.15	4.02	0.87	1.2762
25	MAYONESA L-1	3.15	4.05	0.9	1.2857
26	MAYONESA L-1	3.15	4.3	1.15	1.3651
27	MAYONESA L-1	3.15	3.18	0.03	1.0095
28	MAYONESA L-1	3.15	3.69	0.54	1.1714
29	MAYONESA L-1	3.15	3.21	0.06	1.019
30	MAYONESA L-1	3.15	2.36	0.79	0.7492

Los inventarios se miden en millones de pesos.

Donde:

Inv.= inventario.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Paradójicamente en México no se lleva este tipo de seguimientos en la mayoría de las empresas de la industria alimenticia. A partir de la apertura comercial, se ha observado que ciertas empresas han tratado de desarrollar una cultura de productividad, sin ser lo suficientemente sólida para poder aumentar los índices de eficiencia dentro de la industria.

En definitiva, en nuestro país debe haber un cambio radical en la cultura de productividad, de no darse y continuar con la política desarrollada hasta este momento, México enfrentará problemas muy graves en cuanto al desarrollo de la economía y de la planta industrial nacionales.

Si observamos, un factor que puede determinar qué tan idóneas han sido las políticas (en materia industrial) desarrolladas por los diferentes países, es sin duda la productividad relativa de cada nación. En este factor se puede comparar la capacidad que tiene cada país para enfrentarse con los problemas económicos que vengan del exterior.

Si no somos capaces de aumentar la productividad relativa, tendremos (como hasta el momento) que seguir con una dependencia muy grande en materia industrial. Continuaremos cayendo en el error de mantener una baja eficiencia, lo que nos llevará a la imperiosa necesidad de importar bienes y servicios que anteriormente se hacían en nuestro país.

Debemos aprovechar que en el sector de la industria alimenticia, contamos con una gran variedad de productos de primera necesidad que no necesitamos importar. Si a esto le agregamos una política industrial que transforme y fomente la investigación y el desarrollo dentro del sector alimenticio, sin lugar a dudas podremos obtener grandes beneficios en un mediano plazo.

Por otro lado, será fundamental que se tenga el seguimiento de todo aquel programa que se implante, se debe tener cuidado de observar con detenimiento el desarrollo de las diferentes variables que se involucran en éste, recordando que de un buen análisis de los reportes de producción se podrá obtener el resultado óptimo que aumente la capacidad y eficiencia de la planta.

Es necesario mencionar que se debe tener en cuenta el valor que otorga la información, en todo el documento se hizo hincapié en este sentido. Todo el desarrollo de control se basa en la claridad y certidumbre de los reportes, de no tener a la mano esa información, se tendrá que prescindir de una parte fundamental dentro de la forma de control de todas aquellas variables involucradas en la planta.

En fin, esta tesis no es más que un acercamiento hacia la forma en que se puede empezar a crear una filosofía de productividad real, que más allá de manejar la productividad basándose en lo que se quiere obtener (en alusión a la producción), busque las variables reales que influyen en el comportamiento característico de la planta (vía índices) y realice el análisis

para que se pueda realizar una mejora continua dentro de todo el aparato productivo de la empresa.

Se ha pretendido mostrar un método en el que el gerente de planta se pueda basar para realizar más eficientemente sus funciones, tomando en cuenta que es un proceso a largo plazo, es necesario un seguimiento minucioso para cada índice.

Sólo resta apuntar lo siguiente; alcanzar un nivel elevado de productividad no es sencillo, requiere de muchos factores entre los cuales destacan: la dedicación, el seguimiento, el compromiso, la comunicación, pero sobre todo, que se quiera tener un cambio que lleve a la empresa a la **productividad 100%**, a no ser una empresa del montón, a tener un cambio de actitud general en el que se tenga como objetivo la mejora continua y recordar que el esfuerzo de todos y cada uno de los elementos de la empresa hará posible que día a día se superen los problemas que se presenten.

En el momento que todo esto se logre, pasaremos de observar **mejoras individuales** a presenciar **mejoras colectivas**.

ANEXOS

CUADRO I

Participación del PIB en la industria
de la transformación.

(Por cientos)

Industria	1950-60	1960-65	1965-70	1970-71	1971-72	1972-73	1973-74	1974-75	1975-76	1976-77	1977-78
Perecederos	5.2	7.5	9.8	2.3	6.8	6.1	3	3.6	3.1	6	5.3
Intermedios	9.6	12.9	13.6	6.2	12.2	10.5	6.5	2.2	6.2	1.9	9.8
Bienes-capital	10.7	14.7	19.5	4.1	6.7	13.9	11.5	5.6	0.9	0.4	16.1
Ind. manufact.	6.6	9.9	12.4	3.8	8.3	8.9	5.6	3.6	3.6	3.6	8.8

Fuente: Elaborado con base en los Informes Anuales del Banco de México.

CUADRO II

Estructura actual y esperada de la industria
manufacturera mexicana en 1967.

(Porcentajes)

Código del CMAE	Industria	Est. Actual %	Est. Esperada %
20-22	Alimentos, bebidas y tabaco	31.8	28.7
23	Textiles	8.3	13.1
24	Vestido	7.4	7.8
25-26	Madera y muebles	2.5	2.4
27	Papel	3.9	5.3
28	Editorial	2.5	3.8
29	Cuero	1.5	1.3
30	Gule	3	2.2
31-32	Química y petroquímica	11.3	11.3
33	Minerales no metálicos	4.4	6.4
34	Metálica básica	7.4	5.7
35	Productos metálicos y equipo	16.7	10.1
20-36	Total	100	100

Fuente: NAFINSA-CEPAL, 1971, p.89.

CUADRO III

Mejoras que se pueden obtener mediante el uso del sistema CIM.

Generales:

- + Aumentar el volumen de producción para mejorar el nivel de servicio a clientes.
- + Mejorar el pronóstico de ventas.
- + Mejorar el servicio de distribución.
- + Incrementos en los márgenes de utilidad.
- + Establecimiento de un sistema de medición de la actuación de los proveedores.
- + Disminución de las cargas de trabajo.

Operativos:

- + Disminución de fallas de calidad.
- + Disminución de retrabajos.
- + Obtención de informes de producción completos y exactos.
- + Actualización de estándares de producción.
- + Disponibilidad de informes de rendimiento y tasas de producción por línea, diarios y por programa.
- + Medición de los desperdicios y determinación de las causas, en el momento que suceden.
- + Medición y análisis de los tiempos muertos en cada línea de producción cada vez que suceden.

- + Racionalización de mano de obra directa e indirecta.
- + Programación eficiente de la producción.
- + Establecer un sistema de simulación para determinar el mejor escenario de producción.
- + Disminución de paros de producción por falta de materiales.
- + Conocimiento de los factores de merma y material dañado y sus razones.
- + Contar con un sistema para el manejo de la caducidad de los materiales.
- + Eficiencia del proceso de revisión de calidad.

Inventarios:

- + Mejoramiento en la confiabilidad de la información de los inventarios.
- + Mejoramiento en los métodos de conteo de inventario.
- + Reducción en los errores en captura de la información de inventarios.
- + Control de la rotación del inventario.
- + Eliminación de duplicidad en los conteos del inventario.
- + Optimización del espacio de los almacenes.
- + Disminución de los materiales obsoletos.
- + Disminución de la inversión del inventario.

CUADRO IV

Patrones de comportamiento.

1. Corrida:

Es una serie de puntos consecutivos por arriba o por abajo de la línea central y que no la cruzan. Una corrida de más de siete puntos hace que el proceso se considere anormal.

2. Tendencia:

Es una serie de puntos consecutivos en forma ascendente o descendente que amenaza con salir fuera de los límites de control.

3. Adhesión a los límites de control:

Se divide de la línea central hacia los límites de control en tres partes iguales, los puntos que caen en el último tercio pegado a los límites se consideran con adhesión; más de tres puntos seguidos se considera un proceso anormal.

4. Adhesión a la línea central:

Se divide de la línea central hacia los límites de control en dos partes iguales, todos los puntos que caen en la parte central se consideran con adhesión. Si este patrón se presenta en toda la gráfica, se considera un proceso anormal.

5. Periodicidad:

Es cuando los puntos muestran un patrón de comportamiento muy parecido. Cuando la periodicidad se presenta en parte de la gráfica, se dice que es normal, pero si se presenta en toda la gráfica el proceso se considera anormal.

6. Puntos fuera de control:

Es cualquier punto que queda fuera de los límites de control, cuando esto se presenta se considera que en el proceso existe una causa especial y tenemos que eliminarla.

FUENTE.- Control estadístico de la calidad, GRANT.

CUADRO V.
FACTORES PARA ESTIMAR S (GRANT, 1972).

NUMERO DE OBSERVACIONES	FACTOR PARA ESTIMAR S
n	d2
2	1.128
3	1.693
4	2.059
5	2.326
6	2.534
7	2.704
8	2.847
9	2.97
10	3.078
11	3.173
12	3.258
13	3.336
14	3.407
15	3.472
16	3.532
17	3.588
18	3.64
19	3.689
20	3.735
21	3.778
22	3.819
23	3.858
24	3.895
25	3.931
30	4.086
35	4.213
40	4.322
45	4.415
50	4.498
55	4.572
60	4.639
65	4.699
70	4.755
75	4.806
80	4.854
85	4.898
90	4.939
95	4.978
100	5.015

CUADRO VI

DISTRIBUCION NORMAL

Se demostrará que se comporta como normal la distribución de producción del ejemplo citado. Usando como base la regla empírica, tenemos que una variable se distribuye como normal cuando:

Dada una distribución de las observaciones el intervalo

$(X \pm S)$ contiene aproximadamente al 68% de las observaciones.

$(X \pm 2S)$ contiene aproximadamente al 95% de las observaciones.

$(X \pm 3S)$ contiene casi todas las observaciones, esto es, cerca de 99%.

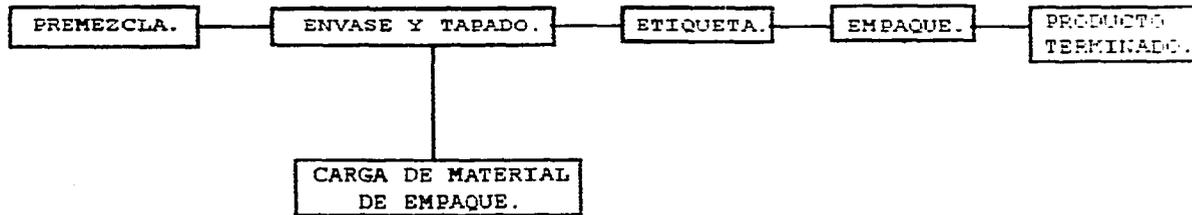
La distribución acampanada se conoce como la **distribución normal**.

Si la distribución es aproximadamente normal, será simétrica y la media la dividirá en 2 pasando por la mitad. (Marshall, Et. Al., pp 48). Para el ejemplo contamos con que los intervalos obtenidos son:

- 1) (0.603,1.028) dentro del que se encuentran 58% de las observaciones.
- 2) (0.39,1.245) dentro del que se encuentran 96% de las observaciones.
- 3) (0.173,1.453) dentro del que se encuentran 97% de las observaciones.

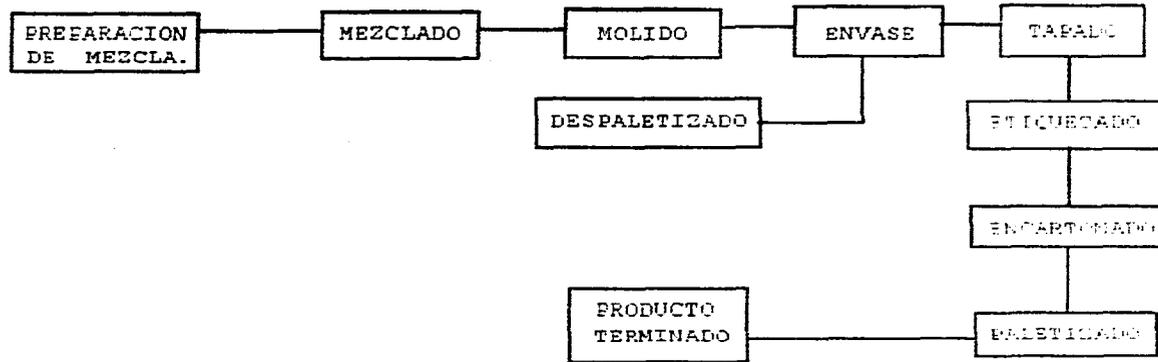
De aquí que quede comprobado empíricamente el comportamiento normal de la muestra tomada.

DIAGRAMA 1.

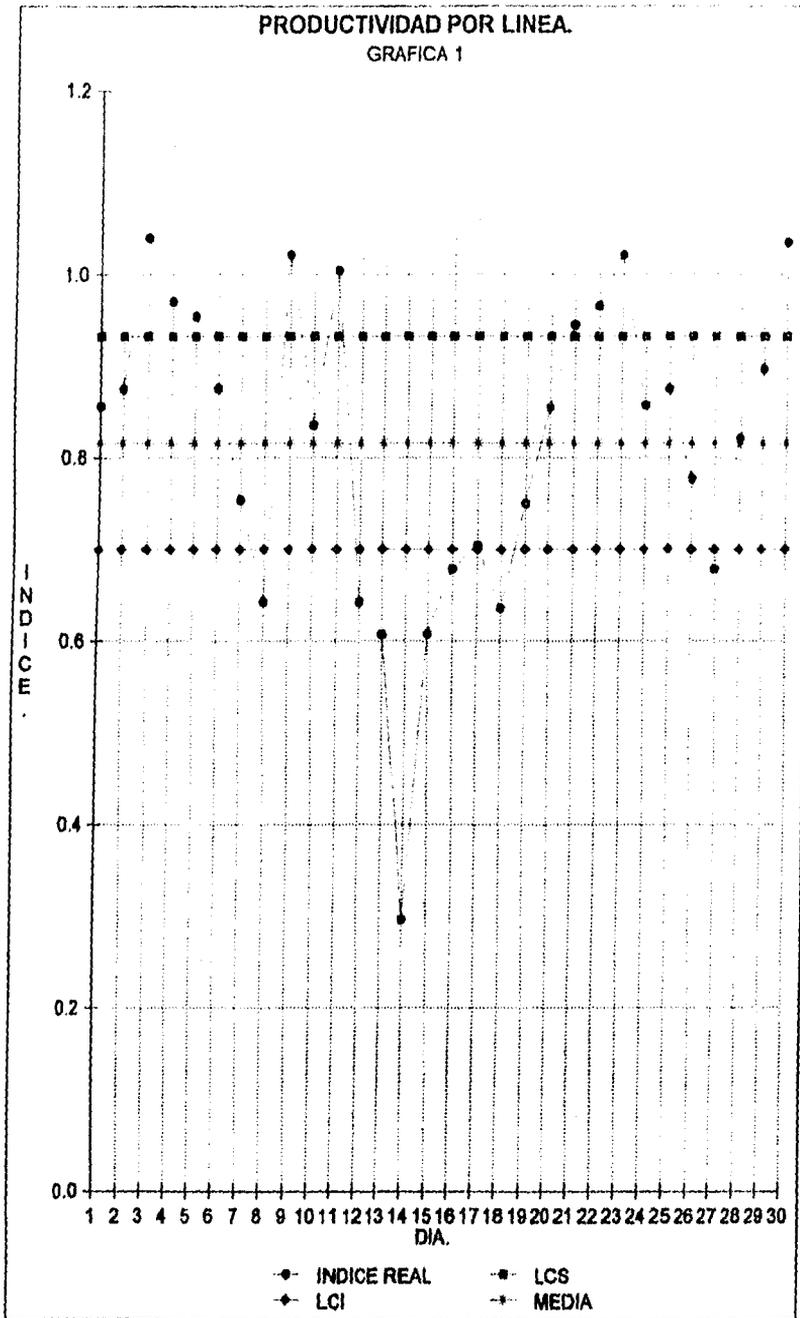


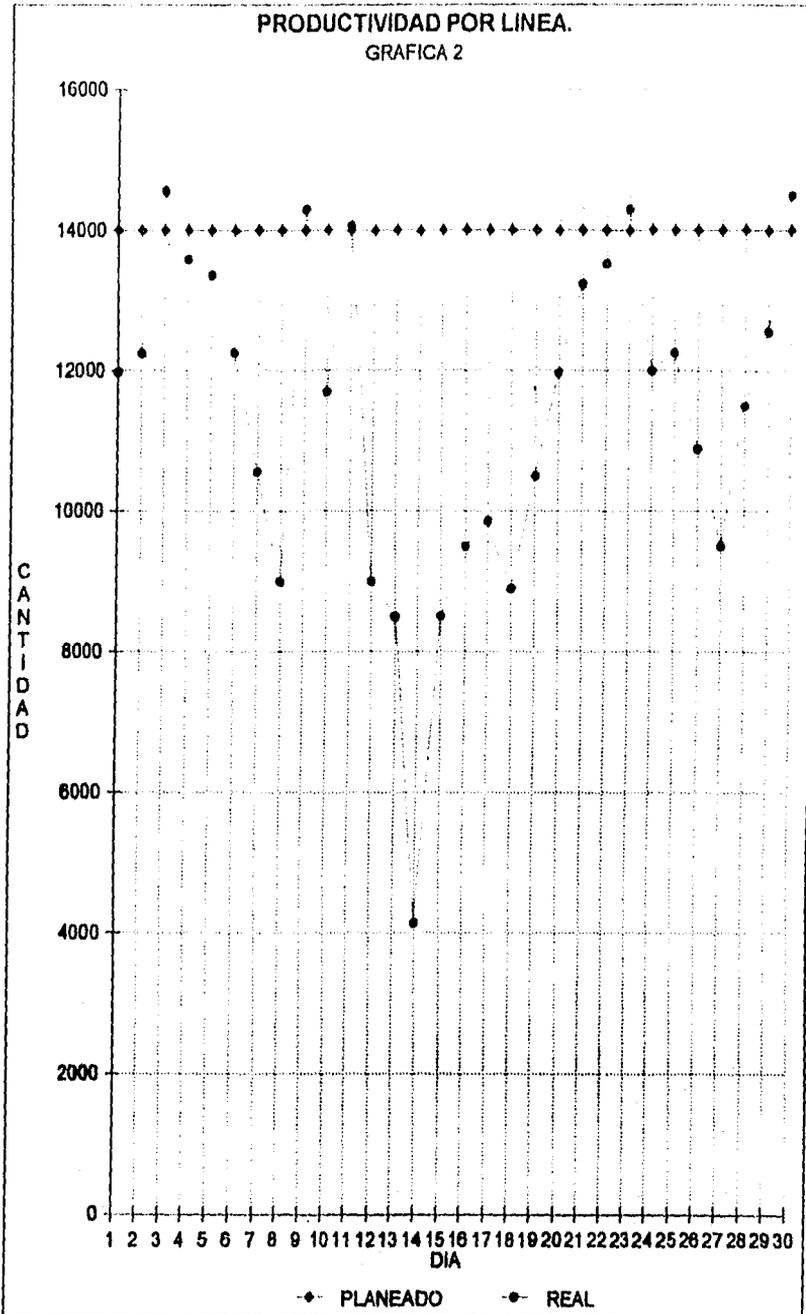
Línea de producción en la industria alimenticia utilizada en 1980.

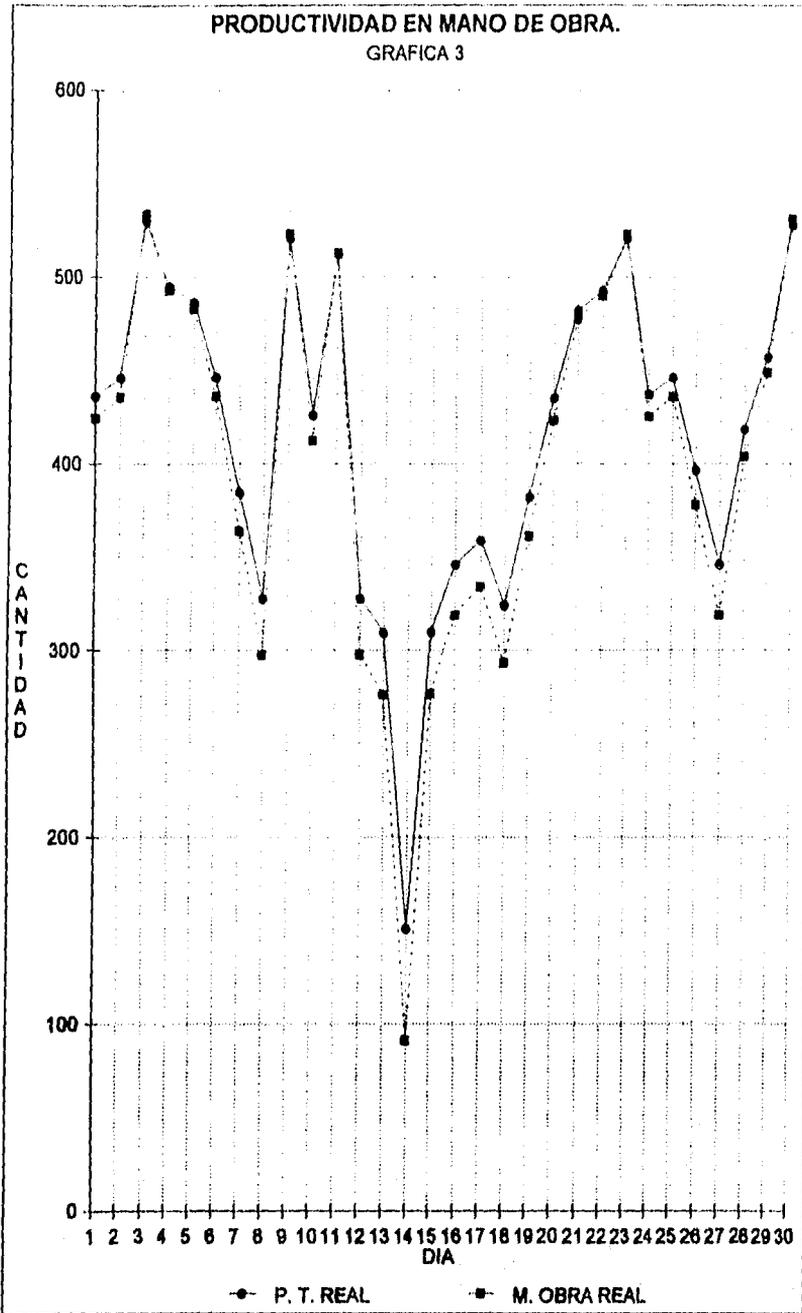
DIAGRAMA 2.

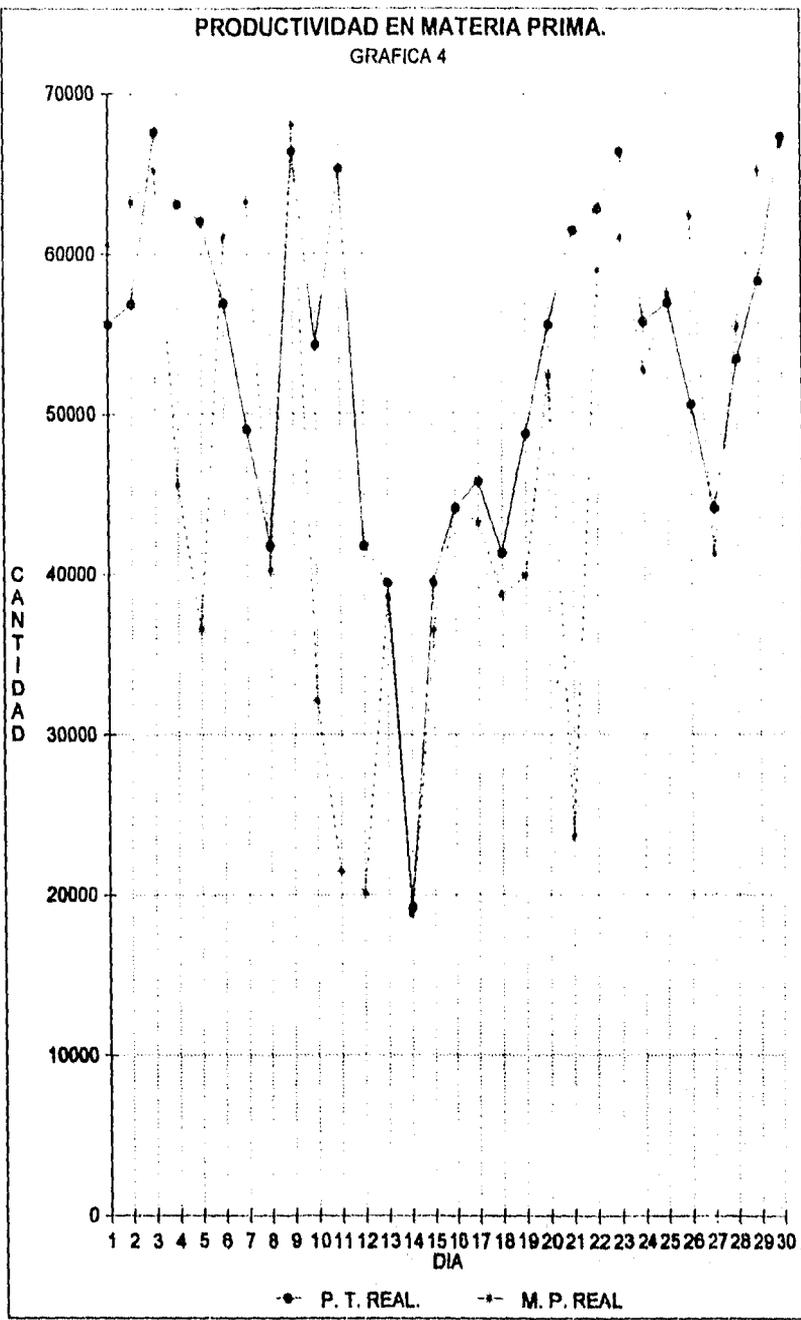


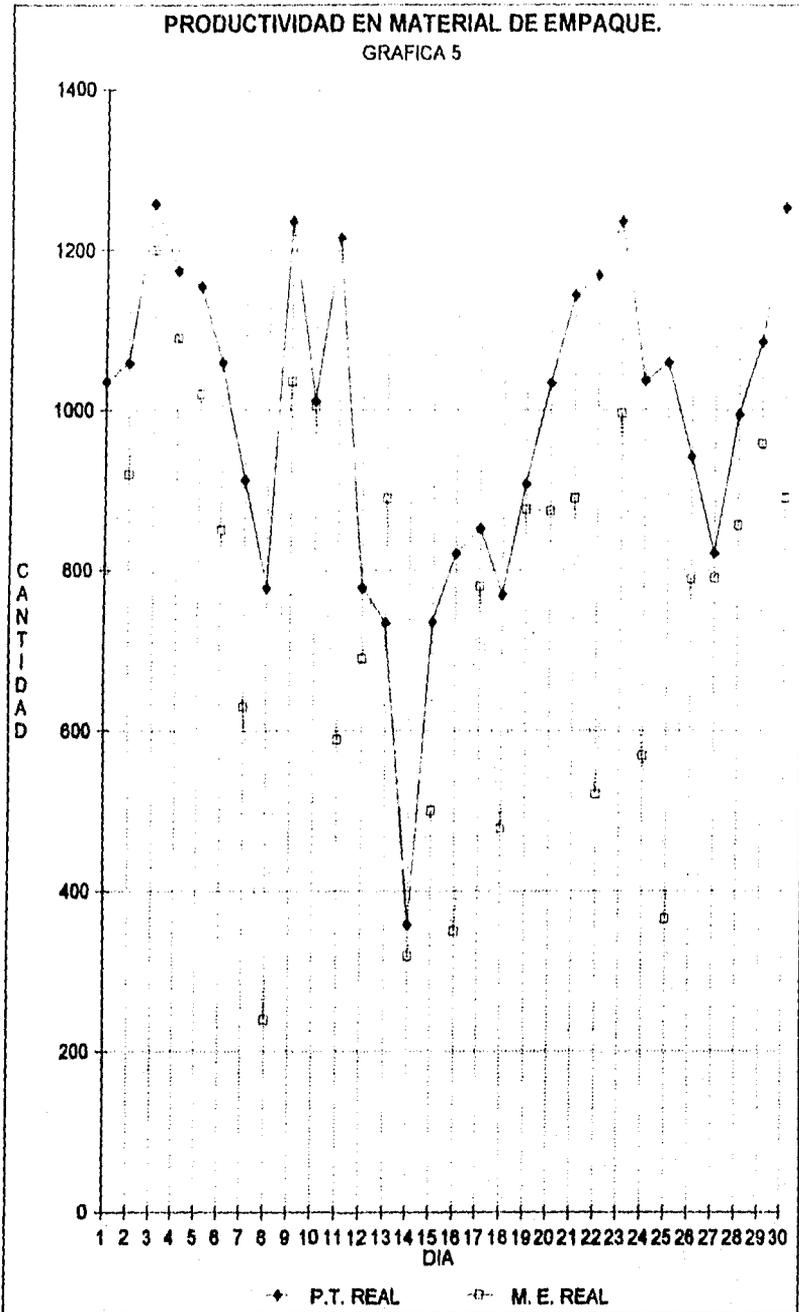
Línea de producción en la industria alimenticia utilizada en 1990.

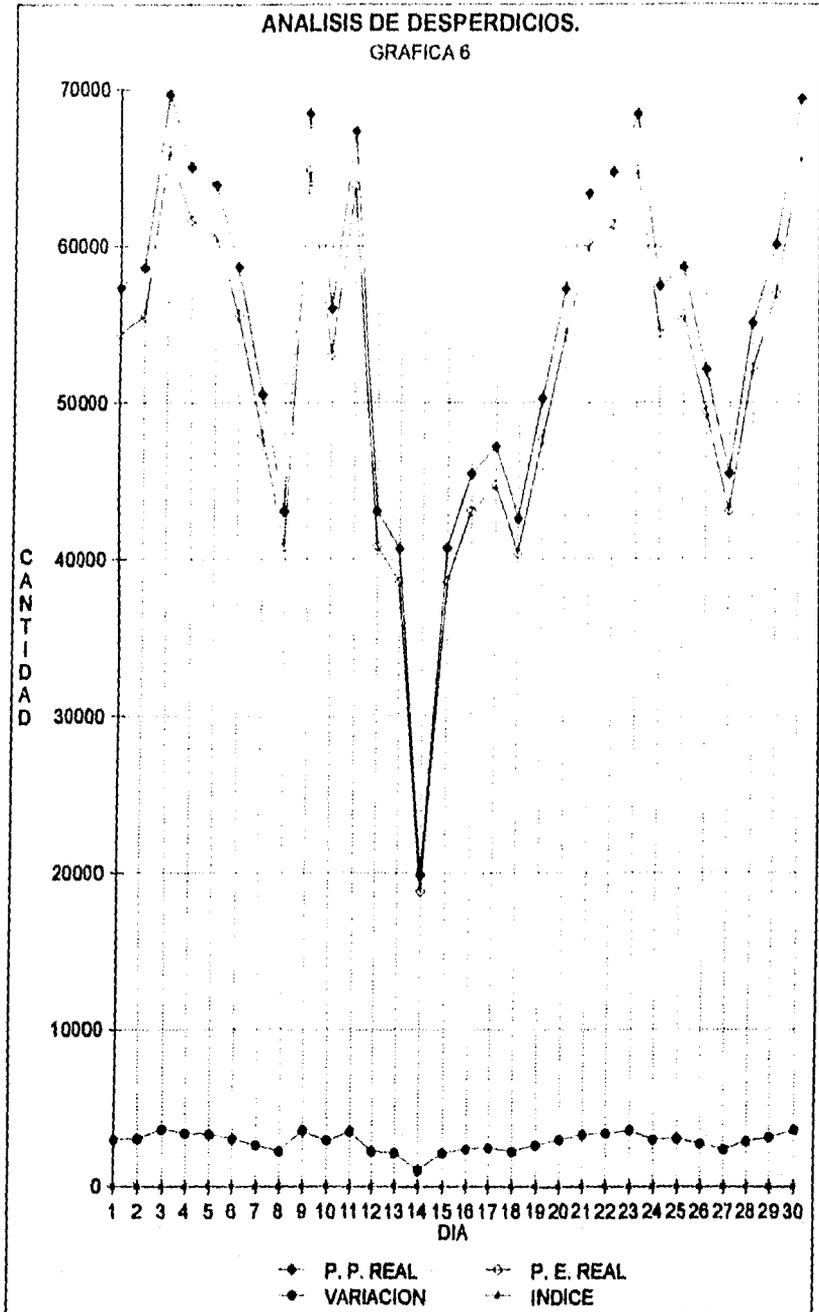


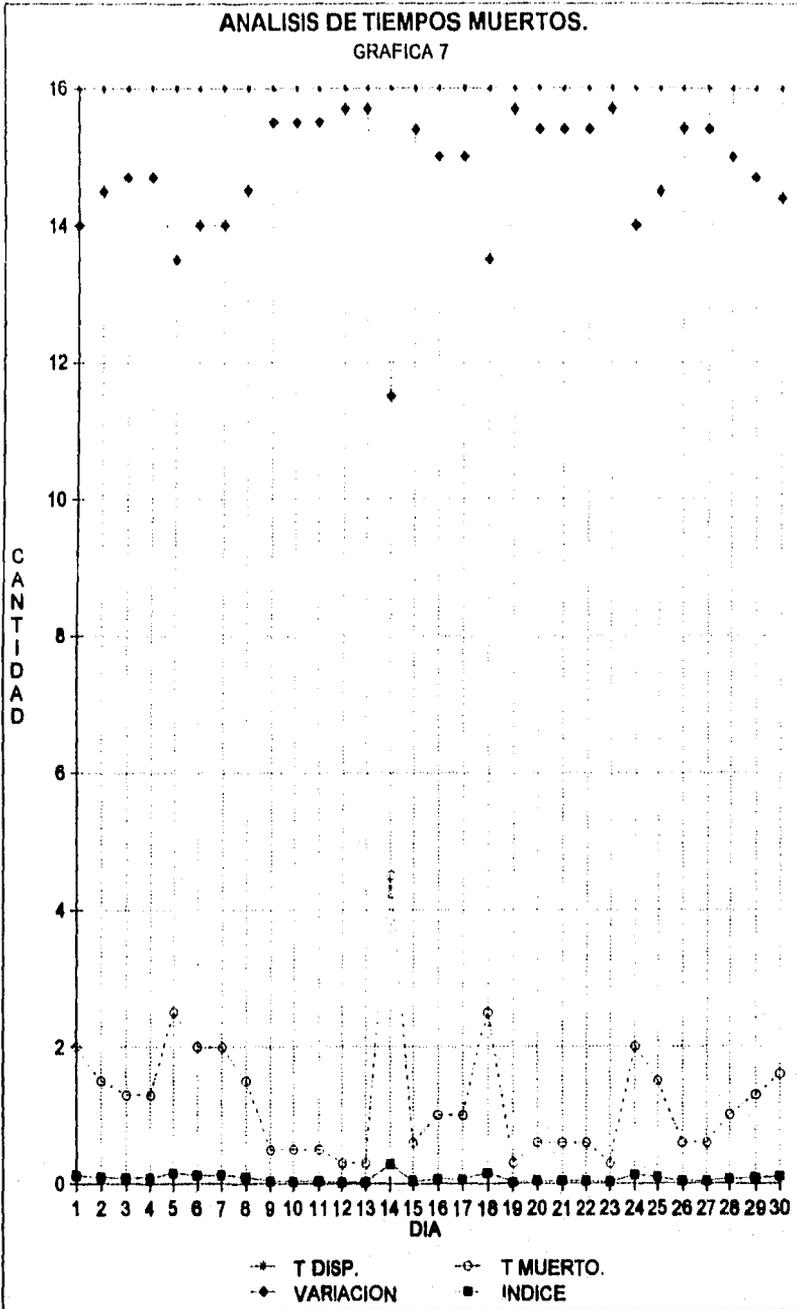


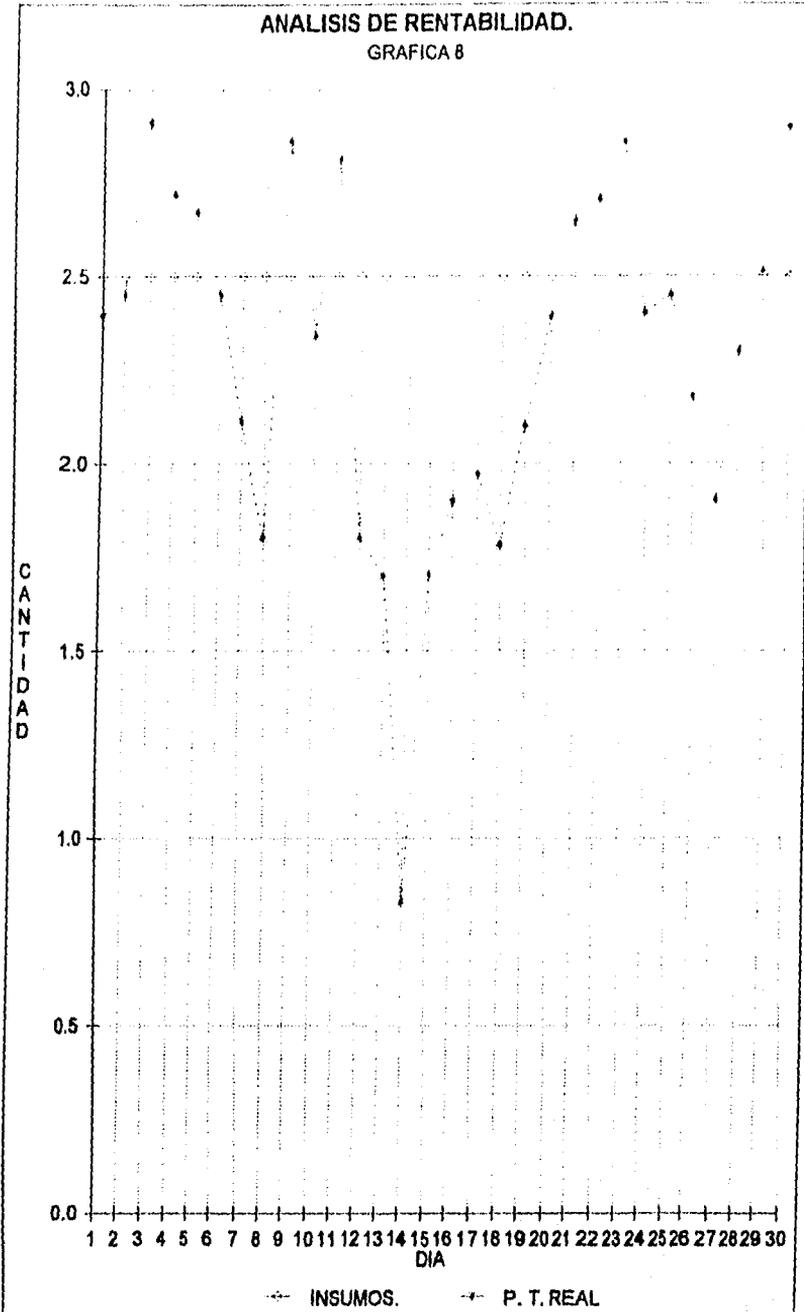




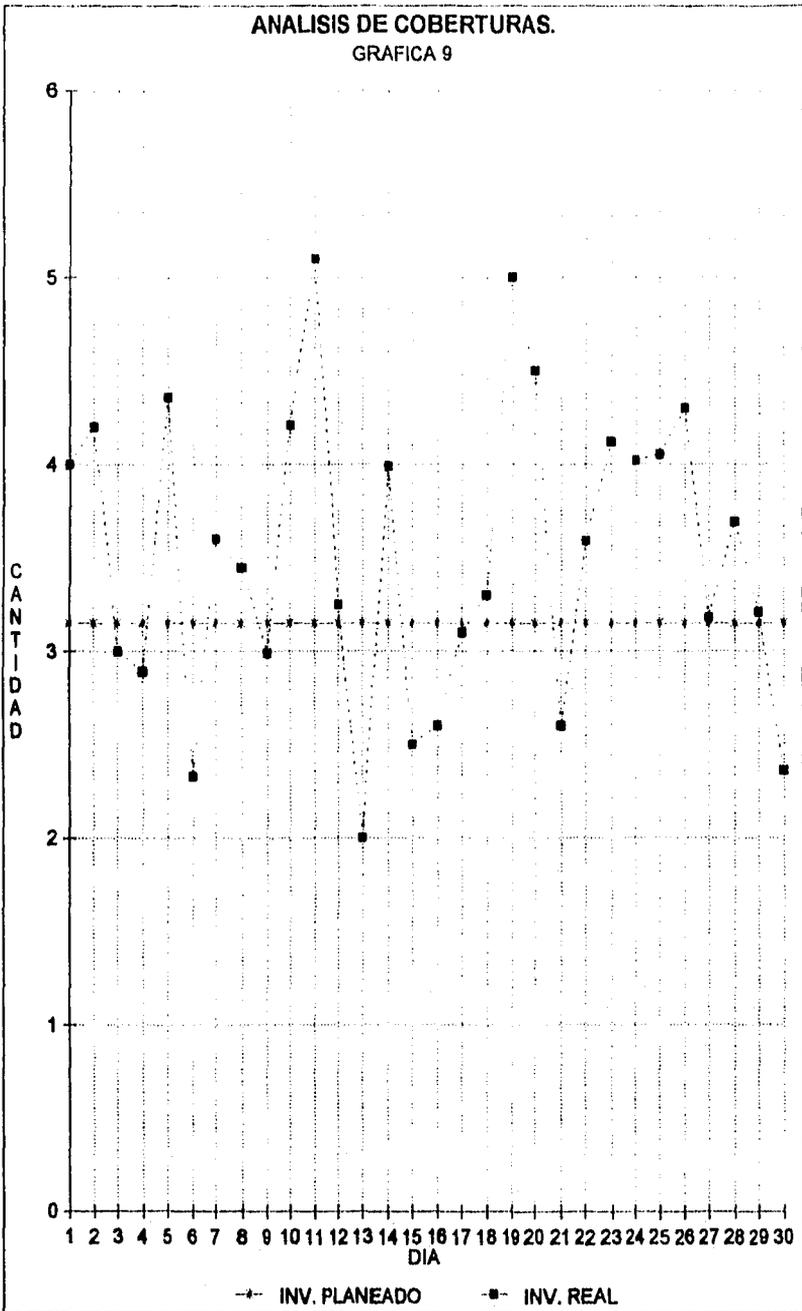








ANALISIS DE COBERTURAS.
GRAFICA 9



BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

Beer S., "Platform for change", Ed. Wiley and sons, 1975, p. 429-443.

Craig, C., Harris C., "Total productivity measurement at the firm level", Sloan management review, 1973, p. 13-29.

Dogramaci Ali, "Managerial issues in productivity analysis", Kluwer-Nijhoff Publishing, 1985, p. 150-155.

Grant Eugene, "Control estadístico de calidad", Ed. CECSA, 1972, p. 16-19, p. 87-89.

Hammer M. y Champy J., "Reengineering the corporation", Ed. Harper collins, 1994, p.53-69.

Hax Arnold, "Operations Management", Ed. North-Holland Publishing, 1993, p. 100-120.

Hernández E., "La productividad y el desarrollo industrial en México", Ed. FCE, 1985, 23-47.

Hines W., "Guidelines for implementing productivity measurement", Industrial engineering magazine, vol. 8, 1976, p. 40-43.

Holman J., "Métodos experimentales para ingenieros", Ed. Mc Graw Hill, 1988, p. 69-98.

Industrial research and development, "Manufacturing productivity frontiers", oct. 1981, p. 48.

Klein A. y Grabinsky N., "El análisis factorial", Ed. Banco de México, 1990, p. 27-45.

Larson H., "Introducción a la teoría de probabilidades e inferencia estadística", Ed. Limusa, 1993, p. 181-185.

Larson H., "Productivity", Ed Mc Graw Hill, 1982, p. 79-82.

Leibenstein, "La programación lineal", 1975, p.100.

Maddala G., "Introduction to econometrics", Ed. Macmillan, 1992, p. 542-549.

Makridakis S., et al., "Forecasting", Ed. John Wiley and sons, 1983, p. 412-462.

Mendenhall W. y Reinmuth J., "Estadística para economistas", Ed. Iberoamericana, 1981, 161-170.

Mundel M., "Measures of productivity", Ind. eng. mag., 1976, p. 24-26.

Mundel M., "Improving productivity and effectiveness", Ed. Prentice Hall, 1983, p. 114-118.

Niebel B., "Ingeniería Industrial", Ed. Alfaomega, 1988, p. 47-55.

Núñez del Prado A., "Estadística para la planificación", Ed. siglo XXI, 1992, p. 90-103.

Newsweek magazine, sept. 8, 1990, p. 56.

Plossl G., "Control de la producción e inventarios", Ed. Prentice Hall, 1994, p. 17-35.

Ramírez C., "Ergonomía y productividad", Ed. Limusa, 1984, p. 90-95.

Ruch W., "Your key to planning profits", productivity brief, 1981, p. 6-10.

Secretaría del trabajo y previsión social, "Evolución de la productividad total de los factores en la economía mexicana", Cuadernos de trabajo, 1993, p. 178.

Sumanth D., "Ingeniería y administración de la productividad", Ed. Mc Graw Hill, 1990, p. 13-29, p. 98-112.

Sumanth D., "Productivity awareness in the US: A survey of some major corporations", Ind. eng. mag., 1980, p. 84-90.

Taha H., "Operations research", Ed. Macmillan, 1992, p. 479-484.

Taylor b. y Davis R., "Corporate Productivity", Ind. eng. mag., 1977, p. 32-36.

U.S. News and world report, "How to stop sag in productivity", julio 28, 1980, p.57.

Velasco E., "Productividad de las manufacturas mexicanas", El cotidiano, No. 64, 1994, p. 17-21.

Walters, "La función de la productividad tradicional", 1982, p. 56.