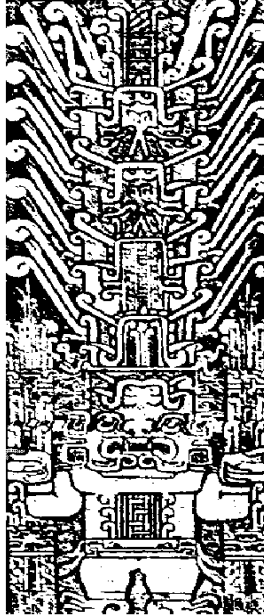


**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL**  
**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST – GRADO**



**T E S I S**

**“LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA EVALUACIÓN  
DEL DESEMPEÑO DE UNA EMPRESA HIDROELÉCTRICA”**

**PRESENTADO POR:  
WILMER ERNESTO GARCIA LAMADRID**

**MAESTRÍA INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN DE OPERACIONES Y PRODUCTIVIDAD**

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## **ESTRUCTURA DE LA TESIS**

### **TITULO:**

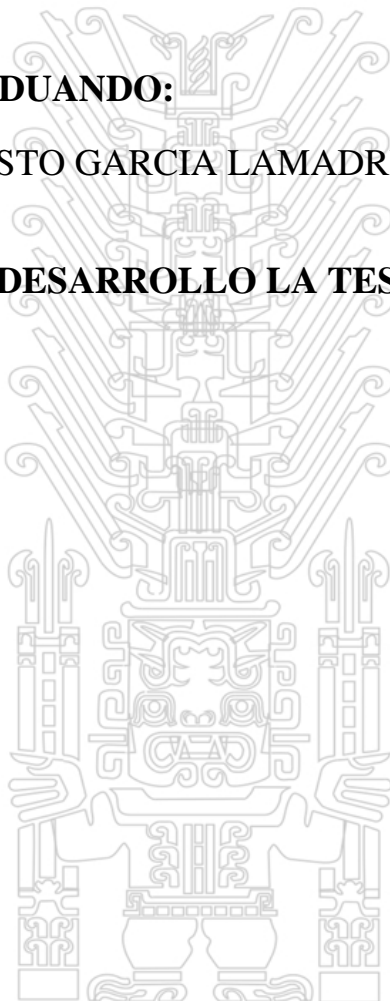
**“LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA EVALUACIÓN  
DEL DESEMPEÑO DE UNA EMPRESA HIDROELÉCTRICA”**

### **NOMBRE DEL GRADUANDO:**

**ING. WILMER ERNESTO GARCIA LAMADRID**

### **LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA TESIS.**

**LIMA. PERU.**



## INDICE

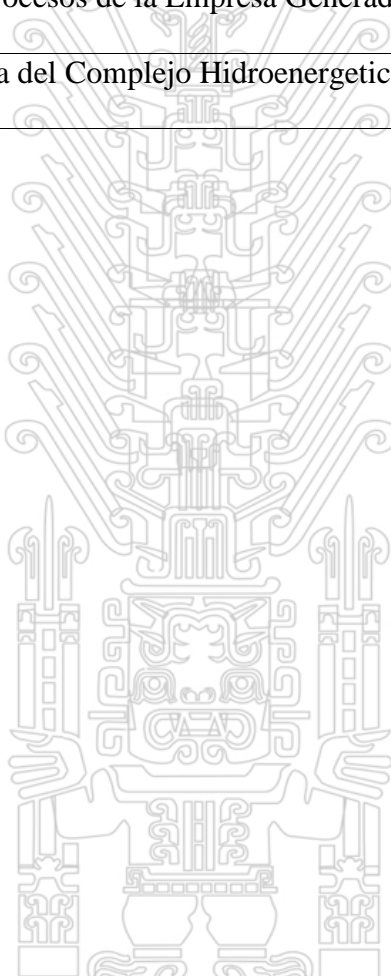
N°	INDICE	PAG
	<b>CARÁTULA:</b>	<b>1</b>
	<b>ESTRUCTURA DE LA TESIS</b>	<b>2</b>
	<b>INDICE:</b>	<b>3</b>
	<b>INDICE DE FIGURAS:</b>	<b>5</b>
	<b>INDICE DE TABLAS:</b>	<b>7</b>
	<b>RESUMEN:</b>	<b>8</b>
	<b>ABSTRACT:</b>	<b>10</b>
	<b>INTRODUCCIÓN:</b>	<b>12</b>
<b>I</b>	<b>CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>14</b>
	1.1 Antecedentes de la Investigación	<b>14</b>
	1.2 Descripción de la Situación Problemática	<b>23</b>
	1.3 Formulación del Problema	<b>26</b>
	1.3.1 Descripción del Problema	<b>26</b>
	1.3.2 Problema Principal	<b>26</b>
	1.3.3 Problemas Secundarios	<b>26</b>
	1.4 Objetivos	<b>27</b>
	1.4.1 Objetivo General	<b>27</b>
	1.4.2 Objetivos Específicos	<b>27</b>
	1.5 Justificación e Importancia	<b>27</b>
	1.6 Limitaciones y Restricciones de la Investigación	<b>29</b>
<b>II</b>	<b>CAPITULO II MARCO TEORICO</b>	<b>30</b>
	2.1 Productividad	<b>30</b>
	2.1.1 Productividad y Calidad de Vida	<b>30</b>
	2.1.2 Medición de la Productividad por el Método de Kurosawa	<b>31</b>
	2.1.3 La Eficiencia Global de Equipo (OEE) y el Cálculo de la Productividad Total de Equipo(PTE)	<b>55</b>
	2.1.4 Medición de la Productividad por el Modelo de Productividad Total de Sumanth	<b>73</b>
	2.2 Evaluación del Desempeño:	<b>75</b>
	2.2.1 El Desempeño: Sus Componentes y sus Parámetros	<b>80</b>
	2.2.2 Los Indicadores	<b>111</b>
	2.2.3 La Productividad como un Indicador de Desempeño	<b>122</b>
	2.2.4 Sistema de Información	<b>127</b>
	2.3 Definición de Términos	<b>128</b>
<b>III</b>	<b>CAPITULO III HIPOTESIS, VARIABLES E INDICADORES</b>	<b>131</b>
	3.1 Hipótesis General	<b>131</b>
	3.2 Hipótesis Específicas	<b>131</b>
	3.3 Variables e Indicadores	<b>131</b>
	3.3.1 Variables Independientes	<b>131</b>
	3.3.2 Variables Dependientes	<b>132</b>

		3.3.3 Indicadores de la Variable Independiente	<b>132</b>
		3.3.4 Indicadores de la Variable Dependiente	<b>133</b>
<b>IV</b>	<b>CAPITULO IV METODOLOGIA</b>		<b>134</b>
	4.1	Tipo de Investigación	<b>134</b>
	4.2	Nivel de Investigación	<b>134</b>
	4.3	Método	<b>134</b>
	4.4	Población y Muestras	<b>136</b>
	4.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	<b>136</b>
	4.6	Método de Análisis y Procesamiento de Datos	<b>136</b>
<b>V</b>	<b>CAPITULO V ESTUDIO DE CASO DE LA EMPRESA DE GENERACION ELECTRICA. DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE ANALISIS</b>		<b>137</b>
	5.1	Actividades Involucradas en el Sector Eléctrico	<b>137</b>
	5.2	Los Procesos Operativos de la Empresa Generadora y su Relación con los Operadores del Sistema Electrico	<b>140</b>
	5.3	Macroprocesos de la Empresa Generadora	<b>141</b>
	5.4	Configuración Física de la Unidad de Análisis	<b>142</b>
<b>VI</b>	<b>CAPITULO VI PRESENTACION DE RESULTADOS</b>		<b>146</b>
	6.1	Identificación de las Variables en Estudio	<b>146</b>
	6.2	Estimación de los Coeficientes de Regresión y Otros Estadísticos Importantes	<b>149</b>
	6.3	Contrastación de Hipótesis	<b>150</b>
		6.3.1 Contrastación de la Hipótesis General	<b>150</b>
		6.3.2 Contrastación de las Hipótesis Secundarias	<b>152</b>
	6.4	Análisis de Cumplimiento de los Supuestos de Regresión Lineal	<b>155</b>
	6.5	Predicciones de Datos Muestreados y no Muestreados	<b>159</b>
	6.6	Análisis e Interpretación de Resultados	<b>161</b>
<b>VII</b>	<b>CAPITULO VII DISCUSION</b>		<b>163</b>
	7.1	Discusión	<b>163</b>
	7.2	Conclusiones	<b>164</b>
	7.3	Recomendaciones	<b>165</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>		<b>166</b>
	<b>ANEXOS</b>		<b>168</b>
	1	Matriz de Consistencia	<b>169</b>
	2	Base Teórica del Análisis de Regresión Múltiple	<b>170</b>
	3	Levantamiento de Datos de Producción	<b>178</b>

## INDICE DE FIGURAS

N°	DESCRIPCIÓN	PAG
1	Figura 1: Meta Estructura de Producción Dual y Entrecruzada, Sistema Hombre- Naturaleza y Sistema Hombre- Hombre	35
2	Figura 2: Fases del Sistema Hombre – Naturaleza	36
3	Figura 3: Fases del Sistema Hombre – Hombre	37
4	Figura 4: Relaciones entre la Reproducción de la Sociedad y la Naturaleza y el Papel Intermediario del Proceso de Producción	44
5	Figura 5: Sustancia, Estructura, Forma y Función de la Fuerza Productiva	47
6	Figura 6: Proceso de Reproducción de la Empresa	50
7	Figura 7: Marco Fundamental de Medición de la Productividad en la Gestión	52
8	Figura 8: Relaciones entre los Indicadores Administrativos Incluidos en la Ecuación del Índice de Productividad	55
9	Figura 9: Efectividad Global del Equipo y Metas	59
10	Figura 10: La Tasa de Rendimiento Sintético (TRS)	61
11	Figura 11: La Constitución o Estructura de la Tasa de Rendimiento Sintético (TRS)	62
12	Figura 12: Clasificación de las empresas de acuerdo con la Eficiencia General de los Equipos(OEE)	69
13	Figura 13: Productividad Total de Equipo (PTE)	72
14	Figura 14: Elementos de Producción Considerados en el Modelo de Productividad Total (MPT)	74
15	Figura 15: Elementos de Insumo Considerados en el Modelo de Productividad Total (MPT)	74
16	Figura 16: Parámetros del Modelo de Evaluación de Desempeño	82
17	Figura 17 Objetivos del Modelo de Evaluación de Desempeño de Snack	83
18	Figura 18 Criterios competitivos para la manufactura: calidad, velocidad, confiabilidad, flexibilidad y costo.	84
19	Figura 19: Relaciones entre los cinco objetivos de desempeño	86
20	Figura 20: Correspondencia entre los objetivos de desempeño establecidos por Slack, N (1993) y los parámetros de desempeño	89
21	Figura 21: Instantes de Investigación de la Calidad según Sink & Tuttle	105

22	Figura 22: Interrelación entre los Parámetros de Desempeño según Sink & Tuttle	112
23	Figura 23: Metodología para Evaluación de la Importancia de los Indicadores	115
24	Figura 24: Tipos de Indicadores	129
25	Figura 25: Actividades Físicas Involucradas en el Sector Eléctrico	138
26	Figura 26: Representación Esquemática del Proceso de Suministro de Electricidad	139
27	Figura 27: Procesos Operativos de la Empresa Generadora y su Relación con los Operadores del Sistema Eléctrico	140
28	Figura 28: Macroprocesos de la Empresa Generadora	141
29	Figura 29: Esquema del Complejo Hidroenergetico del Mantaro	145



## INDICE DE TABLAS

N°	DESCRIPCIÓN	PAG
1	Tabla 1 Ejemplos de Medidas Parciales de Desempeño (Sink y Tuttle, 1989)	120
2	Tabla 2 Algunas Medidas Parciales de Desempeño Típicas (Slack et al, 1995) según Bandeira Alves, A. (2009)	122
3	Tabla 3 Variables e Indicadores en Estudio	146
4	Tabla 4 Indicadores de Producción y de Costos	148
5	Tabla 5 Coeficientes de Determinación, Correlación y Otros Estadísticos Importantes	149
6	Tabla 6 Coeficientes de Regresión y Estadísticos Afines	149
7	Tabla 7: Análisis de Varianza para Contrastación de la Hipótesis afín a la Hipótesis General	151
8	Tabla 8 Prueba de Significancia de los coeficientes Individuales	153
9	Tabla 9: Matriz de Correlación de las tres variables independientes	157
10	Tabla 10 : Predicción de los Datos usando el Modelo de Regresión expuesto	157
11	Tabla 11: Valores Reales y Predicción de Costos de Octubre a diciembre de 2016	159

## RESUMEN

**Kurosawa (1983)**, define la productividad “como una medida para evaluar cualquier tipo de actividad productiva de la sociedad, o como un grado de significación y efectividad de las actividades que utilizan a la naturaleza”. Asimismo, establece que “esta debe entenderse como el principio guía de las actividades productivas de los seres humanos, o de la actividad humana en su utilización de la naturaleza, lo cual debe hacerse con efectividad y correctamente. Asimismo, tiene una función intermediadora entre la actividad productiva y la humanidad”.

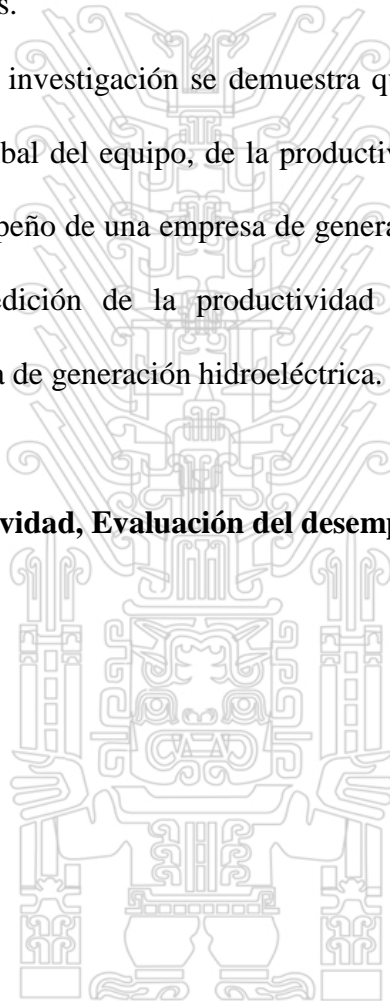
En este sentido, el objetivo de la presente investigación es determinar la influencia de la medición de la productividad en la evaluación del nivel de desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

La investigación realizada se clasifica como investigación aplicada. Asimismo, el nivel de investigación corresponde al descriptivo y explicativo. El método de investigación utilizado fue el estudio de caso por ser el más adecuado para el tipo de problema planteado. De acuerdo al alcance de la investigación circunscrita al caso de una empresa de generación hidroeléctrica, la población está constituida por todos los periodos de generación hidroeléctrica desde la fecha de entrada en operación hasta la fecha de la culminación de la investigación. La muestra escogida se circunscribe al periodo de producción de enero de 2014 a setiembre de 2016.

Para la recolección de datos de las variables e indicadores, considerados en la investigación se utilizaron la técnica de análisis documental de los partes de producción, reportes, informes, permisos de trabajo, asignación de personal, entre otros para recoger la información pertinente y la técnica de la observación de campo a los centros de producción de las centrales, así como a los centros de control de las mismas para recoger información de la planificación, ejecución, control y evaluación de las operaciones de las centrales.

Como resultado de investigación se demuestra que la medición: de la potencia media, de la eficiencia global del equipo, de la productividad total del equipo influyen en la evaluación de desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica, por lo que se demuestra que la medición de la productividad influye en la evaluación de desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

**Palabras Clave: Productividad, Evaluación del desempeño, indicadores**



## ABSTRACT

**Kurosawa (1983)**, defines productivity as “a way to evaluate any type of productive activity in society or as a degree of significance and effectivity of activities using nature”. Likewise, he establishes that “it should be understood as the guiding principle for human productive activities or of human activity in its usage of nature – which should be done effectively and correctly. In that sense, it has an intermediary function between productive activity and humankind”.

In this regard, the objective of the present research is to determine the influence of the measure of productivity in the performance evaluation of a hydroelectric company.

This research is classified as an applied investigation. On the same note, the level of the research is both descriptive and explicative. The method applied in this research paper was that of Case Study, being the most adequate one given the scope of the question. In accordance to the scope of the research, limited to the case of a single hydroelectric company, the population is composed of all periods in which the company generates power, since the beginning of operations until the end of this investigation. The sample we chose is limited to the production period from January 2014 to September 2016.

To collect the data for variables and indicators considered in this paper, we used documentation analysis techniques on production records, reports, work permits, personnel assignation sheets, among others to collect pertinent information, as well as

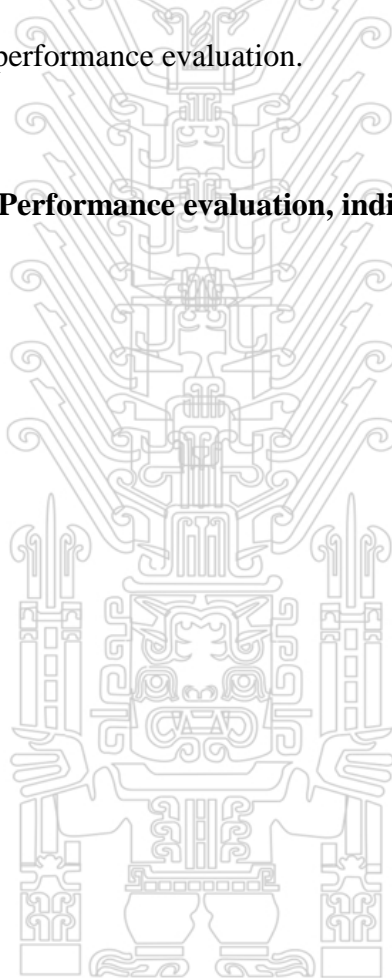
Tesis publicada en línea en el repositorio de la UNFV  
No olvide citar esta tesis

UNFV

control centers, to collect data on planning, execution, control and evaluation of their central operations.

As a result of this research, we demonstrate that the following holds for the hydroelectric company during the considered period: the measurement of average output, the measurement of the Overall Equipment Effectiveness (OEE), the measurement of the Total Equipment Productivity and, ultimately, the measurement of productivity influence the performance evaluation.

**Keywords: Productivity, Performance evaluation, indicators**



## INTRODUCCION

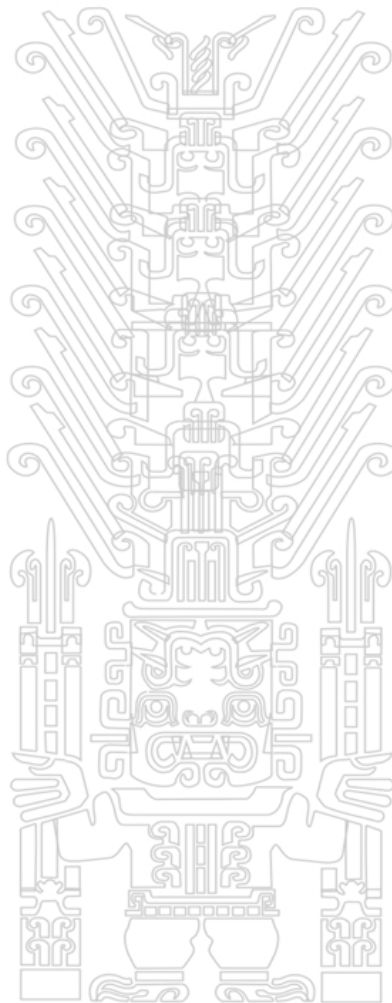
Según **Bandeira Alves, A. (2007)**, considera que “la evaluación del desempeño es un asunto bastante discutido, porque existe un vacío en la literatura, en cuanto a su consistencia en relación con la estrategia competitiva establecida por la organización. Conceptualmente definiremos la evaluación del desempeño como el procedimiento de cuantificar la eficiencia, la eficacia y el costo de las actividades”. Así mismo, considera que “la evaluación del desempeño tiene efectividad cuando es desdoblada a partir de la estrategia competitiva y de los factores críticos de éxito”

En este sentido, la presente investigación tiene el propósito de contribuir a una mejor evaluación de desempeño de las empresas a través de la inclusión de indicadores operacionales, tales como la productividad.

El estudio se ha estructurado en siete capítulos: En el Capítulo I se ha desarrollado el Planteamiento del Problema con los antecedentes, la descripción y formulación del problema y por último los objetivos y la justificación e importancia de la investigación. En el Capítulo II se presenta el Marco Teórico de la investigación, referido básicamente a la productividad y a la evaluación del desempeño. En el Capítulo III se plantea la Hipótesis General, así como las Hipótesis Específicas. Por otro lado, en el Capítulo IV se muestra la Metodología seguida en la investigación. A continuación, en el Capítulo V se presenta el Estudio de Caso de la empresa de generación eléctrica.

En el Capítulo VI se presentan los resultados obtenidos en la investigación: se procede a probar las hipótesis planteadas, para luego, en el capítulo VII Discusión incluir las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas, así como los anexos correspondientes.



## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION:

**Theran Brochero, Carolina María (2008)**, con la investigación: Diseño de un Modelo para la Medición y Administración de la Productividad Total Aplicado a una Empresa de la Ciudad de Barranquilla, elaborada para optar el Grado Académico de Maestría en Ingeniería Industrial en la Fundación Universidad del Norte, de Colombia, concluye que diseñar un modelo para la medición de la Productividad Total, que sirva como herramienta estándar para todas las empresas sin importar el sector económico en que se desenvuelvan es una labor compleja, debido a las variables que se plantean, porque estas no son siempre de relevancia o no son del todo tangibles para la organización que desea medir su desempeño, es decir, estas dependen en su mayoría de la razón social de la organización. Recomendando, aplicar el modelo en empresas de otros sectores económicos.

**Alzate Restrepo, Cesar Augusto (2002)**, con la investigación: Calculo de la Productividad de un Negocio de Generación Eléctrica, en la Universidad Nacional de Colombia, concluye que se modeló una metodología, donde se enlazan algunos indicadores como parte de un sistema de medición para calcular en forma confiable la productividad de un negocio de generación de energía. Se estableció una metodología que permite medir la productividad y tiene en cuenta los indicadores asociados directamente a las actividades de la cadena de valor e identifica cual objeto de costo está influyendo en la variación del índice.

Al aplicar esta metodología a un Negocio de Generación, se debe tener en cuenta las diferencias entre las actividades asociadas a la cadena de valor para la aplicación de los índices e identificación de las posibles variaciones. En el procedimiento para calcular la productividad existen indicadores y análisis que se apoyan en los precios y reglas de la Bolsa de Energía. Es importante conocer cómo funciona este sistema, ya que influye en cuáles son los ingresos reales del negocio y para su comparación con los costos de generación. Recomendando: Mantener una gestión adecuada para aumentar el factor de disponibilidad de la generación de energía, aumenta la productividad, sobre todo para las plantas hídricas, que mantienen un costo muy similar que cuando no están en funcionamiento. La buena gestión en los procesos de operación y el mantenimiento conlleva a tener un mayor factor de disponibilidad. Recomienda, también, mientras sea posible y claramente identificable, rastrear directamente los costos de los recursos a una actividad o a un objeto de costos y evitar las distribuciones porcentuales.

**Cerón Suchini, Rubén Alfredo (2005)**, con la investigación: Disponibilidad, Confiabilidad y Productividad de Unidades Generadoras, elaborada para optar el Título de Ingeniero Electricista en la Universidad de San Carlos de Guatemala, concluye que, al mantener las centrales en operación con una mayor continuidad, sin paros por demanda o no programados, se obtendría una mayor productividad, ya que, al estar generando sin interrupciones podrán alcanzar un nivel óptimo de productividad. Recomendando, mientras sea posible y claramente identificable, rastrear, directamente, los costos de los recursos a una actividad para evitar los gastos indebidos, para la mejora de la productividad de una central generadora.

**Moler Sánchez, Sergio Eduardo (2011)**, con la investigación: Propuesta de un Método de Evaluación para la Empresa Eléctrica Municipal de Gualan, Zacapa, por Medio de Índices de Desempeño, elaborada para optar el Título de Ingeniero Industrial en la Universidad de San Carlos de Guatemala, propone el siguiente conjunto de índices que también podrían servir de referencia para evaluar el desempeño de las empresas eléctricas municipales.

Índice de desempeño

Razón operacional

Costo operacional medio de la energía vendida (Q/kWh)

Índice de precio medio de venta de la energía (Q/kWh)

Índice de remuneración media por empleado (Q/persona)

Índice de energía vendida por empleado (kWh/persona)

Índice de usuarios por kilómetro de red (usuarios/km) Índice de energía vendida por kilómetro de red (kWh/km)

**García Lamadrid, Wilmer Ernesto (1994)**, con el Informe Descriptivo:

Productividad, Fundamentos y Medición, elaborado para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, en la Universidad Nacional de Piura, propone que un Plan de Medición de la Productividad nos proporcionará, entre otros, los siguientes beneficios: información sobre el valor que toman los diversos indicadores de productividad y su comportamiento en el tiempo. Información que permite evaluar y comparar el comportamiento de la productividad real con los valores potenciales que pueden ser alcanzados dentro de la empresa. Información que permite orientar las decisiones para mejorar la productividad, así como también evaluar la eficacia de dichas decisiones.

Información sobre productividad que se incorpore a la planificación de los factores  
Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

estratégicos de la empresa, tales como los precios, costos unitarios; tasa de operación, rentabilidad y beneficios. Concluyendo que la medición de la productividad constituye el primer paso que se da en el camino hacia el mejoramiento continuo de la productividad de las empresas que le garantizan su competitividad y su permanencia como organizaciones creadoras de valor, por tanto, su relación beneficio/costo es invaluable.

**Bandeira Alves, A. (1997)**, con la investigación: Rede de Indicadores de Desempenho para gestão de uma usina hidrelétrica, elaborada para optar el Título de Maestro en Ingeniería en la Universidad de Sao Paulo, Brasil, concluye que:

- La evaluación y mejora del desempeño deberá centrarse en la sistemática organizacional, evidenciando la optimización del conjunto y no las partes individuales. A veces, posturas aparentemente reductoras de costos implican incrementos de costos. Por lo tanto, la toma de decisiones, dentro del enfoque sistémico, tiende a conducir a la organización hacia la efectividad de sus objetivos.
- Medir el desempeño, de hecho, sólo se justifica cuando existe el objetivo de perfeccionarlo. El conocimiento del desempeño efectivo de la organización, ciertamente, mejora la comprensión de las deficiencias o limitaciones del sistema de producción, lo que resulta en una mayor precisión de los objetivos declarados y proporcionar más recursos a la formulación de la estrategia de operaciones. En consecuencia, las ganancias potenciales se pueden analizar con claridad y abordarse a través de la mejora continua, proporcionando una mayor competitividad al sistema organizacional.

- El comportamiento de los indicadores esta, a priori, relacionado a la naturaleza de la planta de generación de energía (características peculiares). Sin embargo, hay indicios de que los resultados obtenidos pueden ser analíticamente generalizables, extrapolar los límites del estudio de caso e interpretando bajo el mismo enfoque en plantas de naturaleza similar.
- En cuanto a la generalización estadística, podemos decir que los resultados lo imposibilitan, aunque sólo sea porque no es el objetivo de este trabajo. Así, el procedimiento muestreo debe obedecer a la asignación al azar y disponer de mayores dimensiones, en base a los indicadores podemos ver que estadísticamente se pueden comportar de manera diferente de una planta a otra o que podría tener lugar en los casos menos ricos.
- Es pertinente señalar que, tratándose de un estudio de caso, hay una tendencia abarcar generalizaciones a un nivel estadístico, lo que podría inducir a los problemas de validez externa.
- El modelo de red de indicadores analizado en este trabajo, proporciona recursos concretos y confiables a la gestión del desempeño de una central de generación, y se puede adaptar a diferentes contextos. Inclusive ayuda en dirigir los esfuerzos para promover mejores resultados operativos y financieros.
- La consistencia del modelo es reafirmada por la consideración histórica de las operaciones, por su previsibilidad y por la evaluación de las relaciones causales. Estas características latentes favorecen la anticipación de resultados futuros o incluso la reordenación de los posibles eventos, esenciales al proceso de toma de decisiones.
- La fundamentación en parte de la percepción de los "tomadores de decisiones", según el cuestionario semi-estructurado, puede, de alguna manera, haber sesgado

el posicionamiento de los parámetros de desempeño dentro de la matriz de importancia versus el desempeño, puede mostrar un gran valor en la definición de los parámetros fundamentales para la empresa caso. La revisión de la literatura y el procedimiento de análisis potenciaron las adiciones de confiabilidad y la validez de la investigación.

Así mismo, **Bandeira Alves, A. (1997)** recomienda, continuar y enriquecer esta investigación. Por lo tanto, sugerimos algunos temas de gran interés y valor que no hemos sido capaces de analizar en este trabajo:

- Examen pormenorizado de los efectos de la evaluación de desempeño en la formulación de la estrategia de operaciones;
- Establecimiento de relaciones más intrínsecas entre los parámetros de eficiencia y eficacia;
- Inserción de factores específicos que midan los costos de mantenimiento de máquinas y equipos en el sistema de evaluación del desempeño operacional;
- Discusión de la aplicabilidad de los indicadores de desempeño para los momentos de la investigación considerados por Sink y Tuttle (1989).
- Correlación entre la confiabilidad como objetivo de desempeño y la función logística en cuanto a la provisión de la cantidad requerida (prestar atención a la integridad del producto), en un lugar apropiado, en tiempo hábil, reduciendo los inventarios intermedios a lo largo del proceso de producción y agregación de valor
- Institucionalización de los indicadores capaces de evaluar la flexibilidad del sistema productivo para atender las exigencias del mercado;

- Levantamiento de indicadores de desempeño específicos al parámetro de innovación, con formas de monitoreo y como extensión de los demás indicadores;
- Encadenamiento de indicadores vinculados a los objetivos de desempeño: calidad, velocidad, confiabilidad, flexibilidad y costo descritos por **Slack, N. (1993)**.
- implicaciones de la adopción de un tipo de layout sobre el desempeño del sistema de producción, sea para las operaciones artesanales o automatizadas;
- Cuestionamiento de las interfaces de ingeniería concurrentes con el sistema de evaluación del desempeño, en relación con las diversas competencias (multidisciplinares) asignadas para la realización de las unidades de producción sobrepuestas.
- Estudio sobre la adecuación de redes de indicadores en función a la dinámica del ambiente y de las imposiciones mercadológicas;
- Asociación del proceso de comparación entre empresas para el sistema de evaluación del desempeño, con el fin de revitalizar el sistema de operaciones (absorción de tecnología), en busca del liderazgo del mercado;
- Relación de influencia entre la implantación de una red de indicadores sobre el cambio de cultura y sobre la motivación en una organización;
- Exploración en cuanto a la inducción de actitudes sobre los integrantes de la organización, debido a la adaptación de un sistema de evaluación del desempeño;
- Análisis de las repercusiones del ritmo de trabajo adoptado y la fatiga en el desempeño organizacional a mediano y largo plazo;

- Utilización de un “modelo de datos” de indicadores de desempeño en la definición de objetivos, metas y factores críticos de éxito en el planeamiento estratégico empresarial;
- Empleo de un “modelo de datos” de indicadores de desempeño para la operacionalización de indicadores relativos a la gestión de la calidad total
- Composición de un indicador resultante de ponderaciones sobre los indicadores seleccionados a fin de evaluar globalmente el desempeño de la unidad de análisis;
- Ampliación de conceptos implicados en la investigación de red cliente – proveedor con el desdoblamiento de indicadores a lo largo de la cadena productiva;
- Aplicación de los conceptos presentados en la evaluación del desempeño en una organización prestadora de servicios;
- Vinculación del tipo de estructura organizacional (sea por función, por proyecto o matricial) en la forma de evaluación del desempeño, desplegado a todos los niveles jerárquicos;
- Indicadores de desempeño en relación con las áreas de decisión de la empresa;
- Desarrollo de estudios relacionados a la mejora del desempeño organizacional mediante la reformulación de la estructura jerárquica;
- Identificación de un modelo para la evaluación del desempeño de una organización con plantas instaladas en diferentes puntos geográficos, sobre diferentes condiciones del entorno;
- La progresión de los estudios de los indicadores de desempeño dentro del enfoque de la globalización económica.

**Rosa, Eurycibiades Barra (2006)**, con la investigación: Indicadores de Desempenho e Sistema ABC: O Uso de Indicadores para uma Gestão Eficaz do Custelo e das Atividades de Manutenção, Tesis elaborada para optar el Título de Doctor en Ingeniería en la Universidad de Sao Paulo, Brasil, después de proponer una red de indicadores de calidad, velocidad, confiabilidad, flexibilidad y costos, concluye, entre otros que:

- La relevancia de la función de mantenimiento, en las organizaciones industriales, esta explicada de forma clara y objetiva en el concepto sistémico de los resultados de los procesos. Y su importancia está definida por el buen desempeño de los procesos productivos de la organización que, a su vez, dependen de la prontitud funcional de sus equipamientos. Fallas, quiebres generan pérdidas, riesgos de accidentes y daños al medio ambiente, además de impactar fuertemente en los costos de la organización.
- La relevancia de los indicadores presentados para una gestión de las actividades de mantenimiento puede ser sentida en varios aspectos: En primer lugar, porque la función de mantenimiento representa un potencial considerable para la mejora del desempeño de la empresa. En segundo lugar, porque el mantenimiento no es visto solamente como una fuente de costos. Este es un sector significativo dentro de la organización y sobre el cual cae la responsabilidad de minimizar perturbaciones, imprevistos y costos. Principalmente aquellos relacionados con la restauración del estado de funcionamiento de los equipos, sistemas e instalaciones.
- Los indicadores desarrollados son capaces de efectuar un monitoreo seguro y objetivo de las actividades. Los resultados presentados demuestran las

interrelaciones existentes entre ellos y resaltan las posibilidades de una gestión bastante eficaz de las actividades y del costo de mantenimiento.

- Las funciones de mantenimiento y producción en una organización industrial moderna están inter-relacionadas. No es posible y menos deseable, considerar cada una de ellas de forma aislada. Por esta razón, los indicadores propuestos gerencian los elementos de desempeño de la función de mantenimiento que produzcan impacto en la función de producción de la organización. Los indicadores también contribuyen a mejorar la ventaja competitiva para las empresas dentro del mercado.

Así mismo, Rosa recomienda, entre otros,

- Analizar el impacto de las tecnologías del TPM – Mantenimiento Productivo Total en la gestión de los costos y de las actividades de mantenimiento.
- Desarrollar un conjunto de indicadores integrados como base en el modelo gerencial de Sink y Tuttle para la gestión de costos y de las actividades de mantenimiento para empresas industriales y prestadoras de servicios.

## **1.2 DESCRIPCION DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA**

Rosa, E. (2006), considera que la ausencia de medidas de desempeño, además de inhibir el monitoreo del desarrollo del trabajo en las organizaciones, también dificulta la identificación de fallas que podrían ser analizadas y eliminadas. Sin medidas, no hay una comparación del desempeño real con los estándares pre establecidos para luego implementar medidas correctivas o preventivas, cuando sea el caso. Con ellas, al contrario, habrá posibilidades de identificar desempeños que darán soporte a las decisiones relacionadas a recursos, planos, políticas, esquemas y estructuras. Sin

medidas, los funcionarios de todos los niveles no tienen base para comprender claramente lo que se espera de ellos. Ni los gerentes consiguen fundamentar argumentos para especificar, con claridad, cuáles son los resultados esperados de sus subordinados. Las medidas proporcionan información valiosa para el mejoramiento del proceso de gestión de las organizaciones.

La empresa de generación, materia del presente estudio, evalúa el desempeño de la generación utilizando los siguientes indicadores: Producción de Energía (Gwh), Factor de Disponibilidad (%) y Factor de Planta (%). La producción de energía es la cantidad de gigawatios producidos en un periodo de tiempo. La disponibilidad es la relación que existe entre las horas de servicio y las horas de reserva con las horas totales del periodo. Por otro lado, el Factor de Planta (%) es la relación que existe entre la Potencia Media y la Potencia Efectiva, siendo la Potencia Media, la relación que existe entre la Producción Real del Mes entre el número de horas totales del periodo. La Potencia Efectiva es el valor de potencia aprobado por el COES, resultante de los ensayos de potencia efectiva determinados de acuerdo con los procedimientos Técnicos 17 y 18 (glosario COES).

La producción mide el resultado del proceso de generación en forma aislada, sin tener en cuenta los recursos utilizados. Por otro lado, el factor de disponibilidad es un indicador del tiempo que se tiene para generar y, el factor de planta es una comparación entre la potencia media lograda y la potencia media establecida por el COES de acuerdo con las mediciones efectuadas en las centrales de generación.

Como puede apreciarse estos indicadores son limitados y reduccionistas para evaluar el desempeño del proceso de generación por los siguientes motivos.

- Miden en forma aislada uno de los componentes del proceso, los resultados como es el caso de la producción obtenida;
- Miden en forma aislada uno de los componentes del proceso, los insumos como es el caso del factor de disponibilidad o el factor de planta;
- No presentan una estructura del indicador, de manera tal, que permita analizar cuáles son los componentes del proceso que están influyendo en el indicador y permitan tomar acción a los tomadores de decisiones.

Como puede observarse los primeros indicadores están referidos a los resultados de la generación y los segundos indicadores están referidos a la eficiencia en el uso de los recursos, principalmente en la operación de los equipos e instalaciones. Constatándose un vacío, al no considerar indicadores que relacionen los resultados obtenidos con los recursos utilizados, lo cual, nos da una visión limitada y parcial de una empresa. No se está midiendo la productividad. Al no medirse y no utilizar la productividad como una herramienta de diagnóstico, no permite a las empresas detectar áreas problemáticas que requieren una atención inmediata y una priorización adecuada, ya que no se conocen las causas de los resultados alcanzados.

Planteamos como solución, que, para tener una visión más integral y holística del desempeño empresarial, se debe incluir la medición de la productividad total y parcial dentro de las empresas de electricidad del Estado. Para lo cual, se aplicará una metodología al caso de una empresa de generación hidroeléctrica. La medición permitirá establecer metas que permitan mejorarla.

Según **Kurosawa, K. (1983)**, los indicadores de rentabilidad tradicionales son adecuados, pero para lograr una medición significativa, deben estar ligados a la productividad, ya que la rentabilidad es afectada en gran medida por los esfuerzos de mejorar la productividad. Además, las mediciones de la productividad fortalecerán la planificación estratégica de las organizaciones. No solo proveen indicadores para cerciorarse si los objetivos estratégicos se han alcanzado o no y hasta qué punto, sino que también relaciona estas medidas con el comportamiento de la productividad.

Ante esta limitación, surge la necesidad de establecer una red de indicadores de planta que nos permita ver lo que está pasando en el proceso productivo, desde los insumos, los procesos, los resultados y la relación entre ellos, cuál es su estructura y desempeño y, que, además, permita tomar las acciones de mejoramiento pertinentes.

### **1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Problema Principal**

¿En qué medida la medición de la productividad influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica?

#### **1.3.2. Problemas Secundarios**

- ¿En qué medida la medición de la potencia media influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica?
- ¿En qué medida la medición de la Eficiencia Global del Equipo influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica?

- ¿En qué medida la medición de la productividad total del equipo influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica?

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la medición de la productividad en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la influencia de la medición de la potencia media en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica
- Determinar la influencia de la medición de la eficiencia global del equipo en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.
- Determinar la influencia de la medición de la productividad total del equipo en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica

## **1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El presente trabajo de investigación se justifica porque está orientado a la utilización del concepto de productividad como un instrumento que nos permita relacionar los resultados del proceso de generación de electricidad con los recursos escasos utilizados. Así como también, la relación y estructura de este indicador en relación con otros indicadores que permitan una mejor evaluación del desempeño de las unidades de generación. Al tener una mejor evaluación del desempeño de la organización, los

tomadores de decisiones tendrán mejores elementos de juicio al decidir nuevas inversiones, nuevos contratos, fijación de precios, entre otros.

Desde el punto de vista teórico significa el desarrollo del concepto de productividad y su aplicación práctica en las empresas de generación eléctrica, ya que ofrece una metodología que permite el cálculo y análisis de la productividad. Se espera que este trabajo sirva para que las empresas mejoren la evaluación del desempeño organizacional introduciendo entre sus indicadores de la gestión de operaciones a la productividad

La importancia de introducir el concepto de productividad en la evaluación del desempeño de las empresas de generación radica en la necesidad de que estas tomen conciencia que se encuentran desarrollando sus actividades en un mercado muy competitivo y que la única forma de permanecer en el, es mejorando constantemente la productividad y calidad de sus servicios, no existe otra manera. Pero la mejora empieza por medir cual es el nivel de productividad que se tiene, cual es la línea base.

De acuerdo con lo expuesto, la investigación es importante para los directivos de la empresa hidroeléctrica porque les permitirá enlazar los resultados operacionales de generación, entre ellos la productividad, con los resultados económicos financieros que se miden periódicamente, tales como costos; rentabilidad, entre otros. De manera complementaria, la investigación es importante para sus mandantes, entre ellos; propietarios, accionistas, Estado, entre otros, para conocer la marcha de la organización y apoyar las inversiones o mejoras requeridas. Los indicadores operacionales, entre ellos la productividad constituirán una red de indicadores que permitirá un control

permanente y continuo de las operaciones, para tomar las medidas en forma oportuna, garantizando así, la consecución de los resultados económico financieros esperados.

## 1.6. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACION

**Limitaciones:** La investigación se aplica solamente a la empresa de generación hidroeléctrica, materia de la investigación, y abarca por lo menos el análisis de información de tres años. Se requirió el acceso a las fuentes de información pública del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional- COES-SINAC, así como información interna de la empresa de acceso público, tales como: producción, mantenimiento, informes de resultados; Memorias, entre otros.

La investigación se limita solo a las etapas de investigación del tema; analizar la influencia de la medición de la productividad en los resultados de la gestión, así como en hacer propuestas de crear la red de indicadores operativos de gestión alrededor de la productividad. Por tanto, no incluye su aplicación e implementación, lo cual constituye una función de la dirección de la empresa. Para su elaboración solo se dispuso del investigador, no se contó con equipo de personal adicional.

**Restricciones:** El tiempo de dedicación del investigador fue a tiempo parcial, motivo por el cual se tuvo que solicitar ampliación del plazo para culminar el estudio.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Productividad

#### 2.1.1 Productividad y Calidad de Vida

Según **Kanawaty, O (publicado bajo la dirección de) (1996)**, en 1950 la población mundial se cifraba en 2,500 millones de personas. En el año 2,000 alcanzará los 6,200 millones, aumento que equivale al 250% en apenas 50 años. Más del 90% de ese aumento se va a producir en los países en desarrollo. En el año 2,000 cerca de 1,000 millones de personas vivirían por debajo de la línea de pobreza y a duras penas podrán satisfacer sus necesidades básicas. A fin de que la sociedad o nación pueda elevar el nivel de vida de su población, tendrá que aumentar al máximo el rendimiento de sus recursos o mejorar la productividad para que la economía crezca y sea capaz de sostener una mejor calidad de vida.

Según **Pagés, Carmen (editora) (2010)**, la productividad de América Latina asciende a cerca de la mitad de su potencial y no se está poniendo a la par de la frontera de productividad. Al cerrar la brecha de productividad con la frontera se reduciría la mayor parte de la brecha de ingreso per cápita con los países desarrollados. Desde un contexto comparativo mundial, el crecimiento más lento de América Latina se debe al crecimiento más lento de la productividad. En una región que necesita crecer imperiosamente, una prioridad fundamental para el desarrollo es diagnosticar las causas de su débil productividad y atacarlas de raíz.

Para **Crespi, Gustavo, et al, (editores) (2014)**, el crecimiento de las empresas después de su creación es muy importante tanto para el emprendimiento como para la productividad agregada. Cuanto mayor sea el crecimiento previsto de una empresa, más dispuestos estarán los emprendedores a iniciar el negocio porque pueden recuperar lo invertido más fácilmente. Además, una vez que una empresa ha alcanzado una alta productividad, la productividad agregada de la economía puede aumentar si esa empresa tiene la capacidad para crecer, absorbiendo trabajadores y otros recursos previamente empleados en actividades de menor productividad. Esto se denomina crecimiento de la productividad a través de la reasignación. Para que la iniciativa emprendedora “mueva la aguja” en el crecimiento económico; se requiere no solo el lanzamiento sino también el crecimiento de las mejores empresas.

### **2.1.2 Medición de la Productividad por el Modelo de Kurosawa:**

**Kurosawa, K. (1983)**, menciona que su libro es un intento por satisfacer el creciente deseo de las empresas privadas de tener una base teórica sólida y los medios funcionales para medir la productividad en la empresa. Incluye un manual compacto, el cual no es solamente una aplicación de la filosofía y los principios generales que han sido desarrollados por el autor en el texto titulado “Principios Fundamentales para la Medición y el Análisis de la Productividad” (Asian Productivity Organization APO 1980), sino, también, es una guía concreta para la práctica de la medición de la productividad.

Menciona también **Kurosawa, K. (1983)**, que su libro es fundamentalmente un manual para los gerentes que crean que ellos y sus empresas se pueden beneficiar de un conocimiento que sirva de base a procedimientos concretos para la medición y análisis

de la productividad en la empresa. Siendo así, el no sería de mucha utilidad si no lo describimos formalmente. Sin embargo, como nosotros hemos recomendado que una gestión de productividad debe ser entendida como una materia compleja, compuesta no solo de factores tecnológicos, sino también de factores socioeconómicos, la práctica de la medición de la productividad no puede ser adelantada formalmente sin hacer antes unas amplias consideraciones. A este respecto, se les pide a los lectores leer el primer libro y prestar la atención adecuada al contexto relacionado cuando vaya a realizarse cualquier práctica de medición.

Menciona que el sistema de medición de la productividad en la empresa comprende tres aspectos: en el primero, al nivel de la línea de producción, en el cual se llevan a cabo las actividades creadoras de valor, operamos con la productividad de los trabajadores, la productividad de la planta y la productividad de los recursos. En esta etapa de la medición, nuestra atención se centra en un sistema para la medición de la productividad de los trabajadores, el cual hemos llamado Gerencia de la Productividad de los Trabajadores mediante – Ratios (WPMR System: Workers Productivity Management by Ratios System). Asimismo, y basados en la misma estructura de este sistema se discuten otros aspectos de la medición de la productividad de los insumos.

**Kurosawa, K. (1983)**, afirma que, en el segundo nivel de medición, operamos con el nexo productividad-rentabilidad. Lo resultante de esta parte es el sistema denominado: Sistema de Índices Agregados para la Productividad y Rentabilidad (AIPR System: Aggregate Index of Productivity and Rentability System), por medio del cual pueden analizarse de manera sistemática diversos aspectos básicos relativos a las variaciones del funcionamiento de la empresa. Con este sistema, se analizan no solo la

productividad y la rentabilidad en términos globales, sino, también los efectos desagregados de importantes elementos, tales como: Los avances en la tecno-ingeniería, las economías de escala, los efectos de los precios de los productos y de los insumos, la tasa de operación, y las ganancias de las inversiones de capital.

**Kurosawa, K. (1983)**, afirma que, en el tercer nivel de medición, trabajamos con la productividad utilizando el valor agregado y con un sistema de indicadores financieros. El valor agregado es, innecesario es decirlo, un resultado agregado de todos los efectos, no solo de todas las actividades de la empresa, sino también, de factores que se escapan al control de la gerencia. No obstante, la mayor parte de las variaciones del valor agregado, incluso a precios nominales, son el resultado de las actividades de cooperación entre los trabajadores y la gerencia. Se encontrará que esto es cierto, si el valor agregado se mide de acuerdo con estándares rigurosos. La importancia de esta categoría descansa en el hecho de que la cantidad de valor agregado es solo el fondo a partir del cual los agentes que se relacionan en la empresa obtienen sus remuneraciones o su participación. Así mismo, examinado desde el punto de vista teórico, el valor agregado puede ser tratado como una medida razonable para evaluar la actividad de la empresa a partir de consideraciones socioeconómicas.

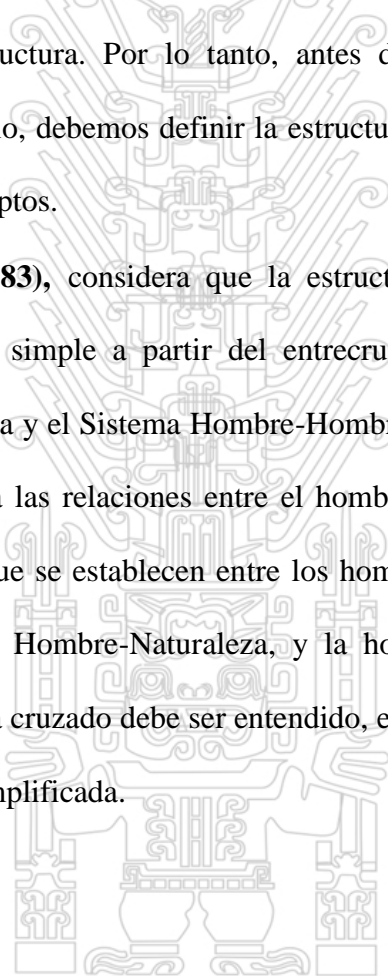
Aun cuando los sistemas de indicadores financieros representan los instrumentos más tradicionales para el análisis de las condiciones de la empresa, deseamos proponer un sistema único de indicadores a partir de un punto de vista inclinado hacia la productividad.

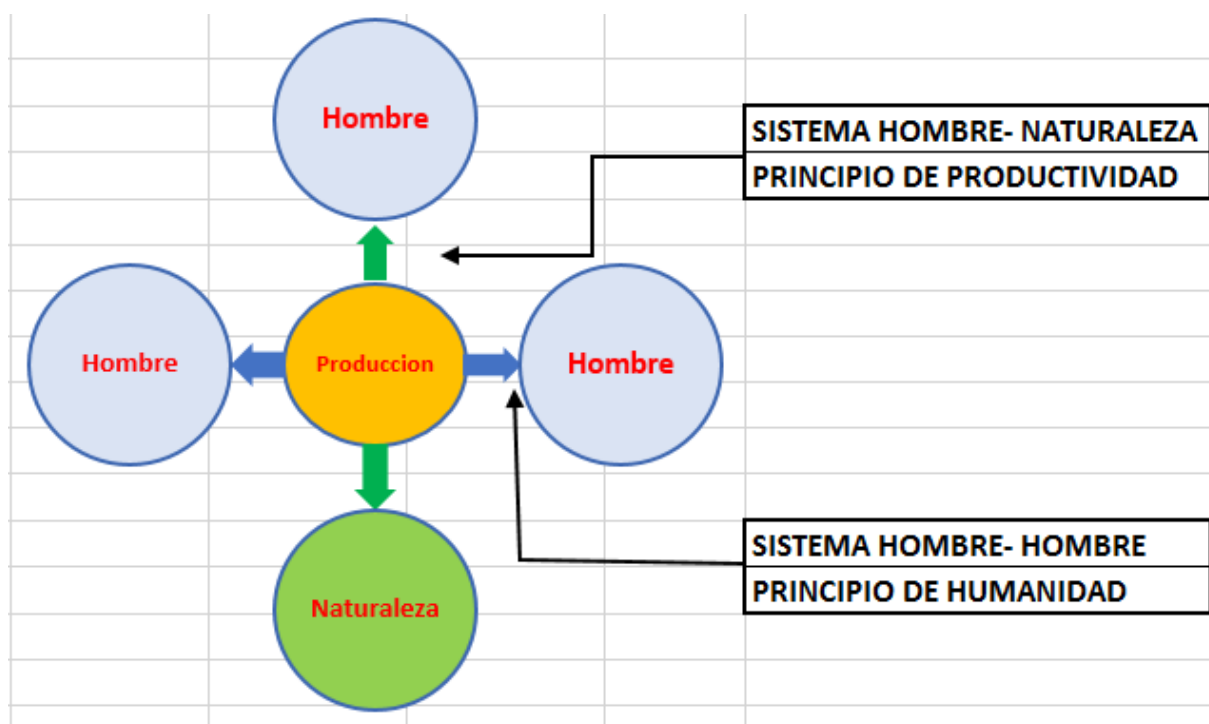
## **Concepto General de Productividad: Estructura de Producción Entrecruzada y Dual, La Productividad Humana como un Meta- Principio.**

### **Estructura de Producción Entrecruzada y Dual.**

**Kurosawa, K. (1983)**, afirma que al considerar el tema de la productividad; debemos tener siempre en mente que el ratio de productividad, o la productividad como un ratio, es solo una expresión de una situación de producción que corresponde a una determinada clase de estructura. Por lo tanto, antes de desarrollar el concepto de productividad como un ratio, debemos definir la estructura de producción sobre la cual se apoyarán nuestros conceptos.

**Kurosawa, K. (1983)**, considera que la estructura de producción puede ser expresada de una manera simple a partir del entrecruzamiento de dos sistemas: el Sistema Hombre-Naturaleza y el Sistema Hombre-Hombre. El primero, definido de una manera amplia se refiere a las relaciones entre el hombre y la madre naturaleza, y el segundo a las relaciones que se establecen entre los hombres. En la **Figura 1**, la línea vertical denota el sistema Hombre-Naturaleza, y la horizontal, el sistema Hombre-Hombre. Este meta-sistema cruzado debe ser entendido, en principio, como la estructura más fundamental y más simplificada.





**Figura 1: Meta Estructura de Producción Dual y Entrecruzada, Sistema Hombre-Naturaleza y Sistema Hombre- Hombre**

Fuente: Adaptado de Kurosawa, K (1983), *Medición y Análisis de la Productividad a Nivel de Empresa*, Caracas, Comisión Venezolana para la Productividad-COVEP

**Kurosawa, K. (1983)**, considera que el sistema Hombre-Naturaleza comprende tres fases. La primera, es la relación entre la población humana y su ambiente natural. Constituye el sistema Humano-Ambiente Natural. La segunda fase es la relación entre la raza humana como sujeto y los recursos naturales; se le denomina sistema Sujeto-Recursos Naturales; Aquí, la naturaleza es un objeto para utilizar por el sujeto/hombre.

La tercera fase es la relación entre los seres humanos con existencia social y el mundo natural apropiado a través de la tecnología, la cual emerge como una fuerza productiva en la estructura económica. La primera fase es el objeto de la ecología humana; la segunda, el objeto de la tecnología de producción; y la tercera el objeto de la economía de producción. Existe una interacción, tanto estructural como histórica, entre



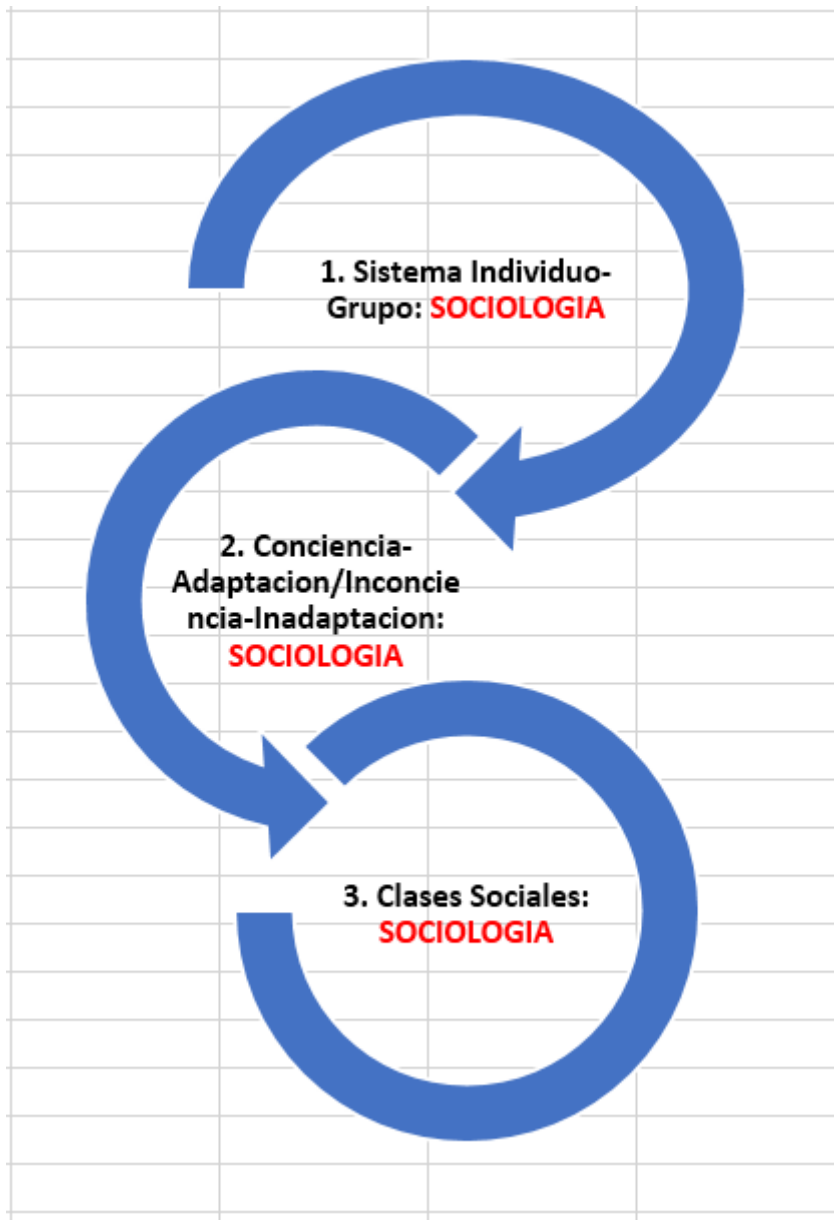
**Figura 2: Fases del Sistema Hombre – Naturaleza**

Fuente: Elaboración propia a partir de Kurosawa, K. (1983), *Medición y Análisis de la Productividad a Nivel de Empresa*, Caracas, Comisión Venezolana para la Productividad-COVEP

Por otro lado, **Kurosawa, K. (1983)**, afirma que el sistema Hombre-Hombre comprende, también, tres fases. La primera es la relación entre el individuo y el grupo, y lo llamamos Sistema Individuo-Grupo.

La segunda fase se refiere a las relaciones entre conciencia/adaptación e inconsciencia/no adaptación. La tercera fase son las relaciones entre las clases sociales, formadas a través de la propiedad de los medios de producción. También aquí existe

una interacción entre las tres fases, y dichas relaciones son tratadas por la sociología definida en términos amplios.



**Figura 3: Fases del Sistema Hombre – Hombre**

Fuente: Elaboración propia a partir de Kurosawa, K (1983), *Medición y Análisis de la Productividad a Nivel de Empresa*, Caracas, Comisión Venezolana para la Productividad-COVEP

Para **Kurosawa, K. (1983)**, cualquier tipo de actividad de los seres humanos  
Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

anteriormente. Aun cuando existan relaciones complicadas, si las vemos desde el punto de vista de nuestra investigación en productividad, podemos afirmar que cualquier actividad productiva se desarrolla de acuerdo con dos principios: El principio de productividad que se basa en el Sistema Hombre-Naturaleza y el principio de humanidad, basado en el Sistema Hombre-Hombre. Estos dos principios deben ser diferenciados uno del otro, y ninguno de ellos puede ser reducido al otro.

Aun cuando hay interacciones- las cuales algunas veces emergen como antagónicas- entre las dos partes, y entre fases o subsistemas, ellas pueden ser resumidas finalmente en la interacción de los dos meta-sistemas. El Sistema Hombre-Naturaleza es, per se, una relación tecnológica en la naturaleza; sin embargo, desde el punto de vista de la actividad productiva, dicho sistema no es meramente una relación que debe ser regulada exclusivamente por principios tecnológicos; es, más bien, la base física de las actividades socioeconómicas. Considerándolo de esta manera, podemos conocer racionalmente el **concepto de productividad. Esta debe entenderse como el principio guía de las actividades productivas de los seres humanos, o de la actividad humana en su utilización de la naturaleza, lo cual debe hacerse con efectividad y correctamente. Así mismo, ella tiene una función intermediadora entre la actividad productiva y la humanidad.**

Por otro lado, **Kurosawa, K. (1983)**, afirma que el principio de humanidad debe ser entendido como el principio que guía las relaciones humanas en el Sistema Hombre-Hombre; el es la expresión concentrada del sistema de valores de la sociedad como un todo, a la vez que ejerce una función mediadora entre las relaciones sociológicas y la productividad.

Basados en el conocimiento de los meta-sistemas, vemos que la productividad no puede ser meramente entendida como una relación entre los productos y los insumos; tampoco es suficiente definirla como una expresión de la eficiencia de la organización humana, a través de la relación entre el producto útil para seres humanos y la cantidad de sacrificio necesario para su obtención. Así mismo, la productividad no es meramente la expresión de una racionalidad tecnológica, y menos aún una escala para evaluar los logros de los objetivos de la gerencia. La tecnología por si sola no determina ni el nivel ni la naturaleza de la productividad; ella es solo un elemento, si bien importante, entre todos los elementos determinantes de la productividad. **Podemos decir más bien, que la productividad es el principio guía que determina la naturaleza y dirección del desarrollo tecnológico.**

Si nosotros aceptamos la definición de productividad a través de una ratio, nos resultaría imposible no aceptar situaciones contradictorias como la destrucción de los recursos naturales debido a uso irracional, la contaminación ambiental o la alienación de los seres humanos ocupados en el proceso de trabajo, si ellos van acompañados de un rápido incremento de la productividad, pero, además, no podríamos explicar estas situaciones irracionales desde el punto de vista teórico-crítico.

Debemos agregar algo a toda la descripción anterior. Similarmente al concepto de ambiente natural o de recurso natural en el Sistema Hombre-Naturaleza, podemos definir nuestro propio cuerpo como ambiente o recurso cuando nos consideramos a nosotros mismos como sujetos que utilizan su cuerpo como ambiente o recurso cuando

Sistema Hombre-Ambiente, el cuerpo humano representaría el “ambiente-interior” del ser humano. En contraposición a esta categoría, el ambiente natural representa el “ambiente externo”. En un Sistema Hombre-Recursos Naturales, el cuerpo humano; que es un complejo de elementos fisiológicos y mentales, representa el “recurso humano”, cuando nos consideramos a nosotros mismos como sujetos que utilizan las criaturas humanas

### **La Productividad Humana como un Meta- Principio:**

**Según Kurosawa, K. (1983), podemos definir nuestro concepto esencial de productividad de la siguiente manera: La Productividad Humana como meta-principio es un principio guía de la fuerza productiva, siendo el fundamento para el mantenimiento y desarrollo de la sociedad a través del proceso interactivo entre los seres humanos y la naturaleza.** En otras palabras, la productividad, primero que todo; es un principio guía de cómo usar racionalmente la naturaleza para reproducir la raza humana y mejorar a la sociedad como un todo. Ella fundamenta su proceso en la constante expansión y mejoramiento de nuestros conocimientos y en el proceso de autocrítica acerca de las prácticas de la raza humana. Basados en esto, podemos definir productividad como una medida para evaluar cualquier tipo de actividad productiva de la sociedad, o como un grado de significación y efectividad de las actividades que utilizan a la naturaleza.

El principio de humanidad es una proposición ideal/crítica sobre la sociedad, comparándola con la situación actual de la raza humana, y expresa un resultado sintético y crítico de las relaciones entre los hombres como un todo y como sustancia histórica. Tiene un aspecto dual: por un lado, como una idea derivada de la totalidad, es una idea sobre la raza humana con “existencia total”, y necesariamente implica una

responsabilidad social e histórica con las futuras generaciones; por otro lado, como una idea derivada de la individualidad, que tiene que investigar sobre la subjetividad, encontrar y resolver los problemas y elementos de la dignidad de los individuos y el derecho que tienen a no ser desviados de sus propias creencias por poder alguno.

La humanidad debe realizarse en productividad, o la productividad debe ser guiada por el principio de humanidad. Así mismo, la productividad debe ser la base para llevar la idea de humanidad al proceso de producción.

Finalmente, **la productividad es un atributo de los seres humanos**. A partir de este hecho, **ella siempre debe ser guiada y evaluada por algunos criterios de humanidad, tales como la moral o aspiraciones de los trabajadores, los sentimientos de satisfacción, la seguridad y protección, recreación y belleza, etc.** Estos criterios son elementos que componen el criterio de útil. La utilidad no es solo un atributo funcional de los bienes que se producen, sino también un ente a ser evaluado en el proceso de trabajo y de consumo de la vida de las personas en un contexto más amplio. Entre otras cosas, la recreación y la belleza son símbolos que reflejan una gran variedad de relaciones que giran alrededor de la vida y de la actividad de la raza humana, y son normas que deben ser operadas para guiar la existencia de nuestra sociedad y de nuestra economía, de manera que ellas posean una base firme. Podemos decir, que el uso racional de los recursos naturales y la conservación del ambiente coinciden tanto con el principio de humanidad como con el de productividad.

En esta meta-dimensión de interacción entre los dos principios, puede observarse una homeostasis y una viabilidad inherentes a la sociedad que, innecesario es decirlo, debe ser establecida firmemente a través de un vasto esfuerzo de nosotros.

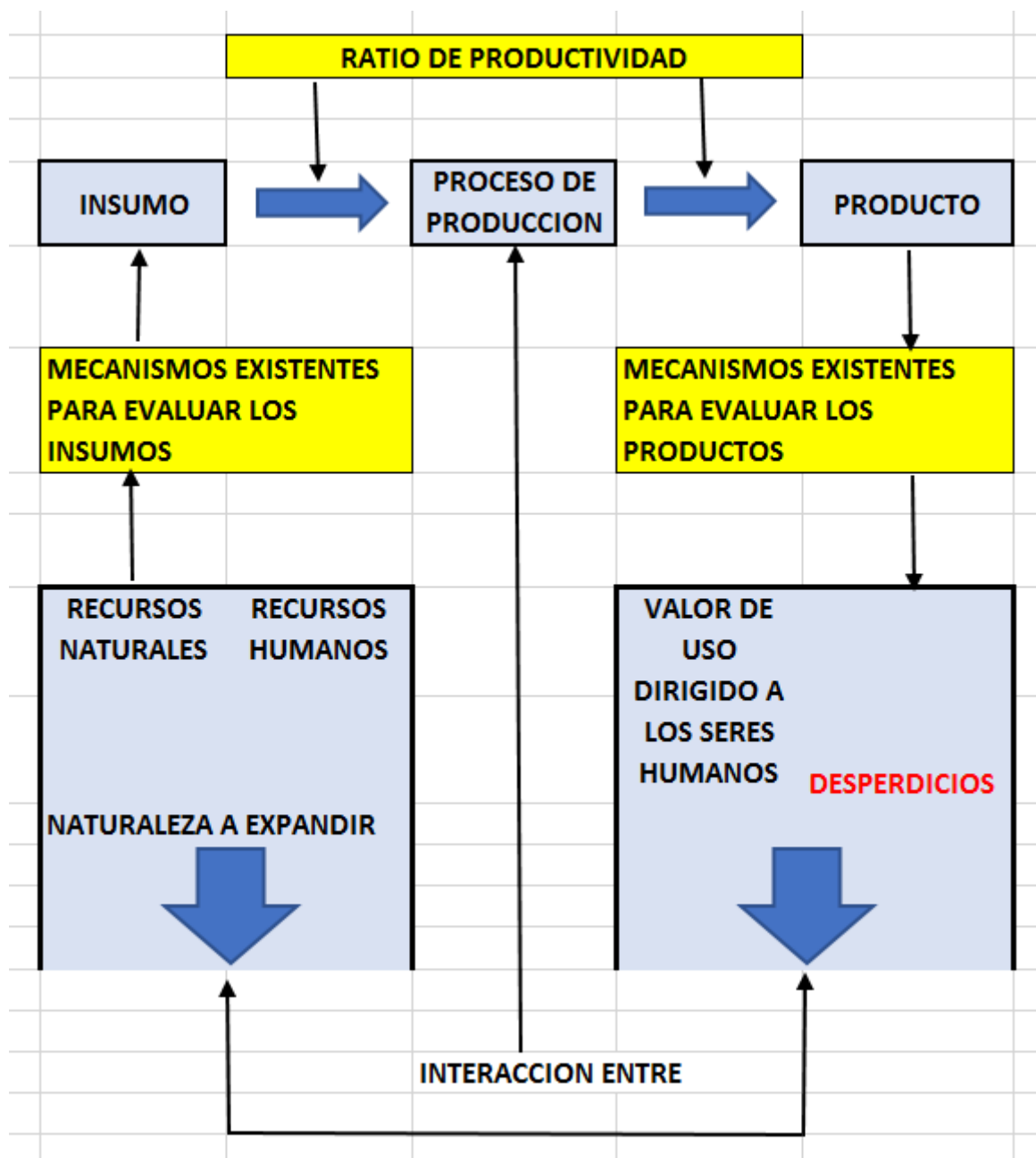
Estos dos sistemas son entidades históricas, y como tales, en algunos casos se presentarán situaciones antagónicas entre ellas. Sin embargo, mientras en la sociedad se mantengan la homeostasis y la viabilidad, las situaciones infelices pueden y deben ser superadas para recuperar y desarrollar las relaciones humanas.

Vamos a describir una situación que nos presenta la idea anterior en una forma más concreta la figura 4, la actividad productiva es un mecanismo intermediador entre la reproducción de la sociedad y el movimiento del mundo natural. Tanto los insumos como los productos del proceso de producción, así como el diseño de los procesos, son determinados por mecanismos de evaluación existentes. Por medio de estos mecanismos, los insumos son evaluados, como un sacrificio necesario para la organización de la producción, por ejemplo, un costo para la empresa, y los productos son evaluados como beneficio, un ingreso, por ejemplo. Los antecedentes nos dicen que algunos recursos o insumos son derrochados en este proceso.

La madre naturaleza sufre una amputación por el proceso de producción de la sociedad, y la productividad será una ratio considerando en una esfera aislada artificialmente de las interrelaciones entre la actividad productiva y el movimiento de la naturaleza. La productividad es definida como tal incluyendo lo que le concierna como ratio.

Sin embargo, tenemos que darnos cuenta de que la productividad como una ratio, es solo una expresión de una situación en donde el proceso de producción actúa como intermediario entre los seres humanos y la naturaleza en un momento en el tiempo, o como un promedio para cierto periodo. Como ya dijimos, la productividad en su esencia es una especie de meta-principio para reproducir la raza humana, cuya base es el Sistema Hombre-Naturaleza, y por ello, cuando se evalúa como la relación entre los productos y los insumos, deben hacerse consideraciones profundas sobre las amplias relaciones existentes entre la raza humana y la naturaleza como un todo. En otras palabras, la relación debe ser evaluada y criticada utilizando la productividad como un principio guía. Siendo así, tenemos que mejorar los mecanismos existentes para evaluar tanto los insumos como los productos, de manera de acercarlos a un estado ideal que responda a las ideas anteriores.





**Figura 4: Relaciones entre la Reproducción de la Sociedad y la Naturaleza y el Papel Intermediario del Proceso de Producción**

Fuente: Adaptado de Kurosawa, K (1983), *Medición y Análisis de la Productividad a Nivel de Empresa*, Caracas, Comisión Venezolana para la Productividad-COVEP

Si el proceso de producción es un mecanismo intermediario entre la reproducción de la sociedad y la naturaleza, el proceso de producción no puede ser diseñado como algo que aisle a la raza humana de la naturaleza; más bien, él debe ser

un mecanismo efectivo a través del cual los hombres puedan adaptarse por si mismos al ambiente natural y desarrollar la naturaleza para que ella contenga a la humanidad.

Seria equivocado decir que podemos recuperar nuestra humanidad retardando los aumentos de productividad o destruyendo la fuerza productiva de una sociedad. Por el contrario, debemos examinar la situación existente del Sistema Hombre-Hombre y reconstruir y mejorar la fuerza productiva de acuerdo con el principio de productividad, para realizar la humanidad.

**Sistema de Categorías de los Conceptos de Productividad: Expresión Cuantitativa de la Fuerza Productiva y de la Productividad, Estructura Fundamental de la Fuerza Productiva, Variantes de Productividad**

**Kurosawa, K. (1983)**, presenta aquí un sistema de categorías relacionado con el tema que estamos tratando. Su desarrollo se basa en la estructura fundamental que ya hemos discutido, y será de mucha utilidad para integrar diversos aspectos relativos a las actividades productivas y a las categorías correspondientes.

**Expresión Cuantitativa de la Fuerza Productiva y de la Productividad:**

**Para Kurosawa, K. (1983), la productividad será definida ahora como una expresión de los aspectos cualitativos de la fuerza productiva del sistema.** La fuerza productiva es el poder para producir que existe en el proceso estructura de producción; o la capacidad del sistema de producción para utilizar la naturaleza; esto no es más que una expresión de la actividad productiva en el Sistema Hombre-Naturaleza. Por lo tanto,

la productividad determina la calidad y el nivel de la estructura sustancial de la fuerza productiva sobre la que se realizara la productividad humana.

**La productividad es una expresión de la naturaleza, de la capacidad o fuerza productiva.** Si entendemos la capacidad productiva en un sentido amplio, ella es la unificación de las prescripciones cuantitativas (momento cuantitativo) y cualitativas (momento cualitativo) de la fuerza productiva en un sentido restringido. La primera, se expresa a través de la cantidad de producción en un cierto periodo. La segunda, se expresa a través de la ratio entre la cantidad de producción y la cantidad de insumos (a nivel macroscópico, la cantidad de trabajo) requeridos para obtenerla. Presentaremos un ejemplo: la productividad laboral en una fábrica, digamos 10 toneladas de carbón por hora-hombre, está determinada por condiciones tecnológicas y humanas y por la situación de los depósitos de carbón, y ella es una expresión agregada de la estructura del proceso de producción/fuerza productiva y del Sistema Hombre-Naturaleza en esta mina de carbón. La fuerza productiva se expresa cuantitativamente mediante valores absolutos, tal como la cantidad de producción en un cierto periodo de tiempo, por ejemplo, 500 millones de toneladas por año. En contraste con esto, la productividad es presentada por un valor relativo: Ratio de productos a insumos. A este respecto la fuerza productiva expresa la capacidad de la producción, y la productividad expresa su calidad.

### **Estructura Fundamental de la Fuerza Productiva**

Como ya dijimos, tanto la fuerza productiva como la productividad son expresiones de las actividades de los seres humanos y de medidas para su evaluación; es decir, son conceptos de y para los seres humanos. Debido a esto, el aspecto sustancial de estos conceptos son la “productividad humana” y la “fuerza productiva humana”, los cuales

están por encima de todos los aspectos que dependen de ellos. Sin embargo, si visualizamos desde un punto de vista práctico el concepto de fuerza productiva, tenemos que conocer sus diferentes fases en forma sistemática y categórica; esto es, (a) la estructura de la fuerza productiva (en otras palabras, la situación del sistema de elementos de la fuerza productiva), (b) la forma social adoptada por la fuerza productiva, y (c) la fuerza productiva de cada actividad económica, y de la nación. El orden en que se han presentado estas fases indica un movimiento de lo fundamental a lo superficial (**Figura 5**). La esencia de la fuerza productiva es su poder en usar la naturaleza para la reproducción y prosperidad de la raza humana, y la fuerza productiva de una industria o de una empresa deberá ser una contribución a la fuerza productiva de los seres humanos. Sin embargo, observando el fenómeno desde el punto de vista de la gerencia diaria, el movimiento de las fases adopta un orden inverso al movimiento principal, por ejemplo, la categoría líder es la fuerza productiva de la industria, y ella determina la forma, la estructura y la fuerza productiva de los seres humanos. El sistema de categorías presentado y el movimiento principal indicado nos permitirán comprender el significado de los problemas y tomar acciones coordinadas, efectivas y juiciosas.

<b>FUERZA PRODUCTIVA DE LA INDUSTRIA</b>	<b>FORMA DE PRODUCCION/FUERZA PRODUCTIVA DE LA SOCIEDAD ( HISTORICAMENTE)</b>
<b>FUNCION: Realizacion de la Capacidad de Producir</b>	<b>FORMA: Forma Social Adoptada por la Fuerza Productiva</b>
<b>FUERZA PRODUCTIVA DE LOS SERES HUMANOS</b>	<b>ESTRUCTURA DE LA FUERZA PRODUCTIVA</b>
<b>SUSTANCIA: Reproduccion y Prosperidad de la Humanidad</b>	<b>ESTRUCTURA : Situacion del Sistema de Elementos de la Fuerza Productiva</b>

Fuente: Adaptado de Kurosawa, K (1983), *Medición y Análisis de la Productividad a Nivel de Empresa*, Caracas, Comisión Venezolana para la Productividad-COVEP

## **Visión a Vuelo de Pájaro de la Productividad a Nivel Empresa: Características de la Productividad a Nivel de Empresa; La Productividad del Proceso de Transformación y los Problemas de Agregación;**

### **Características de la Productividad a Nivel de Empresa: Aspectos Gerenciales y Productividad; Papel de la Medición de la Productividad en la Empresa; El Proceso de Reproducción.**

Afirma **Kurosawa, K. (1983)**, como ya puntualizamos la productividad es, en su esencia, una medida para evaluar las actividades humanas, desde el punto de vista humano. Sin embargo, como puede verse, las actividades concretas de producción se llevan a cabo principalmente en las corporaciones. Por lo tanto, debe existir una función que coordine los objetivos macroscópicos de la economía y los de las empresas consideradas individualmente.

Enfocando nuestra atención en la actividad reproductiva de una empresa, podemos elaborar un diagrama como el que se muestra en la **Figura 6**. No existe un concepto de gerencia de productividad similar al que existe en otros aspectos gerenciales, tales como gerencia de producción, gerencia de personal, gerencia financiera, mercadeo, etc. Primero que todo, el concepto de productividad a nivel de empresas debe ser entendido como una filosofía sobre como conducir las actividades de las empresas productivamente. Por lo tanto, es un principio sobre el cual debe basarse cualquier tipo de actividad gerencial. Por ejemplo, las actividades de producción deben ser gerenciadas productivamente, y esta es la tarea que le corresponde al gerente de

idea de la productividad, para así producir bienes de mejor calidad a menor costo. Incluso, el control de mercadeo debe ser gerenciado sobre la base de la productividad. En resumen, todos los aspectos de la actividad empresarial deben ser orientados por el principio de la productividad.

### **Papel de la Medición de la Productividad en la Empresa:**

Para **Kurosawa, K. (1983)**, la medición de la productividad tiene un rol propio en la gerencia empresarial. En general, ella consiste en obtener algunos índices agregados para evaluar las diversas actividades de la firma. Por lo tanto, es de esperar que la medición de la productividad cumpla las siguientes funciones:

1. Evaluación del funcionamiento agregado de la actividad productiva y de otras actividades de la empresa.
2. Análisis de la estructura y de las causas del comportamiento agregado, a través del funcionamiento de las diversas actividades.
3. Pronóstico y Planificación de los factores estratégicos de la empresa, tales como la demanda laboral, el progreso tecnológico, la tasa de operación, los precios y los costos unitarios, tasa salarial y los beneficios.
4. Revelar la responsabilidad social de la empresa.



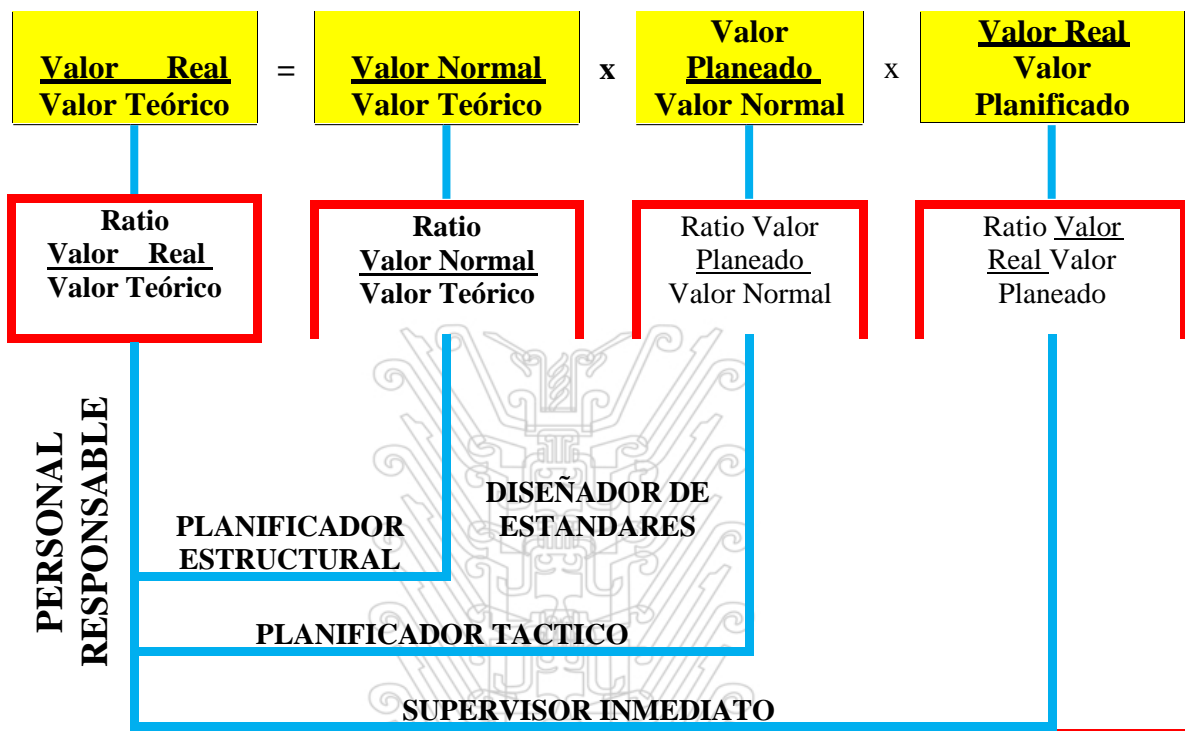
## **Sistema de Números Índices para la Planificación y Gerencia de la Productividad:**

Siguiendo el desarrollo de **Kurosawa, K. (1983)**, en esta parte se presentará, primeramente, la forma fundamental de un sistema de números índices para ser utilizado en la planificación y gerencia de la productividad. Será una útil introducción al método de los números índices en la gerencia de las actividades de la empresa. En segundo lugar, se explicarán algunos problemas técnicos: el problema de agregación, las formas básicas del sistema de números índices agregados para factores, y, por último, un ejemplo de cálculo de números índices.

### **Forma General del Número Índice para la Planificación y la Gerencia:**

Afirma **Kurosawa, K. (1983)**, que el análisis y la medición de la productividad en la empresa es conveniente no solo para el análisis ex post facto de las actividades administrativas, sino, también, para la planificación de los próximos periodos contables. Es, además, una ayuda para mantener sistemáticamente un sistema de información táctico y estratégico para las actividades administrativas. En vista de esto, es esencial que el sistema de medición de la productividad sea sistematizado de acuerdo con la jerarquía de la toma de decisiones. Dicho sistema, como un todo, debe ser diseñado de manera que siga un ciclo ordinario de gerencia, consistiendo en planificación (estructural o estratégica y operacional o táctica), ejecución y control, y evaluación y realimentación de la función planificación.

Por lo tanto, en conformidad con lo anterior, el sistema más general se puede expresar primeramente como sigue: Figura 7



**Figura 7: Marco Fundamental de Medición de la Productividad en la Gestión**

Fuente: Adaptado de Kurosawa, K (1983), *Medición y Análisis de la Productividad a Nivel de Empresa*, Caracas, Comisión Venezolana para la Productividad-COVEP

Para **Kurosawa, K. (1983)**, Todos los terminos (categorías) de esta ecuación se refieren, por supuesto, a la productividad. Así, por ejemplo, el elemento de la izquierda es la ratio de Productividad Real a Productividad Teórica.

El valor de la productividad teórica (o productividad latente), según **Kurosawa, K. (1983)**, representa el valor que se alcanzaría si se operara con las condiciones relevantes de producción a un nivel óptimo, y se calcula teóricamente en base a documentos técnicos. La base de este valor es, por así decirlo, una regla de diseño. Y debido a que representa la capacidad de producción básica de la gerencia en cuestión, es

un valor que debe decidirse mediante la planificación estructural a nivel de la alta

gerencia. Por lo tanto, el planificador estructural tiene la responsabilidad del valor de la productividad teórica y de los ratios valor estándar/valor teórico y valor real/valor teórico.

Para **Kurosawa, K. (1983)**, la productividad estándar se determina en concordancia con las condiciones reales de trabajo, de las instalaciones y de la organización, tomándose en cuenta, además, las mejoras que puedan hacerse a estas condiciones. En otras palabras, la productividad estándar es la productividad que debe poseer un sistema de producción bajo situaciones normales. Ella constituye para la gerencia una experiencia útil en la administración de las actividades de producción ordinarias; y debe ser estimada por el staff gerencial o por ingenieros industriales y su valor debe estar objetivamente fundamentado. Una hora estándar de trabajo (tiempo estándar) a nivel de taller, es un caso típico de valor estándar. Los planificadores ejecutivos deberán ser los responsables de la decisión de si cierto valor va a ser el tiempo estándar, y, por lo tanto, de la determinación del ratio valor estándar/valor teórico.

La productividad planeada, según **Kurosawa (1983)**, es el valor que mediante la planificación se espera obtener en un momento dado, tomando en cuenta las condiciones que prevalecerán en dicho momento. Se presenta como un presupuesto para la situación actual de la gerencia, y se utiliza como una escala para controlar las actividades productivas ordinarias o rutinarias.

Para **Kurosawa, K. (1983)**, el sistema de planificación y gerencia de la productividad debe ser construido para cada nivel de decisión de la empresa. La

ecuación anterior (3-1-1) es su forma más general. Si dicha expresión la tomamos para

la empresa en su conjunto, el valor estándar aparece más como un elemento de naturaleza normativa; o más aun regulativa, que como un valor estándar gerencial en un sentido general. Es más, en el caso de una organización con un tamaño extremadamente grande, es difícil calcular el valor estándar, y pierde significado en la planificación; en este caso el valor planeado surge como un tipo de estándar a ser alcanzado. Verbigracia, esto puede ser verdad cuando consideramos a un país como una empresa. Lo mismo puede decirse de una empresa con una producción muy diversificada (extremadamente heterogénea). En esos casos, el valor estándar desaparece, y solo el valor planeado aparece como un intermediador entre los valores teórico y real.

Por lo tanto, la ecuación (3-1-1) se simplifica, quedando de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor Teórico}} = \frac{\text{Valor Planeado}}{\text{Valor Teórico}} \times \frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor Normal}}$$

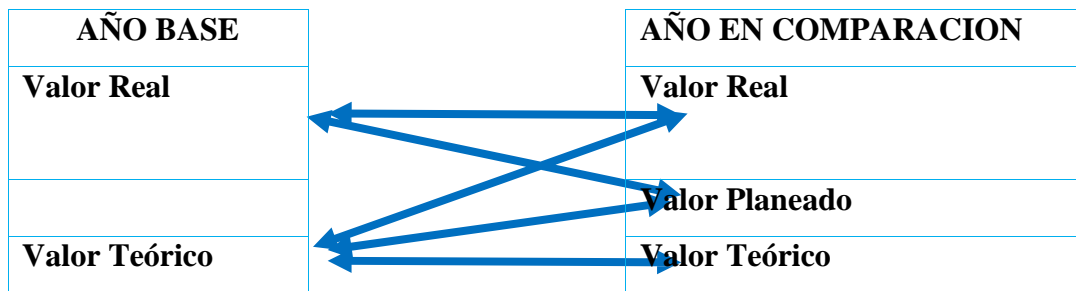
ECUACION 3.1.2

Inversamente, considera **Kurosawa, K. (1983)**, que, en los niveles más bajos de operación, el valor planeado desaparece, y solo el valor estándar queda como termino intermediario. La ecuación (3.1.1) queda así:

$$\frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor Teórico}} = \frac{\text{Valor Estándar}}{\text{Valor Teórico}} \times \frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor Estándar}}$$

Ecuación 3.1.3

En la siguiente figura, se muestran las relaciones entre los diferentes valores de productividad



**Figura 8: Relaciones entre los Indicadores Administrativos Incluidos en la Ecuación del Índice de Productividad**

Fuente: Adaptado de Kurosawa, K (1983), *Medición y Análisis de la Productividad a Nivel de Empresa*, Caracas, Comisión Venezolana para la Productividad-COVEP

El aporte de Kurosawa, radica fundamentalmente en que su método estructural ha integrado la medición de la productividad física con la medición de la productividad de valor agregado; lo que permite crear indicadores a niveles operativos, tácticos y estratégicos dentro de la empresa. Por otro lado, nos permite determinar si para mejorar la productividad, debemos actuar sobre el ratio de mantenimiento o el ratio de mantenimiento para alcanzar los niveles de productividad teórica.

### 2.1.3 La Eficiencia Global de Equipo (OEE) y el Cálculo de la Productividad

#### Total de Equipo(PTE)

**Nakajima, S. (1991)**, considera que cuando se habla de efectividad del equipo se debe ver también cual es el método de cálculo que se ha empleado para determinar la tasa de efectividad del equipo y sobre qué datos se han hecho los cálculos. En esta confusión manifiesta que usan el termino tasa de efectividad de equipo, pero los métodos de cálculo varían ampliamente. Es más; considera a menudo que lo que se indica como efectividad del equipo es la tasa de operación o disponibilidad.

En tal sentido **Nakajima, S. (1991)**, establece la siguiente fórmula matemática para el cálculo global del equipo:

<b>Efectividad Global del Equipo</b>	=	<b>Disponibilidad</b>	x	<b>Eficiencia Rendimiento</b>	x	<b>Tasa de Calidad de Productos</b>
--------------------------------------	---	-----------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------------

Así mismo, **Nakajima, S. (1991)**, define a continuación los conceptos necesarios para describir la efectividad global de equipo:

**Medición de la Disponibilidad:** La tasa de operación o disponibilidad, se basa en la relación entre el tiempo de operación, excluido el tiempo de parada y el tiempo de carga. La fórmula matemática para esta es:

<b>Disponibilidad (D)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo de Operación}}{\text{Tiempo de Carga}}$
---------------------------	---	---

<b>Disponibilidad (D)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo de Carga} - \text{Tiempo de Parada}}{\text{Tiempo de Operación}}$
---------------------------	---	---

En este caso, **Nakajima, S. (1991)**, considera que el **tiempo de carga** o tiempo disponible en un determinado periodo, se deriva restando el tiempo de parada planificado del tiempo total disponible en dicho periodo. El tiempo planificado de parada se refiere a la cantidad de tiempo de parada oficialmente programada en el plan de producción, que incluye tiempo de parada para mantenimiento programado y actividades de gestión, tales como reuniones en la mañana.

El **tiempo de operación** se deriva, según **Nakajima, S. (1991)**, sustrayendo el tiempo de parada (tiempo sin operación) del tiempo de carga; en otras palabras, se refiere al tiempo durante el cual el equipo se encuentra operando. El tiempo de parada de equipo incluye pérdidas o paradas de máquinas debido a fallos, procedimientos de cambios de útiles, ajustes, preparación de máquinas, etc.

Define **Nakajima, S. (1991)**, que la **Eficiencia del Rendimiento** es el producto de la tasa de velocidad de operación y la tasa de operación neta.

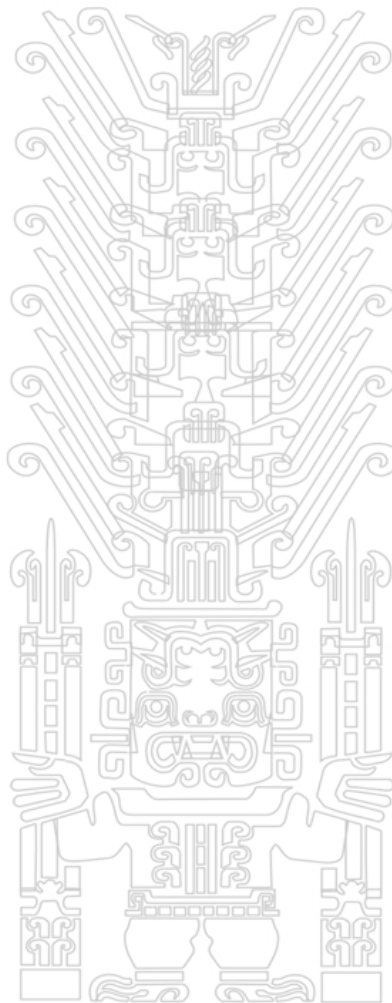
La tasa de **velocidad de operación** del equipo se refiere a la discrepancia entre la velocidad ideal, basada en la capacidad del equipo prevista en el diseño y su velocidad de operación actual. La fórmula matemática para la tasa de velocidad de operación es:

<b>Tasa de Velocidad de Operación</b>	=	$\frac{\text{Tiempo de Ciclo Teórico}}{\text{Tiempo de Ciclo Actual}}$
---------------------------------------	---	--

También define **Nakajima, S. (1991)**, que la **tasa de operaciones neta** mide el mantenimiento de una velocidad dada sobre un periodo dado. Sin embargo, este número no puede indicarnos si la velocidad actual es más rápida o más lenta que la velocidad estándar de diseño, pero si mide si una operación permanece estable a pesar de periodos en los que el equipo se opera a una velocidad más baja. Calcula las pérdidas resultantes de paradas menores registradas, así como las que suceden sin registrarse, tales como pequeños problemas y pérdidas por ajustes.

<b>Tasa de Operación Neta</b>	=	<b><u>Tiempo de Proceso Actual</u></b> <b>Tiempo de operación</b>
-------------------------------	---	--

<b>Tasa de Operación Neta</b>	=	<b><u>Cantidad Procesada x Tiempo Actual de Ciclo</u></b> <b>Tiempo de Operación</b>
-------------------------------	---	---



Tiempo Total Disponible (T <sub>TD</sub> ): 365X24=8 760 Horas Maquina (HM)			Indicador
Tiempo de Carga (T <sub>TC</sub> ): 8 760 - 720 = 8 040 HM		Tiempo de Parada Planificada= 720 HM	
Tiempo de Operación (T <sub>OP</sub> ): 8 040 – 600-400 = 7 040 HM	Pérdida por paradas (T <sub>PP</sub> ): 1.Fallos equipos 600 HM 2.Preparacion maquinaria y ajustes 400 HM		Disponibilidad (D) = D = Tiempo de Operación (T <sub>OP</sub> ) /Tiempo de Carga (T <sub>TC</sub> ) D= 7 040 / 8040 D= 0.875
Tiempo de Operación Neto (T <sub>ON</sub> ): 7 040 – 623 = 6 417	Pérdida de Velocidad (T <sub>PV</sub> ): 3. Inactividad y paradas menores 4. Reducción de velocidad 623 HM		Eficiencia del Rendimiento (ER) ER=Tiempo de Operación Neto(T <sub>ON</sub> ) /Tiempo de Operación (T <sub>OP</sub> ) ER= 6417 / 7040 ERD= 0.911
Tiempo Valido de Operación (T <sub>VO</sub> ): 6 417 – 286 = 6 131 HM	Pérdidas por Defectos (T <sub>PD</sub> ): 5. Defectos en proceso 6. Reducción de rendimiento 286 HM		Calidad (C) C=Tiempo Valido de Operación (T <sub>VO</sub> )/Tiempo de Operación Neto(T <sub>ON</sub> ) C= 6 131 / 6 417 C= 0.955
Efectividad Global del Equipo = Disponibilidad x Eficiencia del Rendimiento x Calidad = 0.875 x 0.911x0.955 = 0.761			

**Figura 9: Efectividad Global del Equipo y Metas**

Fuente: Adaptado de Nakajima, S (1991): *Introducción al TPM*, Tecnologías de Gerencia y Producción S.A., España.

**Hohmann, Ch. (2009)**, define la productividad de las maquinas como la relación entre la producción realizada en determinadas condiciones dadas y la producción teóricamente realizable en las mismas condiciones.

<b>Productividad</b>	=	<u>Cantidad Efectivamente Realizada</u> Cantidad Teóricamente Realizable
----------------------	---	---

Según **Hohmann, Ch. (2009)**, la cantidad teóricamente realizable está generalmente definida en un caso ideal: Sin peligros ni averías, Reglajes perfectos sin derivados, Máquina funcionando en cadencia nominal, Personal competente, presente y motivado, Materias y energía entregada sin retrasos ni fallas, etc.

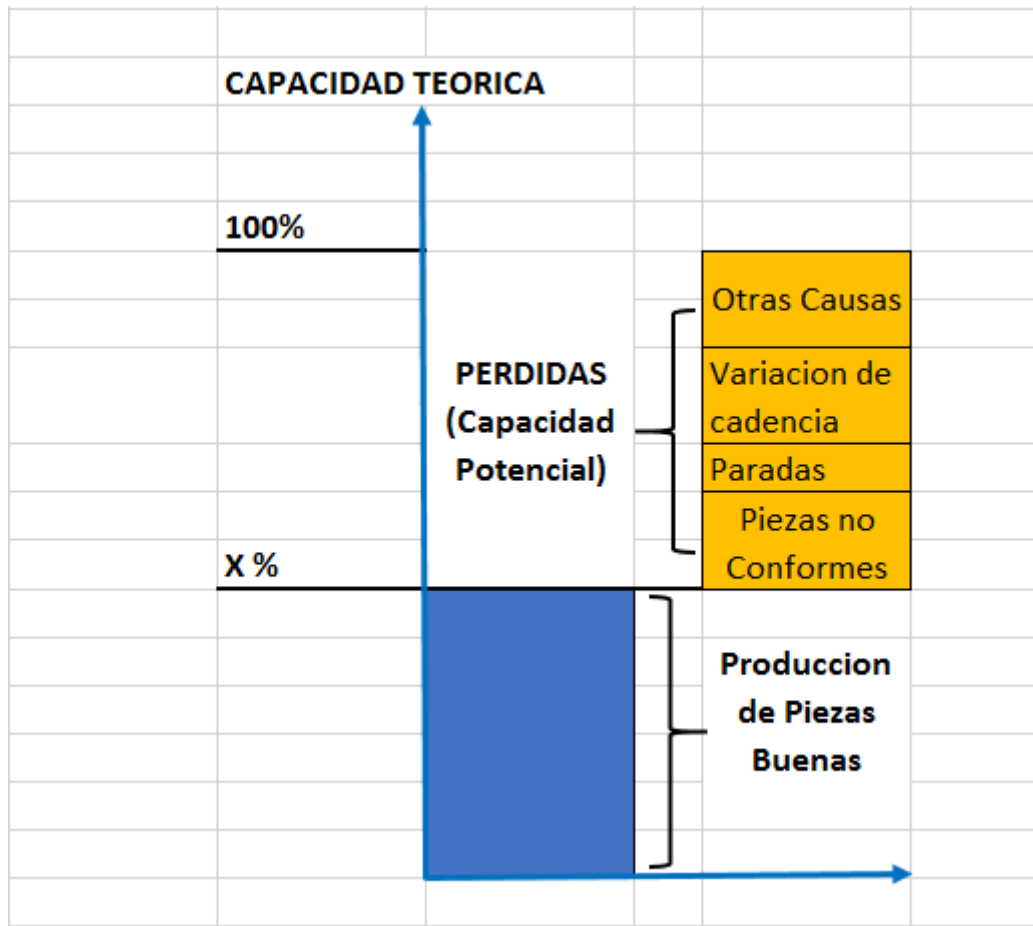
Esta cantidad, para **Hohmann, Ch. (2009)**, ha sido correctamente denominada como “teóricamente realizable” en tanto las diferentes condiciones ideales se encuentran reunidas por un amplio periodo. Esta cantidad es difícil de producir y por ello una productividad del 100% es ambiciosa y, por lo general, inalcanzable.

Por otro lado, cuando una máquina produce, puede hacerlo tanto para piezas buenas como para malas. Ahora bien, las piezas malas deben ser retocadas, vueltas chatarra o reemplazadas, lo que conlleva a costos suplementarios que los clientes no están dispuestos a pagar. Para guiar su actividad hacia lo más justo, el fabricante debe tener en cuenta la producción que no cumpla con la calidad requerida, buscar reducirla o, incluso, erradicarla.

Debemos entonces corregir, según **Hohmann, Ch. (2009)**, la ecuación precedente reemplazando la cantidad efectivamente realizada por cantidad de piezas buenas:

<b>Productividad</b>	=	<u><b>Cantidad de Piezas Buenas</b></u> <b>Cantidad Teóricamente Realizable</b>
----------------------	---	--

Al hacerlo de esa manera, nos colocamos en las condiciones más severas y evidenciamos la parte de la producción desperdiciada



**Figura 10: La Tasa de Rendimiento Sintético (TRS)**

Fuente: Tomado de Hohmann, Ch (2009): *Techniques de Productivité*, Editions d Organisation, Paris

Este **indicador de productividad** de las maquinas, el más riguroso y común, se denomina **TASA DE RENDIMIENTO SINTETICO (TRS)**.

#### **La Constitución de la Tasa de Rendimiento Sintético (TRS):**

**Hohmann, Ch. (2009)**, considera que, en el ambiente industrial, los factores de

perturbación son múltiples y de distintas formas, lo que ocasiona productividades reales

menores a las esperadas. La cantidad teóricamente realizable se calcula en función al tiempo de referencia: la apertura máxima teórica (365 días x 24 horas por año) o el tiempo realmente trabajado según el calendario de la empresa, o incluso el tiempo teóricamente necesario para realizar la producción.

Para poder comparar, considera **Hoeman (2009)**, los siguientes TRS de acuerdo con los sitios y a las empresas, existe una norma francesa establece reglas desde mayo de 2002: la NFE E 60-182, la misma que fracciona el tiempo de referencia de la siguiente manera:



**Figura 11: La Constitución o Estructura de la Tasa de Rendimiento Sintético (TRS)**

Fuente: Tomado de Hoeman, Ch (2009): *Techniques de Productivité*, Editions d Organisation, Paris

Para **Hohmann, Ch. (2009)**, al **tiempo total** (365 días las 24 horas por año) debemos restarle, de ser el caso, los cierres para obtener el tiempo de apertura. El total del tiempo de apertura no es siempre utilizado para producir, sea porque se necesita destinar parte del tiempo para el mantenimiento del equipo, a las pruebas, etc. o porque el tiempo de apertura excede el tiempo requerido para producir.

Así mismo, **Hohmann, Ch. (2009)**, define que el **tiempo útil** es aquel que se usa efectivamente para producir piezas buenas. Es el tiempo que se toma como referencia

para calcular diferentes ratios, en el TRS, el TRG y el TRE siguiente:

$$TRS = Tu/Tr$$

**Hohmann, Ch. (2009)**, le denomina sintético porque toma en cuenta tres otros porcentajes definidos por la norma:

- Porcentaje de calidad ( $Tu/Tn$ )
- Porcentaje de rendimiento ( $Tn/Tf$ )
- Disponibilidad operacional ( $Tf/Tr$ )

Podemos decir, según **Hohmann, Ch. (2009)**, que:

$$TRS = Tu/Tr \text{ porque } TRS = Tu/Tn \times Tn/Tf \times Tf/Tr$$

La TRS representa con un solo valor el rendimiento en cuanto a términos de calidad, cadencia (o rendimiento) y disponibilidad de la máquina.

En la práctica, es más sencillo calcular el TRS utilizando el siguiente ratio:

<b>TRS</b>	=	<b><u>Cantidad de Piezas Buenas</u></b> <b>Cantidad Teóricamente Realizable</b>
------------	---	--

Estas se encuentran determinadas por la planificación o calculadas a partir del tiempo de ciclo unitario.

Así mismo, **Hohmann, Ch. (2009)**, el TRG o porcentaje de rendimiento global es más severo que el TRS, en tanto consideramos que el tiempo de apertura hubiera sido

utilizado, en el mundo ideal, para producir. El mismo tiempo útil ( $Tu$ ) dividido por un

tiempo ( $T_o$ ) más importante que  $T_r$ . El resultado representado por el TRG será necesariamente más bajo que el TRS.

$$\text{TRG} = T_u/T_o$$

TRS y TRG se confunden si la máquina se encuentra destinada a producir sin parar durante el tiempo de apertura, en cuyo caso:  $T_r + T_o$ .

Afirma **Hohmann, Ch. (2009)**, que el TRE o tasa de rendimiento económico interesa sobre todo a los financistas y administradores, quienes consideran que una inversión debería servir para producir siempre, 365 días al año y 24 horas al día.

$$\text{TRE} = T_u/T_t$$

Considera Hohmann, **Ch. (2009)**, que la TRS fue creada con el enfoque “Total Productive Maintenance” o mantenimiento de la productividad total, que es una evolución de métodos de mantenimiento americanos que buscan mejorar el rendimiento de las máquinas para su funcionamiento estructurado, proactivo y participativo.

- Mantenimiento: Mantener en buen estado: reparar, limpiar, engrasar y destinar el tiempo necesario para ello
- Productividad: Asegurar el mantenimiento produciendo o dejando de producir lo menos posible
- Total: Considerar todos los aspectos

Según **Hohmann, Ch. (2009)**, la noción de TRS es el aporte más importante de la TP, sin que esta afirmación aminore el interés y las ventajas de otros aspectos. De hecho, muchas empresas miden sus TRS sin utilizar la TPM necesariamente.

La estructura arborescente de la TRS

La medida de la TRS es relativamente simple: basta contar la producción realizada y compararla a la teóricamente realizable. En una investigación de mejora de la productividad, el interés se encuentra en la pérdida de TRS o, como lo denominamos anteriormente, el desperdicio de capacidad.

Para comprender por qué el TRS no está al 100%, se deben recolectar las causas del bajo rendimiento y analizarlas.

La estructura de esta búsqueda se puede preparar “desmontando” los componentes del TRS de manera arborescente. Sabemos, por su estructura o definición, que sus tres componentes son:

- La disponibilidad operacional
- El rendimiento o los lapsos de cadencia
- La calidad

### **Mejorar la productividad de las maquinas con el TRS**

Para **Hohmann, Ch. (2009)**, mejorar la productividad de una maquina, es necesario aumentar el resultado del ratio:

Productividad = cantidad de piezas buenas / cantidad teóricamente realizable

Esta es la definición del TRS, o, si traducimos en cuanto al tiempo, se trata de acercar el tiempo útil al tiempo requerido.

Se trata entonces según **Hohmann, Ch. (2009)**, de ganar la capacidad desperdiciada analizando los datos recolectados y trabajando para erradicar las causas principales de estos desperdicios

Según **Cuatrecasas, Lluís y Torreli, Francesca (2010)**, el Mantenimiento Productivo Total permite mejorar la eficacia con la que operan los equipos e instalaciones productivas, y como resultado de elloa puede aumentar considerablemente la eficiencia del sistema productivo, también denominada “Eficiencia Global de Equipos”, “Rendimiento Operacional” o en nomenclatura anglosajona, “OEE (Overall Equipment Effectiveness)”. Así mismo, considera que las posibles mejoras en los equipos productivos y su operativa, se centra en las Seis Grandes Pérdidas, las cuales están agrupadas en tres categorías tomando en consideración el tipo de mermas que pueden representar en el rendimiento de un sistema productivo con intervención directa o indirecta de los equipos de producción.

#### **Grupo de Tiempos Muertos y de Vacío:**

##### **Primera Pérdida: Averías**

Es el tiempo de paro del proceso por fallos, errores o averías; ocasionales o crónicas, de los equipos.

##### **Segunda Pérdida: Tiempo de Preparación o Ajuste de los Equipos**

Tiempo de paro del proceso por preparación de máquinas o útiles necesarios para su

puesta en marcha

Tesis publicada con autorización del autor

No olvide citar esta tesis

**Grupo de Pérdidas de Velocidad del Proceso:**

**UNFV**

### **Tercera Pérdida: Funcionamiento a Velocidad Reducida**

Diferencia entre la velocidad actual y la de diseño del equipo según su capacidad. Se pueden contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño.

### **Cuarta Pérdida: Tiempo en Vacío y Paradas Cortas**

Intervalos de tiempo en el que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.

### **Grupo de Productos o Procesos Defectuosos:**

### **Quinta Pérdida: Defectos de Calidad y Repetición de Trabajo**

Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos.

### **Sexta Pérdida: Puesta en Marcha**

Perdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.

**Cruelles, J.A. (2013)**, considera que la **Eficiencia General de los Equipos (OEE)** es un sistema alternativo al cálculo de la productividad en trabajos limitados, es decir, en trabajos donde el trabajador ve limitada su capacidad de producción por la máquina. El nivel de productividad alcanzable es determinado por la máquina o la línea de producción. Define el OEE (Overall Equipment Effectiveness o **Eficiencia General de los Equipos**) como una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. Considera que la OEE es el único indicador que mide los parámetros fundamentales de la producción industrial, a saber: disponibilidad; eficiencia y calidad. Se dice que engloba todos los parámetros fundamentales, porque del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible saber si lo que falta, hasta

el 100%, se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se han producido unidades defectuosas).

Establece **Cruelles, J.A. (2013)**, que la **Eficiencia General de los Equipos (OEE)** es el resultado de multiplicar las tres razones de: **la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.**

<b>Eficiencia Global de Equipo (OEE) %</b>	<b>=</b>	<b>Disponibilidad %</b>	<b>x</b>	<b>Rendimiento %</b>	<b>x</b>	<b>Calidad %</b>
--	----------	-------------------------	----------	----------------------	----------	------------------

Donde:

**Disponibilidad:** Es cuánto tiempo ha estado funcionando la máquina o equipo respecto del tiempo que se planificó que estuviera funcionando.

**Rendimiento:** Durante el tiempo que ha estado funcionando, cuanto ha fabricado (bueno y malo) respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.

**Calidad:** Es el indicador más conocido de todos. Cuánto se ha fabricado bien a la primera respecto del total de la producción realizada (buena y mala).

Afirma **Cruelles, J.A. (2013)**, que el OEE permite clasificar una o más líneas de producción o toda una planta, con respecto a los mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia, para lo cual presenta un cuadro que permite clasificar a una determinada empresa de acuerdo con el valor de OEE obtenido.

VALOR DE OEE OBTENIDO	CLASIFICACION
OEE>95%	EXCELENCIA
85%<OEE<95%	BUENA
75%<OEE<85%	ACEPTABLE
65%<OEE<75%	REGULAR
OEE<65%	INACEPTABLE

**Figura 12: Clasificación de las empresas de acuerdo con la Eficiencia General de los Equipos(OEE)**

Fuente: elaboración propia a partir de Nakajima, S (1991): *Introducción al TPM*, Tecnologías de Gerencia y Producción S.A., España

Por otro lado, **Pistarelli, A. (2013)**, considera que la **Productividad Total de Equipo (PTE)** también llamada **Efectividad Total de Equipo** cuantifica simultáneamente todas las posibles deficiencias. Los criterios para medir el “tiempo productivo” y los indicadores aplicados en cada caso, pueden utilizarse sin haber implementado un modelo TPM. Muchas organizaciones, afirma, poseen indicadores de performance, rendimiento; disponibilidad, eficiencia, etc., similares a los descritos por él y, sin embargo, no aplican TPM como metodología de gestión.

Afirma que La **Productividad Total de una Unidad Productiva** se ve afectada por dos factores principales. Por un lado, el **Grado de Utilización** de los activos (GU), y por el otro, **la Eficacia** con que el proceso de fabricación se cumple. Este último factor se denomina **Eficacia Global de Equipo (EGE)**.

Señala **Pistarelli, A. (2013)**, que la **Productividad Total de Equipo (PTE)** queda establecida como el producto entre el **Grado de Utilización (GTU)** y la **Eficacia Global de Equipo (EGE)**.

<b>Productividad Total de Equipo (PTE)</b>	=	<b>Grado de Utilización (GU)</b>	x	<b>Eficacia Global de Equipo (EGE).</b>
--	---	--------------------------------------	---	---

Define **Pistarelli, A. (2013)**, el **Grado de Utilización (GU)**, como el porcentaje de utilización de un activo o conjunto de activos, con respecto al tiempo posible calendario u horario. La diferencia entre el tiempo disponible para operar y el tiempo calendario puede obedecer a planificación de producción(estacionalidad), reuniones, refrigerio y tiempo de mantenimiento programado. Señala que el objetivo es saturar el tiempo total calendario reduciendo las paradas programadas o aprovechando cada vez más la capacidad productiva con el apoyo de la Alta Dirección de la compañía.

Donde:

<b>Grado de Utilización (GU)</b>	=	<b><u>Tiempo Disponible para Operar (TOP)</u> Tiempo Total Calendario (TTC)</b>
--------------------------------------	---	---

Así mismo **Pistarelli, A. (2013)**, define la Eficacia Global de Equipo (EGE) como un indicador integral de eficacia valido para el tiempo de funcionamiento. Resulta útil para evaluar la eficacia del mantenimiento. Si las tareas de mantenimiento son efectivas, no deberían grandes pérdidas por calidad, rendimiento o disponibilidad. Sin embargo, este índice no contempla la eficiencia de la gestión. Si las paradas programadas para mantenimiento preventivo son exageradas, nunca quedaran

reflejadas.

Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

<b>Eficacia Global de Equipo (EGE) %</b>	=	<b>Disponibilidad %</b>	x	<b>Rendimiento %</b>	x	<b>Calidad %</b>
--	---	-------------------------	---	----------------------	---	------------------

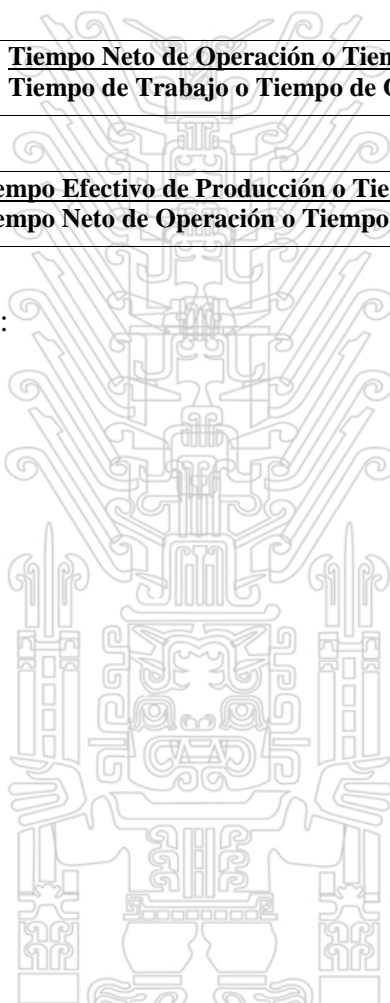
Donde:

<b>Disponibilidad (D)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo de Trabajo o Tiempo de Operación (T}_c\text{)}}{\text{Tiempo Disponible para Operar o Tiempo de Carga (T}_{DO}\text{)}}$
---------------------------	---	--

<b>Rendimiento (R)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo Neto de Operación o Tiempo de Operación Neto (T}_{NO}\text{)}}{\text{Tiempo de Trabajo o Tiempo de Operación (T}_c\text{)}}$
------------------------	---	--

<b>Calidad (C)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo Efectivo de Producción o Tiempo de Operación con Valor (T}_{EP}\text{)}}{\text{Tiempo Neto de Operación o Tiempo de Operación Neto (T}_{NO}\text{)}}$
--------------------	---	---

De acuerdo al gráfico:



Tiempo Total Calendario (T <sub>TC</sub> )					Indicador	
Tiempo de Uso (T <sub>U</sub> )				Tiempo de no Uso (T <sub>TNU</sub> )		
Tiempo Disponible para Operar o Tiempo de Carga (T <sub>TC</sub> )			Tiempo de Paradas Programadas (T <sub>PP</sub> )		Grado de Utilización (GU) = Tiempo Disponible para Operar (TTC)/Tiempo Total Calendario (TTC)	
Tiempo de Trabajo o Tiempo de Operación (T <sub>OP</sub> )		Tiempo de Paradas no Programadas (T <sub>PNP</sub> )		Disponibilidad (D) = Tiempo de Operación (T <sub>OP</sub> ) /Tiempo de Carga (T <sub>TC</sub> )		
Tiempo Neto de Operación o Tiempo de Operación Neto (T <sub>ON</sub> )	Tiempo de Menor Velocidad de Operación (T <sub>MVO</sub> )					Eficiencia Rendimiento (ER)=Tiempo de Operación Neto(T <sub>ON</sub> ) /Tiempo de Operación (T <sub>OP</sub> )
Tiempo Efectivo de Producción o Tiempo Valido de Operación (T <sub>VO</sub> )	Tiempo de Producción de Defectos (T <sub>PD</sub> )					Calidad (C)=Tiempo Valido de Operación(T <sub>VO</sub> /Tiempo de Operación Neto(T <sub>ON</sub> ))
Productividad Total de Equipo (PTE)	=	Grado de Utilización (GU)	*	Eficacia Global de Equipo (EGE).		
Grado de Utilización (GU)	=	Tiempo Disponible para Operar (T <sub>OP</sub> )				
		Tiempo Total Calendario (T <sub>TC</sub> )				
Eficacia Global de Equipo (EGE) %	=	Disponibilidad (D) %	*	Eficiencia Rendimiento (ER) %	*	Calidad (C) %

**Figura 13: Productividad Total de Equipo (PTE)**

Fuente: Elaboración propia a partir de Nakajima, S (1991): *Introducción al TPM*, Tecnologías de Gerencia y Producción S.A., Madrid y de Pistarelli, A (2013): *Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización*, El autor, Buenos Aires.

### 2.1.4 Medición de la Productividad por el Modelo de Productividad Total de

**Sumanth**

**Sumanth, D. (1993)**, desarrolla el Modelo de Productividad Total (MTP) en 1979.

Este modelo define una medida de productividad total que incluye todos los factores de resultados y todos los factores de insumos. El Modelo de Productividad Total (MTP) se basa en elementos tangibles. En este contexto, “tangible” significa medible o cuantificable directamente.

<i>Productividad</i>	=	<i>Resultado Tangible</i>
		<i>Insumo Tangible Total</i>

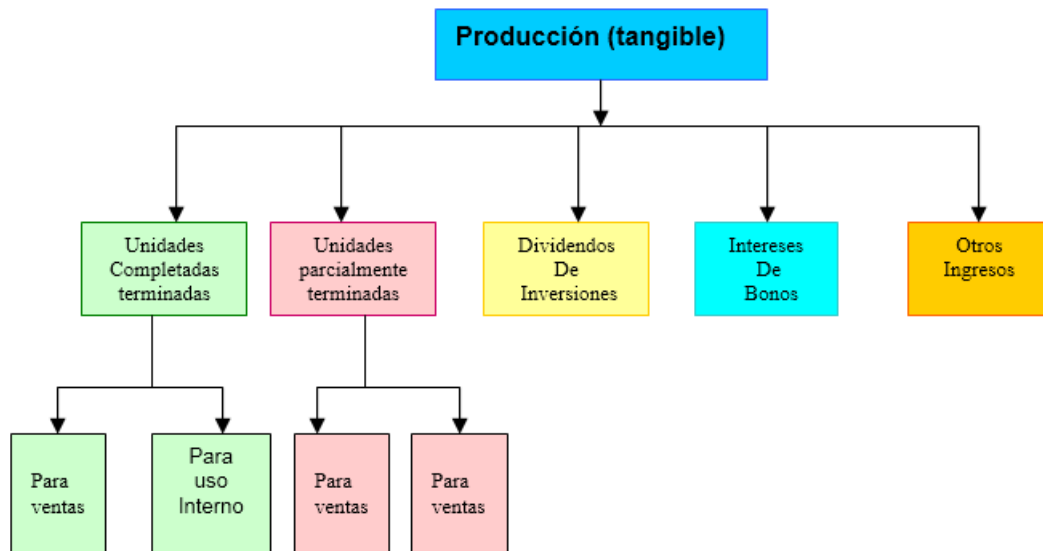
<i>Productividad</i>	=	<i>O1 + O2 + O3 + O4 + O5</i>
		<i>H+M+FC+WC+E+X</i>

Donde:

$O_{1-5}$ : Producción total tangible

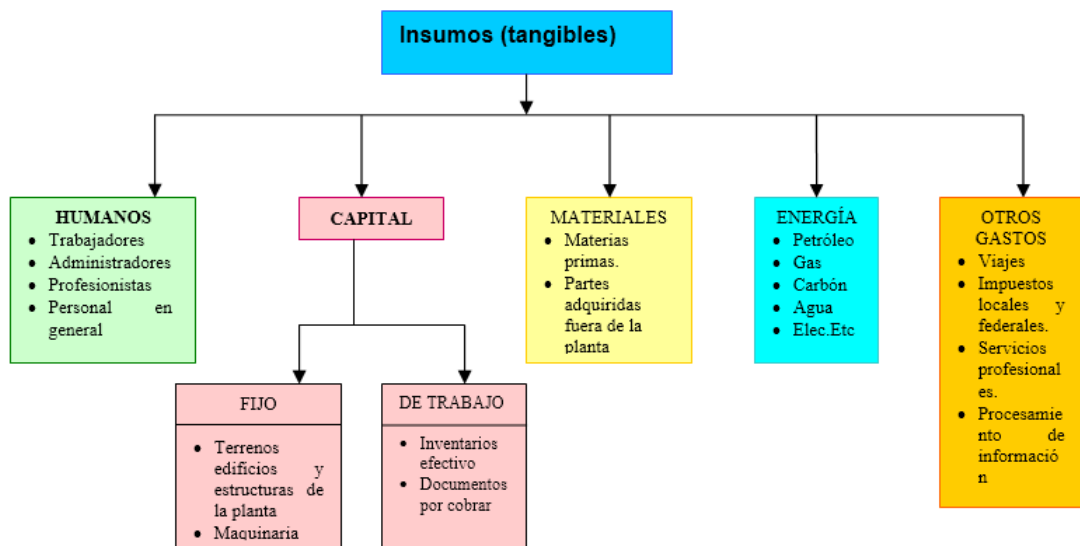
H, M, FC, WC, E: Insumos utilizados para la producción total tangible

Según **Sumanth, D. (1993)**, El Modelo de Productividad Total (MTP) considera tanto el punto de vista de los sistemas en su totalidad, como el punto de vista de los subsistemas y es tanto diagnóstico como prescriptivo en su naturaleza.



**Figura 14: Elementos de Producción Considerados en el Modelo de Productividad Total (MPT)**

Fuente: Sumanth, David J. (1993): *Ingeniería y Administración de la Productividad*, Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A., Estado de México.



**Figura 15: Elementos de Insumo Considerados en el Modelo de Productividad Total (MPT)**

Fuente: Sumanth, David J. (1993): *Ingeniería y Administración de la Productividad*, Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A., Estado de México.

Como puede apreciarse en el Modelo de Productividad Total (MPT), se requiere información; de la valorización de los inventarios de productos terminados; de la valorización de productos en proceso, de los dividendos, de los intereses de los bonos, de otros ingresos, entre otros. Así mismo, se requiere información de los costos de mano de obra, del capital fijo y de trabajo de la empresa, entre otros. La fuente de información son las cuentas de resultados de la organización.

Dado que el propósito de esta investigación es encontrar indicadores operacionales de los procesos que nos permitan ejercer un control día a día, el método de Sumanth no resulta adecuado.

## **2.2 Evaluación del Desempeño:**

Según **Bandeira Alves, A. (2009)**, en el escenario contemporáneo, administrar con calidad y productividad, no está más asociado a países desarrollados. El proceso de operaciones, cada vez más competitivo, está inserto dentro de contextos, con tiempos cada vez más cortos, con reducción de la disponibilidad de recursos y mayores exigencias de mercado. El éxito de las organizaciones pasa, entonces, por dotar de flexibilidad a los sistemas de producción para atender las crecientes expectativas de la demanda.

El autor, citando a **Slack, N. (1993)**, **Johnston y Clark (2001)**, **Acur y Englyst(2006)**, **Correa y Caon(2006)** observa que la función de manufactura tiene representatividad en el planeamiento estratégico, que, según el autor, debe ser llevado a cabo, mediante dos caminos: clientes y competencia. Esto nos lleva a creer que la consolidación de metas y objetivos de manufactura consiste en responder a las necesidades reales y potenciales de mercado

**Bandeira Alves, A. (2009)**, se fija como objetivo principal de su libro, la selección de indicadores de desempeño para los niveles de operaciones, teniendo como estudio de caso, una planta de generación de energía eléctrica, con el fin de identificar las fallas derivadas de la operación y de las posiciones de gestión inadecuadas. Estos procedimientos de análisis son perfectamente aplicables en otros segmentos del mercado, ya que la diferencia consiste solamente en la identificación de las variables operacionales.

Siguiendo a **Bandeira Alves, A. (2009)**, la competitividad en el momento actual incurre en la necesidad de nuevos atributos de evaluación de desempeño para las organizaciones. En ausencia de medidas compatibles  
Con los objetivos reales de la organización, no hay, de hecho, expectativas de desempeño, dificultando o monitoreando las actividades o el levantamiento de posibles mejoras tanto en el proceso y en el producto. La evaluación del desempeño fundamentada en medidas inconsistentes o con ausencia de focalización (elección de varios indicadores conectados incorrectamente) tiende a ser distorsionada y, a veces, irreal.

Para **Bandeira Alves, A. (2009)**, la falta de medidas de desempeño induce a medidas a decisiones imprecisas en virtud de la inexistencia de una diagnóstico real y su correlación con los objetivos. Por otro lado, al no disponer de medidas de desempeño, los funcionarios no tienen referencia para justificar lo que se espera de ellos, determinar posibles mejoras, después de todo, o monitorear su desempeño. Medir es una parte natural del proceso de análisis, control, evolución y administración de la organización.

Para **Bandeira Alves, A. (2009)**, la efectividad <sup>1</sup> de un sistema de medidas se fundamenta en la selección de indicadores relacionados a los objetivos estratégicos de la organización. La tendencia de una organización dispuesta al inicio del espectro de estrategias<sup>2</sup> es establecer primero una red de medidas financieras (no operativas) muy completo, comprometiendo más todavía, la focalización, cuando aparecen otras medidas, sean originadas en la burocracia o de cambios de posturas gerenciales. Como consecuencia, las medidas no disponen de interacción y costeo, lo que se tornan inmanejables.

Bajo la óptica moderna, los indicadores financieros, parecen por sí mismos, no reflejar más el desempeño necesario para la competitividad. Los incrementos tecnológicos, las innovaciones en el proceso productivo fomentan una relación entre manufactura y estrategia, los nuevos mercados demandantes, la reducción del ciclo de vida de los productos (obsolescencia planeada), los márgenes de contribución futuros han fundamentado esta concepción.

De acuerdo con Kaplan y Norton (1992) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, los indicadores financieros aislados o de corto plazo son inadecuados como sistema de medición. Los autores sugieren reemplazarlos por los indicadores operativos, en conformidad con la estrategia competitiva definida por la organización, con sus recursos tecnológicos de proceso y de producto. Alegan también, que los indicadores financieros de corto plazo, como tasa de rentabilidad, tasa de retorno sobre la inversión, la cuota de mercado, volumen de ventas, pueden ser influenciados por la recuperación de precios de productos (situación favorable de precios) y no esencialmente por la mayor productividad,

<sup>1</sup> Significa la cualidad de ser efectivo; coincide con la dirección de la empresa a largo plazo.

<sup>2</sup> Entiéndase por espectro de estrategias las estrategias de manufactura (costo, calidad, tiempo, flexibilidad e innovación) que a largo plazo forman una evolución ideal, en cuanto que, en el corto plazo pueden implicar conflictos.

mientras que los indicadores operativos propician el establecimiento de metas de rentabilidad a largo plazo.

Para **Bandeira Alves, A. (2009)**, la evaluación de desempeño asume dimensiones globales, parciales y unitarias, en conformidad a la interacción de los parámetros que aparentemente es bastante compleja. Sobre este enfoque, al menos seis modalidades de parámetros repercuten en el desempeño de la organización: eficacia, eficiencia, productividad, calidad; innovación y rentabilidad. La productividad representa un componente, entretanto, no necesariamente el más importante Ruch (1982), Sink (1985), Ahmed, Hacker y Wallace (2006) citados por **Bandeira Alves, A. (2009)**.

Siguiendo a **Bandeira Alves, A. (2009)**, el desempeño es la relación entre el nivel efectivo de realización de un objetivo y el nivel considerado teóricamente como estándar, obedeciendo a algún tipo de criterio. El objetivo central de la evaluación del desempeño de la organización se manifiesta en la mejora del sistema como un todo.

Las medidas se basan en la orientación de esfuerzos y recursos en el proceso con el fin de mejorar el desempeño operativo, mejorar la capacidad productiva de bienes del sistema, es decir, el más cercano al nivel máximo actividades de producción (actividades que agregan valor) que las operaciones pueden proporcionar en un cierto período de tiempo y en condiciones normales de funcionamiento Faria y Costa (2006) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**.

Según **Bandeira Alves, A. (2009)**, de acuerdo con **Boyer y Pageli (2005)**, la razón de ser de la medición del desempeño y la pertinencia a la mejora del sistema productivo, descomponiendo el desempeño global bajo los parámetros de eficacia, de eficiencia, de

productividad, de calidad, de innovación y de rentabilidad, proporciona valiosa información a los centros de beneficios o presupuestos<sup>3</sup> para los centros de coste.

Por lo tanto, en el trabajo se desarrollará el diseño de un sistema de gestión para la fabricación basado en una red de indicadores de desempeño que sucesivamente estará sintonizado a la estrategia competitiva de la empresa. Los indicadores de desempeño de la red se aplicarán en una planta de energía hidroeléctrica de la empresa estudiada, componiendo la unidad de análisis<sup>4</sup> de esta investigación.

Según **Bandeira Alves, A. (2009)**, a través de la definición de factores críticos de éxito<sup>5</sup>, un análisis cuidadoso de las discrepancias<sup>6</sup> y el análisis de los seis componentes de desempeño presentados previamente, usted puede entonces utilizar una red de indicadores como herramienta de gestión más eficaz, funcionando como un sensor cuya finalidad es delinear los niveles de desempeño operativo.

**Shimada y Macduffie(1987)** citados por **Bandeira Alves, A. (2009)**, argumentan que el sistema de operaciones está básicamente compuesto de tres elementos clave:

- equipos,
- sistema operacional en sí mismo y
- las competencias.

---

<sup>3</sup> Se refiere a la asignación presupuestaria; traducción libre de la palabra budgetability

<sup>4</sup> La unidad de análisis o el cuerpo central del problema de investigación, aunque por lo general se estipula como individuos, grupos u organizaciones, en esta obra encarna en una empresa energética, destacando el proceso de generación de energía.

<sup>5</sup> Los factores críticos de éxito corresponden a las variables que la organización necesita para funcionar bien para lograr la competitividad (percepción de importancia). Los factores críticos de éxito soportan la gestión de indicadores para medir y controlar.

<sup>6</sup> Las diferencias entre de desempeño ideal y real (percepción del desempeño); lagunas; seguimiento de los cambios, en inglés: gaps.

El componente de los equipos está constituido por los recursos físicos (materiales, maquinaria e instalaciones) del sistema de producción. La parte primaria que implica el sistema operativo cuenta con los recursos técnicos y administrativos que intervienen en el proceso de operaciones. El tercer elemento, competencias, involucra las habilidades de los recursos humanos. Según los autores, el desempeño organizacional surge de la gestión de éstos tres elementos de forma simultánea. Así que cuanto más interactiva sea la relación entre los componentes, mejor será el desempeño operativo.

### 2.2.1 EL DESEMPEÑO: SUS COMPONENTES Y SUS PARAMETROS

Según **Bandeira Alves, A. (2009)**, el desempeño en las organizaciones ha presentado una diversidad de definiciones para la manufactura. Algunas inconsistencias son bastante comunes, tales como la distorsión del concepto de productividad para la tasa de producción; Evaluación Interna la productividad por medio de indicadores externos; Evaluación de eficiencia a través de indicadores de desempeño; la ignorancia de las diferencias relativas a la capacidad productiva, el tiempo de operación, tiempo previsto, etc.

Algunos autores (Sink,1985), (Sink y Tuttle, 1989) y (Slack, N. 1993), citados por **Bandeira Alves, A. (2009)**, proponen que en principio debe prevalecer el enfoque sistémico en la evaluación de desempeño de cada subsistema. Por lo tanto, cualquier sistema de organización tiene interrelaciones con otros subsistemas, así como los insumos<sup>7</sup>, actividades o procesos de transformación y las salidas<sup>8</sup>. Por lo tanto, podemos afirmar que

<sup>7</sup> Corresponden a los recursos consumidos en el proceso de transformación de la cantidad esfuerzo utilizado en el proceso de producción, en inglés: inputs

<sup>8</sup> Consecuencias del proceso de transformación; producción; en inglés: outputs

las medidas deben basarse en procesos o sistemas y no en departamentos, al mismo tiempo que el flujo de proceso impregna en toda la organización.

**El Modelo de Evaluación de Desempeño propuesto por Sink (1985)**, citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, como un compuesto de parámetros interrelacionados de manera compleja. Los criterios de desempeño abordados por el autor se restringen a la eficacia, la eficiencia, la productividad, la calidad, Innovación y rentabilidad (para centros de beneficio) o presupuestado (para centros de coste). El grado de representatividad de cada criterio es función de las características del sistema observado.

Los parámetros de desempeño discutidos asumen en mayor o menor grado de importancia, **Bandeira Alves, A. (2009)**, dependiendo de la situación en la que el sistema está inserto. Los parámetros de desempeño, variables endógenas del sistema organizacional, proporcionan información sustancial para una gestión adecuada. Los parámetros no representan indicadores de desempeño específicos, que son dispositivos o sensores a través del cual es posible evaluar el desempeño. Corresponde a la gerencia la tarea de identificarlos.

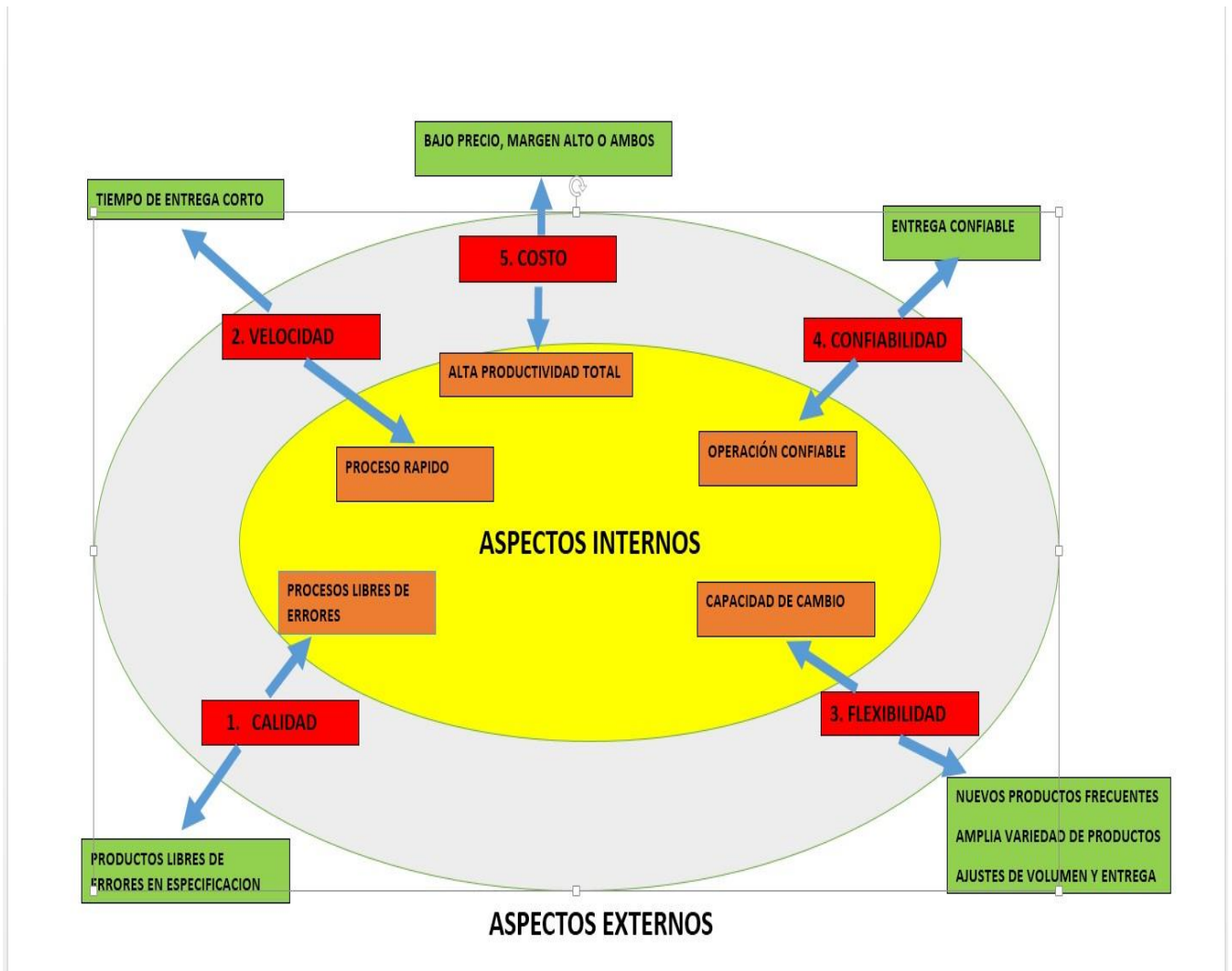
Para **Bandeira Alves, A. (2009)**, los parámetros, instrumentos cuyos diales (panel de control) son exhibidos por los indicadores específicos, tienen la función de determinar si el sistema organizacional es eficaz, eficiente, productiva, de alta calidad, innovador y rentable. El siguiente diagrama muestra una visión general de lo que se tratará en este capítulo.



**Figura 16: Parámetros del Modelo de Evaluación de Desempeño**

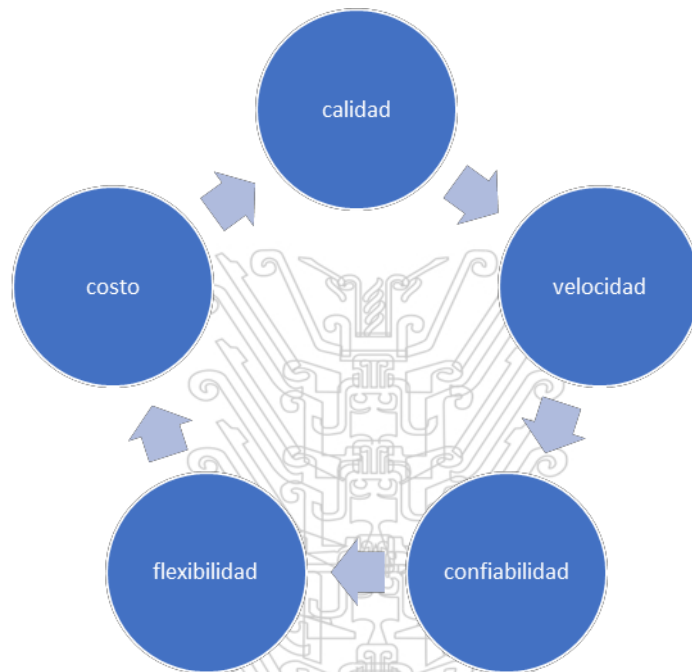
Fuente: Adaptado de Sink, D.S.; Tuttel, T.C. (1989): *Planning and measurement in your organization of the future*. IIE, Norcross (citado por Alves, Anselmo (2009): *Indicadores de Desempenho, Instrumentos à Produtividade Organizacional*, Qualitymark, Rio de Janeiro.

**El Modelo de Evaluación de Desempeño propuesto por Slack, N. (1993)**, identifica cinco criterios o componentes competitivos para la manufactura: calidad, velocidad, confiabilidad, flexibilidad y costo. Teniendo en cuenta estos criterios, es posible monitorear el desempeño de una organización considerando el ambiente en el que está compitiendo y las restricciones o condiciones del entorno.



**Figura 17** Objetivos del Modelo de Evaluación de Desempeño de Slack

Fuente: Adaptado de Slack, N. (1993): *La Ventaja Manufacturera, como desarrollar operaciones de manufactura competitivas*, Panorama Editorial S.A., México, D.F



**Figura 18 Criterios competitivos para la manufactura: calidad, velocidad, confiabilidad, flexibilidad y costo.**

Fuente: Elaboración propia a partir de Slack, N. (1993): *La Ventaja Manufacturera, como desarrollar operaciones de manufactura competitivas*, Panorama Editorial S.A., México, D.F

**Para Slack, N. (1993), hacer las cosas mejor significa cinco cosas:**

**a) Calidad:** Significa hacer las cosas bien, no cometer errores, elaborar artículos que estén en realidad donde deben estar, productos libres de errores y que cumplan siempre con las especificaciones de diseño. De cualquier modo, que se exprese, al hacer esto manufactura le proporciona a la empresa la ventaja de calidad.

**b) Velocidad:** Significa hacer las cosas rápido, lograr un plazo más corto entre el arranque del proceso de manufactura y que el producto llegue a los clientes antes que la competencia, por este medio manufactura le da a la empresa la ventaja de la velocidad.

c) **Confiabilidad:** consistente con el cumplimiento del plazo. Manteniendo entregas con plazos más fiables mediante estimaciones más precisas de las fechas de entrega, de la reducción de la variabilidad en proceso de producción, la uniformidad de la información entre departamentos, el sistema de operaciones será confiable.

d) **Flexibilidad** <sup>9</sup> : Consiste en la capacidad del sistema de operaciones para efectuar cambios en el corto plazo de manera eficiente. En entornos turbulentos, la traducción de la información de mercado en los objetivos estratégicos de la organización aumenta la flexibilidad para la ventaja competitiva. Como este informe es un potencial, y difícil de medir. Los resultados obtenidos no siempre son representativos de todo el potencial, teniendo en cuenta que la consecución de una meta puede estar condicionado a un cierto requisito, tal vez por debajo de potencial. Esta ha sido la razón principal de la nubosidad de modelos cuantitativos para medir la flexibilidad.

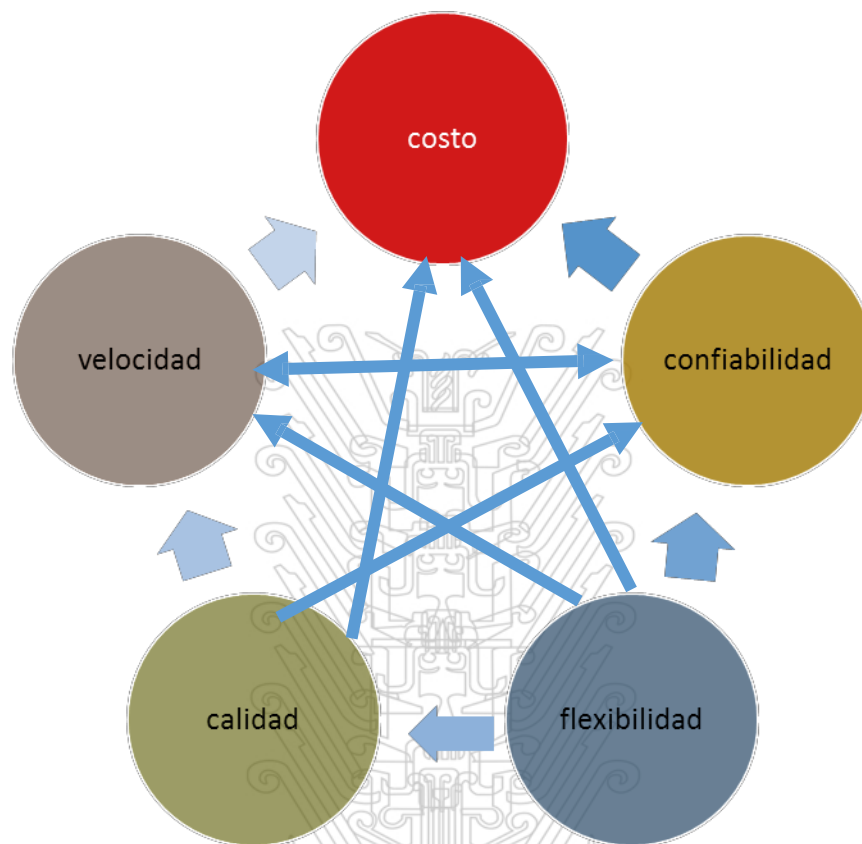
e) **Costo:** se refiere a la disposición del producto en el mercado con costos<sup>10</sup> por debajo de la competencia. Innumerables factores pueden inducir ahorros de costos, tales como asociaciones de desarrollo, uniendo competencias por formar asociaciones o alianzas, subcontratación o tercerización, inserción de proveedores dentro de la empresa (interacción cliente-proveedor), etc. Recuerde que la interacción cliente-proveedor será consistente sólo cuando hay respeto por los márgenes de contribución de los proveedores para permitir la inversión en la mejora de procesos y no a provocar el debilitamiento de la cadena productiva.

---

<sup>9</sup> La flexibilidad entendida como criterio competitivo, de acuerdo con Slack, N. (1993), se refiere a la estrategia de flexibilidad dentro del espectro de estrategias de manufactura. No cabe aquí el concepto de "flexibilidad estratégica", es decir la capacidad de cambiar la estrategia competitiva de forma rápida para satisfacer entornos turbulentos. Este cambio puede ser o bien un paso adelante y también una regresión, lo que lleva a una mayor o menor impacto y costo incremental debido a la acumulación de habilidades adquiridas a lo largo de su proceso evolutivo.

<sup>10</sup> Abarca todo el ciclo de vida del producto (comprende el precio de adquisición, el de operación y el de mantenimiento), desde el punto de vista del cliente.

Slack, N. (1993), establece relaciones entre los cinco objetivos de desempeño, tanto en referencia a los aspectos internos como externos a la organización:



**Figura 19: Relaciones entre los cinco objetivos de desempeño**

Fuente: Adaptado de Slack, N. (1993): *La Ventaja Manufacturera, como desarrollar operaciones de manufactura competitivas*, Panorama Editorial S.A., México, D.F

Por lo tanto, **Slack, N. (1993)**, afirma que el coste tiende a ser minimizado cuando la velocidad de las operaciones tiende a ser maximizada debido a las mejoras en el proceso, por ejemplo, en las operaciones con ausencia de errores. El flujo de los materiales durante el proceso de fabricación es menos sujeto a colas o stocks intermedios, lo que reduce los gastos generales (Con demoras y reprogramaciones) y procediendo a previsiones más precisas. Con menos errores debidos a la fabricación, menos desperdicios, menos retrabajo, menos desechos, mayor será la confiabilidad de entrega.

La mejora de la flexibilidad ofrece una mejor fiabilidad, costo y velocidad. Los intercambios flexibles incurren en pequeños Iotas en flujos rápidos y procesos variados (capacidad de variables). La flexibilidad de la respuesta se puede medir en términos de tiempo, sin embargo, para cuantificar la versatilidad de una tarea es una operación costosa.

La flexibilidad del sistema de operaciones (rotación de procesos alternativos), la reducción del tiempo de preparación de las máquinas, la mejora de la calidad y el incremento de la confiabilidad del sistema impulsa a la reducción de los costos de operación. Por último, la calidad y la flexibilidad del proceso de producción impulsan la velocidad y confiabilidad, simultáneamente.

Todos los objetivos convergen en el coste de fabricación, redundando directamente sobre el resultado financiero. El desempeño de los costes es sólo una parte de la rentabilidad sobre la inversión<sup>11</sup>.

La contribución de cada criterio para el desempeño de la organización, de acuerdo con **Slack, N (1993)**, toma enfoques internos (sistémico, holístico, exige visión) y externos (oportuno; atributos valorados por el cliente; "estado del arte" del mercado). Es esencial para entender cómo se interrelacionan los aspectos internos se interrelacionan con los aspectos externos con el fin de mejorar el desempeño.

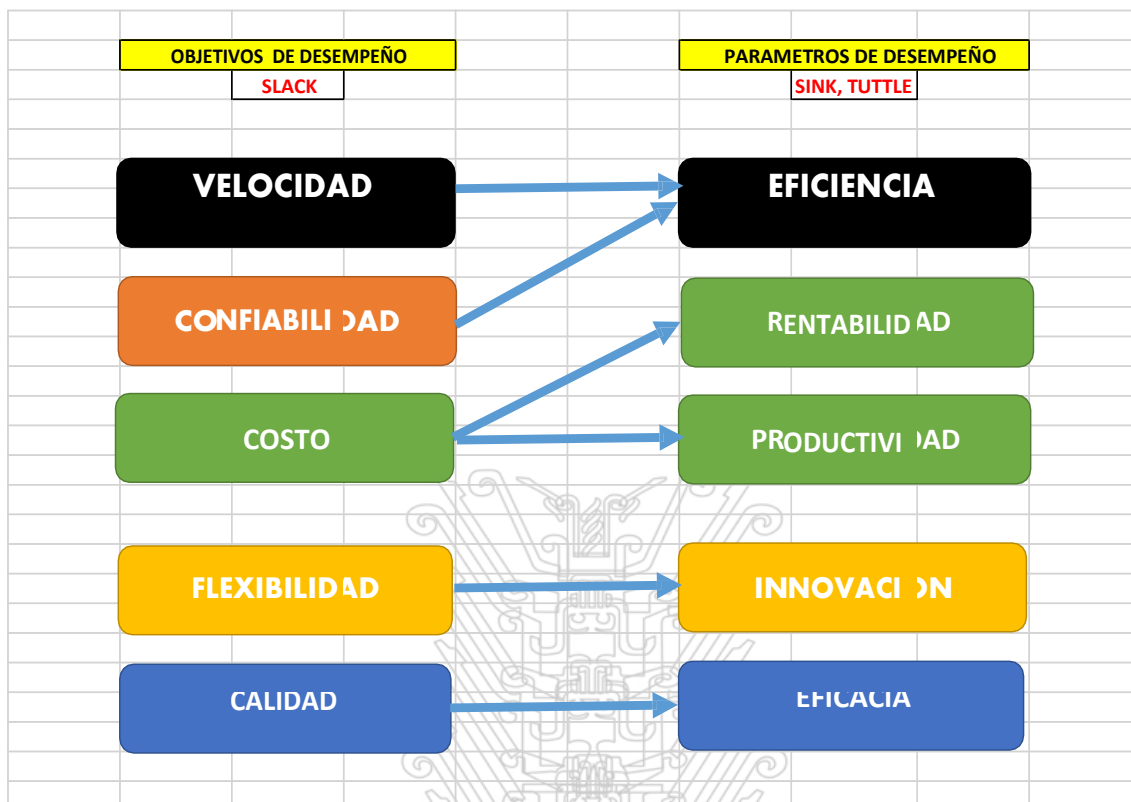
Los objetivos de desempeño no necesariamente son mutuamente excluyentes entre sí en su totalidad, existen superposiciones evidentes. Es probable que exista una solución

<sup>11</sup> El costo es un componente del indicador de beneficio / inversión total, como veremos en este capítulo, precisamente al abordar el "modelo de incrementos de control administrativo" propuesto por GOLD (1985).

de compromiso<sup>12</sup> a corto plazo. Sin embargo, la tendencia es minimizarla en la medida que la empresa plantea competencias de evolución de estrategias dentro del espectro.

Es notable que haya correspondencia entre los objetivos de desempeño establecidos por **Slack, N. (1993)** y los parámetros de desempeño de Sink y Tuttle (1989), presentados por **Bandeira Alves, A. (2009)**. Por ejemplo, el objetivo de la calidad se puede medir, evaluado y monitoreado en cinco instantes de investigación ordenados por Sink, Tuttle (1989), conforme serán discutidos más adelante. La eficacia incorpora atributos de calidad, definiendo las cosas correctas que un sistema debe tener. Los objetivos velocidad y confiabilidad pueden ser apreciados en función al parámetro de eficiencia (haciendo las cosas correctas), mientras que el objetivo de la flexibilidad puede ser señalado por el parámetro innovación. Y, por último, el costo objetivo se puede medir con los parámetros de productividad y rentabilidad.





**Figura 20: Correspondencia entre los objetivos de desempeño establecidos por Slack, N (1993) y los parámetros de desempeño presentados por Sink, Tuttle (1989).**

Fuente: Elaboración propia a partir de Bandeira Alves, A (2007): *Avaliação de desempenho, Uma Abordagem Estrategica em Busca de Proatividade*, Qualitymark, Rio de Janeiro.

### EFICACIA

Sink y Tuttle (1989) y Zairi (1994) citados por **Bandeira Alves, A. (2009)**, definen la eficacia de un sistema como la relación entre los resultados obtenidos y los objetivos propuestos. La escala de la eficacia de un sistema puede ser interpretada por los atributos de calidad, cantidad y oportunidad. Transponiendo de otra manera, la eficiencia puede ser concebida como la implementación de las actividades de manera adecuada, oportuna y enmarcada en las especificaciones, así mismo que la actitud de realizar las actividades adecuadamente con el fin de alcanzar los objetivos anteriormente descritos.

Por lo tanto, podemos expresar la eficacia por la razón entre una *salida obtenida* y una

*salida esperada*: 2.1

Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

<b>(€)</b> <b>Eficacia</b>	=	<b>Salida Obtenida</b>
		<b>Salida Esperada</b>

Matemáticamente, podemos interpretar el grado de eficacia de acuerdo con la propuesta de relación. Si  $\epsilon > 1$ , la eficacia del sistema ha llegado a un nivel más allá de lo esperado, ya que los resultados tuvieron proporciones más altas de lo previsto. En circunstancia  $\epsilon < 1$ , la eficacia del sistema ha alcanzado un nivel por debajo del nivel deseado. La eficacia para ser una medida comparativa, conviene observarse sucesivamente por períodos subsecuentes.

### **EFICIENCIA**

La eficiencia conforme Sink y Tuttle (1989), citados por **Bandeira Alves, A. (2009)**, está vinculada con el consumo de recursos (insumos) en el sistema y se caracteriza por la relación entre la previsión y la realización. Esto quiere decir que significa la actitud de realizar las actividades de la mejor manera posible, con velocidad y competencia. Así que podemos expresar la eficiencia de siguiente manera: 2.2

<b>(ξ)</b> <b>Eficiencia</b>	=	<b>Consumo Previsto de Recursos</b>
		<b>Consumo Efectivo de Recursos</b>

Si  $\xi > 1$ , aseguramos que el sistema obtiene más eficiencia de la prevista en razón a que el consumo de recursos ha sido inferior. Si  $\xi < 1$ , el sistema ha alcanzado una escala de eficiencia menor de la esperada.

El consumo de recursos previsto permite obtener la salida esperada, de igual manera que el

Tesis publicada con autorización del autor  
 consumo real de los recursos se basa la cuantificación de la producción obtenida.  
 No olvide citar esta tesis

**UNFV**

Presumiblemente la eficiencia también se asocia con el tiempo, lo que implica una correlación entre los parámetros de eficiencia y eficacia.

### La Velocidad como Medida de Eficiencia

**Slack, N. (1993)** argumenta que la eficiencia del sistema de operaciones puede ser medida por la rapidez de la respuesta. El autor considera que, si un sistema de operaciones atribuye a la velocidad, un criterio relevante de la competitividad, la eficiencia podrá ser medida por el tiempo de flujo. **Slack, N. (1993)** prescribe la eficiencia de flujo (TE)<sup>13</sup> como una medida de evaluación de velocidad de las operaciones. Igualmente: 2.17

<b>TE</b> <b>Eficiencia de Flujo</b>	=	<b>Tiempo de Procesamiento</b>
		<b>Tiempo de Flujo Total</b>

El tiempo de flujo total es el intervalo de tiempo comprendido entre el inicio del proceso de manufactura y el instante en que el producto es terminado o en estado potencial para ser consumido. Incluye las pérdidas debidas a las líneas, lotes, intermitencias del sistema productivo, en fin, periodos de tiempo entre lo programado y lo ejecutado en el producto a lo largo del proceso productivo.

El beneficio externo de rapidez de respuesta es la cuota de ganancia de mercado. En cuanto a los beneficios internos, **Slack, N. (1993)** cita la reducción de actividades especulativas (estimativas), la mejora de las previsiones, la reducción de los gastos indirectos, la reducción de inventarios intermedios a lo largo del proceso productivo, la

exposición de problemas en las operaciones, la prevención contra atrasos eventuales y una mayor estabilidad (efectividad de planeamiento).

Según **Bandeira Alves, A. (2009)**, la eficiencia de las operaciones de un sistema productivo puede ser sondeada mediante tales actitudes (Sink, 1985), (Schonberger y Knod, 1988), (Sink y Tuttle, 1989), (Kanawaty, 1992) e (Slack, 1993):

- Ejercer influencia tanto en el ámbito motivacional como en las competencias (capacitaciones) de los recursos humanos, o sea, actuar sobre las porosidades del sistema de operaciones.
- Minimizar los tiempos de preparación de máquinas (como, por ejemplo, un sistema automático de alimentación para reducir el tiempo de preparación de las máquinas y, consecuentemente, aumentar la velocidad).
- Minimizar las distancias recorridas durante el proceso de manufactura (a través de la reformulación del layout<sup>14</sup> o disposición de planta y de la arquitectura funcional, la reformulación de los métodos, en fin, minimizar los tiempos y movimientos, eliminando lo no productivo, por la mejor distribución física y por el mejor flujo de recursos, que terminan por influir en el tiempo total de ciclo).
- Acceder a la confiabilidad de las operaciones previniendo y recuperando las fallas internas y externas. Con una mayor confiabilidad, la programación y el control de las operaciones serán más eficientes.

### **La confiabilidad como medida de la Eficiencia**

Para **Bandeira Alves, A. (2009)**, la velocidad y la confiabilidad pueden conducir ambas equitativamente en el desempeño de entregas. Sin embargo, ellas son como objetivos de desempeño distintas.

La confiabilidad (puntualidad) de un sistema de operaciones está vinculada a fechas de entrega asumidas como efectivas, conforme a **Slack, N. 1993**. Representa según el autor, una medida de conformidad con relación a fechas. Así: 2.18

( € ) Confiabilidad	=	Fecha de Entrega Ofrecida	-	Fecha de Entrega Real
------------------------	---	---------------------------	---	-----------------------

En términos de escala de confiabilidad, podemos decir que las operaciones de un sistema se alcanzaron si el resultado de la igualdad anterior fue positiva, mientras que, de ser negativa, se retrasaron. Entonces podemos conceptualizar la puntualidad como el resultado exacto entre la predicción y el cumplimiento de la fecha de entrega.

**Slack, N. (1993)** defiende que la fecha de entrega prevista debe ser definida con bastante criterio, considerando las necesidades del cliente y la disponibilidad interna para su atención.

De otra manera, (Sink y Tuttle, 1989) y Zairi (1994) citados por **Bandeira Alves, A. (2009)**, definen la confiabilidad como: 2.19

( € ) Confiabilidad	=	Consumo Previsto de Recursos	=	Periodo de Entrega Previsto
		Consumo Efectivo de Recursos		Periodo de Entrega Real

Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

Slack (1993) apunta que, Sin embargo, cuanto más empleamos el esfuerzo preventivo, menores serán las posibilidades de interrupciones en el servicio. Parece, por tanto, evidente concluir que el costo total se minimiza a una cierta cantidad óptima de mantenimiento La confrontación entre el esfuerzo preventivo y los costos de confiabilidad están esquematizados a continuación:

Prosiguiendo con la misma línea de raciocinio, se da un óptimo, ello ocurre es sólo para un nivel relativo de esfuerzo preventivo (SLACK, 1993). Luego:

Conforme relata el autor, la relevancia de medir la confiabilidad como unidad de eficiencia consiste en la influencia del tiempo sobre la satisfacción del cliente, que a su vez influye en las ventas presentes y futuras

**PRODUCTIVIDAD**

Para **Bandeira Alves, A. (2009)**, el concepto de productividad es definido por SINK (1985) como la razón entre las salidas obtenidas y las entradas consumidas en el proceso de transformación, o sea: ECUACION 2.20

<p>(ρ) Productividad</p>	<p>=</p>	<p>Salidas</p>
		<p>Entradas</p>

Sink (1985) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, entiende que la productividad puede ser medida sobre dos enfoques: estático y dinámico. Sobre el enfoque estático, la medida de la productividad se resume en un periodo de tiempo determinado, en tanto que, sobre el enfoque dinámico, existen medidas de productividad estática, de un periodo para otro,

productividad estática ( $\rho_e$ ) y la dinámica ( $\rho_d$ ) pueden ser expresadas, respectivamente, por:

2.21 y 2.22

$$[\rho_e] \Delta t = \left[ \frac{\text{SALIDAS}}{\text{ENTRADAS}} \right] \Delta t$$

$$\rho_d = \frac{[\rho_e] \Delta t + 1}{[\rho_e] \Delta t}$$

Afirma **Bandeira Alves, A. (2009)**, que independientemente el enfoque estático o dinámico, existen tres clasificaciones de medidas de productividad parcial, múltiple o global. Sink (1985) discrimina estas tres clases de medidas en virtud de la cantidad de entradas consideradas en el análisis, considerando que, si solo consideramos un solo tipo de entrada, la medida será parcial, si cubre más de una entrada la medida será múltiple y si considera a todas las entradas será global.

Considera **Bandeira Alves, A. (2009)**, que, si consideramos solo las medidas parciales, estaremos perdiendo el control sobre algunos recursos o sobre la producción. Por otro lado, utilizando solamente las medidas globales y habiendo cambios de productividad, difícilmente sabremos la causa del fenómeno, consecuentemente, no proporcionara el seguimiento necesario para tomar una decisión consistente.

Campos (1992) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, formula la productividad como una relación entre los ingresos y los costos directos e indirectos para un mismo periodo de tiempo. 2.23

<b><math>\rho</math></b> <b>Productividad</b>	=	<b>Ingresos</b>
		<b>Costos</b>

El mismo autor enuncia la productividad como una tasa de valor agregado, esto es, introduce al concepto de productividad el valor del producto percibido por el cliente y el valor efectivamente consumido en la fabricación. Así mismo, la productividad y la calidad no son componentes de desempeño excluyentes, siendo compatibles. Por tanto: 2.24

<b><math>\rho</math></b> <b>Productividad</b>	=	<b>Valor Producido</b>	=	<b>Tasa de Valor Agregado</b>
		<b>Valor Consumido</b>		

Haciendo una analogía entre las formulaciones de Sink (1985) y Campos (1992), la tasa de valor agregado representa una medida de productividad estática, visto que las salidas (facturación) y las entradas (costos) están relacionadas a un determinado intervalo de tiempo. Conforme se ha descrito anteriormente, la clasificación de las medidas de productividad (parcial, múltiple, global) está en función a la cantidad de entradas consideradas en el análisis.

La productividad es una relación entre la producción y los factores de producción (Lamas, 1988) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**. Para el autor, la producción es una transformación de recursos en un bien económico, capaz de generar satisfacción a las

necesidades humanas. Los factores de producción caracterizan a todo un conjunto de recursos que, interrelacionados, producen bienes económicos. Por consiguiente: 2.25

<b><math>\rho</math> Productividad</b>	=	<b>Producción</b>
		<b>Factores de Producción</b>

Para este autor, los factores de producción son los promotores del proceso de producción y las fuentes potenciales de aumento de la eficiencia y el rendimiento. Lamas (1988), citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, determina la productividad relativa mediante la relación de la producción a un factor específico. 2.26

<b><math>\rho</math> Relativa Productividad Relativa</b>	=	<b>Producción</b>
		<b>Factor de Producción Especifico</b>

Desde el punto de vista de Lamas (1988), citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, la productividad absoluta corresponde a la razón entre la producción obtenida y el tiempo destinado a su realización. Y también denominada la productividad total o global: 2.27

<b><math>\rho</math> Absoluta Productividad Absoluta</b>	=	<b>Producción</b>
		<b>Tiempo</b>

Gold (1973), citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, recuerda que la medida de productividad constituye una tarea delicada, implican una serie de contribuciones interrelacionadas que surgen de numerosos tipos de materiales, suministros, variedad de habilidades, bienes de capital, equipos de gran tamaño, una disposición técnica y el esfuerzo de gestión para la fabricación de una gama de productos.

Sink y Tuttle (1989) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, argumentan que existen algunas dificultades a la utilización de la productividad como medida de desempeño y que la tendencia en las organizaciones es aplicar este criterio de desempeño bajo un enfoque global. Algunas de estas dificultades son:

- La validación de mediciones correlacionadas con las salidas da como consecuencia la renuencia a cuantificarlas;
- La ausencia de uniformidad en la medición, en cuanto a la unidad de análisis, lo que resulta en criterios sin fundamento para la definición de las entradas y salidas;
- Inconsistencia del ámbito de la medición con respecto al ajuste del intervalo de tiempo en el que se hacen más esfuerzos para evaluar la productividad;
- Complejidad existente entre el establecimiento de la medida de productividad y su implementación.

Cabe resaltar que, aunque hay dificultades en el uso de la productividad como un componente de rendimiento de la organización, es de suma importancia para entender las razones por las que la productividad fluctúa para vigilar el desempeño de la organización. Posiblemente algún otro parámetro de desempeño tiene que ser insertado en la determinación de estas causas.

Sink y Tuttle (1989) y Zairi (1994), citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, **expresan** la productividad esperada ( $\rho_p$ ) como la relación entre la producción prevista y el consumo pronosticado de recursos. Del mismo modo, la productividad obtenida ( $\rho_o$ ) es sustentada por los autores por la relación entre la producción obtenida y el uso eficaz de los

<b><math>\rho_p</math></b> Productividad Esperada	=	Salida Prevista
		Consumo Previsto de Recursos

<b><math>\rho_o</math></b> Productividad Obtenida	=	Salida Obtenida
		Consumo Efectivo de Recursos

Schomberger (1988), **Bandeira Alves, A. (2009)**, aborda el concepto de productividad como correspondencia entre el tiempo previsto (TP) y la capacidad productiva (CP). Introduciendo las definiciones expresadas en (2.8) y (2.11), resulta: 2.30

<b><math>\rho</math></b> Productividad	=	<b>TP</b> Tiempo Previsto	=	<b><math>Q_p \times t_p</math></b> Unidades de Producción x Tiempo Estándar
		<b>CP</b> Capacidad Productiva		<b><math>n \times t</math></b>

Donde “n” representa el número de personas directamente comprendidas en el proceso y “t” el tiempo individual total disponible en el sistema de transformación.

La productividad, según Schomberger (1988), y Lamas (1988), citados por **Bandeira Alves, A. (2009)**, también se interrelaciona con la eficiencia ( $\xi$ ) y el rendimiento ( $\eta$ ) del sistema. Si observamos la definición anterior de productividad, como consta en la expresión (2.30), y las definiciones de eficiencia y rendimiento, de acuerdo con (2.13 y (2.15) respectivamente, entonces tenemos: 2.31

<b><math>\rho</math></b> <b>PRODUCTIVIDAD</b> <b>AD</b>	=	<b>TP</b> Tiempo Previsto	=	<b>TP</b> Tiempo Previsto	x	<b>TO</b> Tiempo Operacional	=	<b>(<math>\xi</math>)</b> Eficiencia	x	<b>(<math>\eta</math>)</b> Rendimiento o Utilización
		<b>CP</b> Capacidad Productiva		<b>TO</b> Tiempo Operacional		<b>CP</b> Capacidad Productiva				

Donde “TO” representa el Tiempo Operacional.

Gold (1976 a) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, destaca que el análisis de los ajustes de productividad debe abordar:

- La naturaleza del ajuste de la productividad al proceso productivo;
- El desarrollo de medidas más efectivas para la mejora de la productividad.
- El señalamiento de causas principales de variabilidad de la productividad
- El delineamiento de la influencia de los ajustes de productividad sobre los costos, precios y rentabilidad.
- La integración de todos los procedimientos del sistema de control administrativo a fin de:
  - Apreciar el impacto de las oscilaciones de productividad;
  - Estimar mejores alternativas de gestión de la implementación de innovaciones en el sistema productivo;
  - Develar los efectos de las causas pasadas para proyectar con más efectividad la implementación de innovaciones.

Dentro de múltiples variedades de correlaciones que afectan los niveles de

Tesis productividad, las más representativas comportan proyecto de producto, composición de  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

las salidas, naturaleza del proceso productivo, alcance de la manufactura o la integración de las actividades del proceso, la eficacia de la integración entre las operaciones, la capacidad de producción, la utilización de la capacidad y la naturaleza de los insumos consumidos en el proceso de manufactura (GOLD 1976a)

(Gold 1976b) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, comenta que las mayores dificultades en medir las actividades desde el punto de vista económico están condicionadas a la naturaleza del fenómeno, al rigor del tratamiento estadístico y a las necesidades de interpretar los datos obtenidos bajo los diferentes contextos de gestión, tanto en el enfoque organizacional como también dentro del enfoque de mercado.

En las diversas relaciones de productividad presentadas, es compatible observar las nueve directrices definidas por Gold (1985), según **Bandeira Alves, A. (2009)**, como una sugerencia para integrar las mejoras de la productividad dentro de la planificación estratégica:

- Las oscilaciones de la tasa de una entrada sobre una salida pueden ser interpretada como el reflejo de algunas imposiciones o limitaciones del ambiente.
- La determinación de las causas de las fluctuaciones en las relaciones de productividad puede ayudar en la reducción de costos y aumento de la rentabilidad;
- A corto plazo, la inestabilidad de los valores de productividad tiende a ser fuertemente influenciada por factores, tales como: ventas, volumen en el balanceo de la producción, el diseño del producto, mejoras, etc.;
- A largo plazo, la inconstancia en proporciones de productividad tiende a resolverse mediante innovaciones, tales como los avances en el proceso de producción, la

evolución de los productos, la escala de producción, la mejora de la calidad de las entradas, la mejora de la interacción entre el alcance de las operaciones, la economía de escala<sup>15</sup> sobre las operaciones, las mejoras de naturaleza continua<sup>16</sup>, etc.;

- La evaluación de los efectos de las variaciones alternadas de las relaciones de productividad debe considerar las modificaciones en los productos, en la capacidad de producción, y admitir los diferentes efectos debidos a diferentes tecnologías de proceso.
- Ningún sistema de evaluación del desempeño mantiene siempre valores aumentando a menos que los que toman las decisiones " aprenden a evolucionar las causas y efectos, monitorear y recompensar el desempeño de sus subordinados, y desarrollar programas de mejora de desempeño.
- Los esfuerzos en la mejora del desempeño operacional de una planta en comparación con el promedio industrial pueden inducir a análisis y a juicios inexactos y, a veces, inadecuados. La comparación está bien fundada cuando se trata de categorías de plantas similares, así como el diseño de productos, el equilibrio de la producción, la utilización de la capacidad, etc.
- La mejora de la productividad significa no solamente ganancias en competitividad, sino también una defensa contra las amenazas procedentes de la identificación del factor costo o de la regresión de los precios del mercado.
- El planeamiento estratégico, dentro de otros aspectos, también focaliza. El planeamiento estratégico, entre otras cosas, también se centra en alcanzar el

---

<sup>15</sup> La economía de escala consiste en la focalización de competencias en pocas actividades, alcanzando mayores ganancias con relación a la extensión de las actividades. En cuanto a la ganancia de escala, el incremento de la capacidad corresponde a un costo proporcionalmente menor.

crecimiento de una rentabilidad satisfactoria con niveles de riesgo más bajos. Por lo tanto, la mejora de la productividad puede contribuir de manera significativa al aumento de la competitividad.

## **CALIDAD**

La calidad es un componente de desempeño medible y sus diferencias se reflejan en los costos y en la cantidad de las ventas. Garvín (1987) según **Bandeira Alves, A. (2009)**, **sustenta** otras dimensiones críticas o categorías de calidad, sirviendo de estructura para análisis estratégicos.

- **Desempeño:** Se refiere a las características primarias de las operaciones de producción. Este atributo tiene una influencia intensa en las preferencias y necesidades personales, responsable por las diferentes evaluaciones de desempeño para un mismo producto
- **Características:** Se trata de un aspecto secundario de desempeño, un suplemento a la funcionalidad básica, este atributo evalúa el grado de satisfacción del cliente en relación con sus necesidades complementarias.
- **Confiabilidad:** Relacionada con la probabilidad de funcionamiento irregular del producto o de falla dentro de un intervalo de tiempo. Es un atributo de extrema importancia para productos que exigen mantenimiento.
- **Conformidad:** Se refiere a las especificaciones de servicios, a las normas, a los parámetros previamente establecidos.
- **Durabilidad:** Inherente al ciclo de vida del producto. Técnicamente, es definida por la cantidad de veces que un producto puede ser usado antes de su deterioro. Se trata de una dimensión con aspectos económicos y relacionada directamente con la

- **Servicios asociados:** Comprende velocidad de atención, cortesía (durante la venta y post venta), competencia, facilidad de reparación (garantía) o, en ciertos casos, mantenimiento. Se refiere también al suministro de atención individualizada a los clientes, facilidades de contacto (accesibilidad) y comunicación;
- **Estética:** Concerniente a la apariencia física de producto. Se trata de un criterio esencialmente subjetivo, imposible de agradar a todos los gustos.
- **Calidad Percibida:** Consiste en esclarecer con el cliente cuales son las cualidades relevantes para del producto, tanto tangibles como intangibles. La percepción que el cliente tiene el producto se traduce medidas indirectas como la reputación de la empresa, los comentarios de otros clientes, la apariencia de las instalaciones y los empleados, etc.

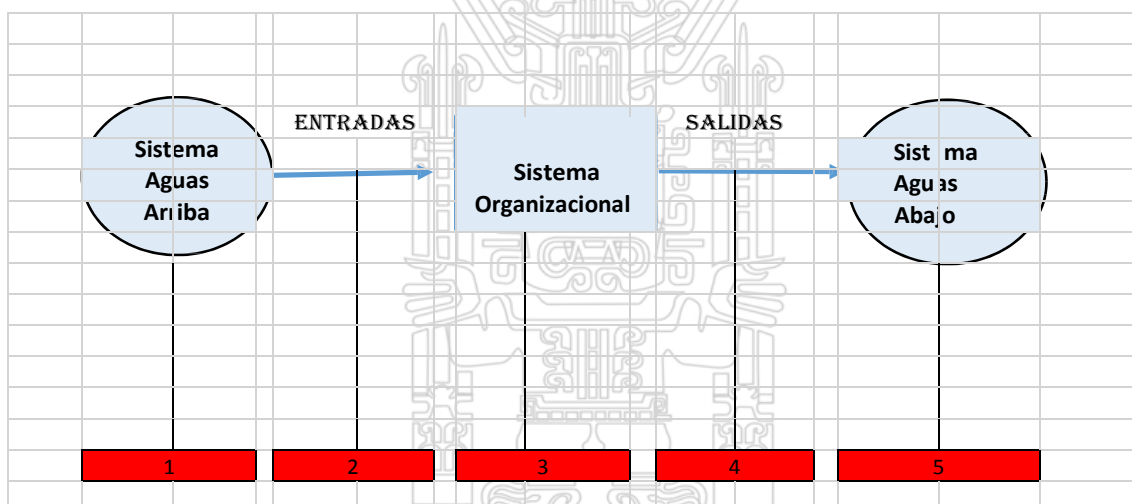
Una organización no tiene que concentrar todos sus esfuerzos en todas las dimensiones propuestas por Garvín (1987) según **Bandeira Alves, A. (2009)**, y solo focalizar las dimensiones que un mercado valora, traduciendo las informaciones que el mercado valora en información inteligible para el proceso de operaciones.

**Slack, N. (1993)** denomina efecto pivót al cuestionamiento de las ideas referentes a lo que es verdaderamente alcanzable. La expansión de las limitaciones descendentes de los recursos tecnológicos, humanos y operacionales puede promover la elevación del pivót, con el aumento de la capacidad de producción. Mover el pivót significa elevar un lado del balancín sin consecuencia en la disminución del otro. El concepto de función de producción como modo de apalancar el pivót, no es solamente posible, es vitalmente necesario. El diseño esquemático que seguir ilustra este efecto:

La adopción del concepto de solución de compromiso indica el reposicionamiento en la estrategia competitiva de la manufactura. La ponderación de una solución de compromiso en el proceso de manufactura, conviene hacerla previa evaluación del impacto de la medida sobre los demás criterios competitivos.

Conviene recordar que la posibilidad de compromiso entre objetivos de desempeño no implica que el mejoramiento sobre un enfoque resulte inevitablemente el detrimento de otro enfoque.

La calidad está inserta a lo largo de todo el sistema, en cada estado de manufactura. Sink y Tuttle (1989), según **Bandeira Alves, A. (2009)**, establecen cinco instantes de investigación por los cuales se torna posible medir, evaluar y monitorear la calidad. Estos instantes son demostrados en la figura siguiente:



**Figura 21: Instantes de Investigación de la Calidad según Sink & Tuttle**

Fuente: Adaptado de Sink, D.S.; Tuttle, T.C. (1989): *Planning and measurement in your organization of the future*. IIE, Norcross (citado por Bandeira, Anselmo (2009): *Indicadores de Desempenho, Instrumentos à Produtividade Organizacional*, Qualitymark, Rio de Janeiro).

**PRIMER INSTANTE:** El sistema organizacional prescribe un conjunto de sub sistemas que deben estar interconectados consistentemente, dado que cada subsistema es al mismo

Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis

**UNFV**

tiempo cliente y proveedor de otros subsistemas. La relación cliente proveedor puede ser intensificada mediante asociaciones entre sub sistema

**SEGUNDO INSTANTE:** Corresponde al momento de la constatación de conformidad de las entradas en concordancia con las necesidades del sistema organizacional. El control estadístico de procesos puede ser usado como herramienta de control sobre los procesos aguas arriba del sistema organizacional.

**TERCER INSTANTE:** Tiene como objetivo identificar las mejoras potenciales de la calidad, tanto en el ámbito operativo como en las dimensiones del producto. La utilización de herramientas de gestión, sistemas de recompensa, programas para la motivación y para la creatividad, política de desarrollo de recursos humanos, después de todo, incentivo al perfeccionamiento de la calidad.

**CUARTO INSTANTE:** Resume sobre las inspecciones de las salidas de acuerdo con los estándares especificados para el producto. Se refiere al control de fallas externas, en cuanto a que, las fallas internas (tercer instante) procede a lo largo de las etapas del sistema productivo. Es preciso observar que este punto de inspección apenas mantiene las salidas sobre control, no actuando directamente sobre la calidad del proceso. La información resultante en este instante debe ser traducida en mejoras para el instante anterior.

**QUINTO INSTANTE:** Por fin, en este momento de la investigación se averigua la efectividad del sistema operacional, en suma, se comprueba si realmente los objetivos están siendo atendidos. Dentro del concepto de cadena productiva, de relación cliente-

número de quejas y de desperdicios, el volumen de ventas, en fin. Este punto refleja mucho más que las ganancias de capital inmediato, las ventas futuras, la fidelidad de los clientes, la cuota de mercado, etc.

Sink y Tuttle (1989), según **Bandeira Alves, A. (2009)**, han sugerido un sexto instante de investigación, acorde con la gestión de la calidad total, enfocando al proceso productivo como un todo. Este instante justifica la difusión del concepto de calidad por toda la cadena productiva, justamente por ser más complejo que el concepto de eficacia, de eficiencia y de productividad, los cuales abordan magnitudes relativas a las entradas y a las salidas. Representaríamos este instante como un enlace entre los instantes inicial y final descritos anteriormente, formando; asimismo, un abordaje sistémico.

Otro aspecto relevante del desempeño organizacional es el modo como las personas responden afectivamente frente a las operaciones. Las circunstancias del ambiente de trabajo causan fuerte impacto sobre el desempeño. La calidad de vida en el trabajo esta intensamente relacionada a indicadores, tales como: ausentismo, rotación de la fuerza laboral y los accidentes de trabajo.

En particular, la capacitación y la educación sustentan los programas de mejoramiento de la calidad. Campos (1992), citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, distingue la capacitación, centrada en el desarrollo de competencias, de educación, direccionada a la manera de pensar del ser humano. Así mismo, la capacitación posibilita actuar con efectividad, en cuanto que la educación promueve una mejora en el desarrollo de nuevos métodos.

## INNOVACION

El significado de innovación es interpretado por Sink y Tuttle (1989), según **Bandeira Alves, A. (2009)**, sobre cuatro aspectos básicos:

- Creatividad
- Cambio
- Éxito
- Pro actividad

La innovación requiere creatividad, un proceso de cambio, para conducir un proceso inventivo e innovativo para posicionar a la organización frente al mercado.

Desde el punto de vista de causa y efecto, la innovación puede ser concebida como un índice del esfuerzo empleado sobre los cambios obtenidos en tecnología, cambios que pueden estar encuadrados dentro de las fronteras de los paradigmas, mejorando la tecnología existente, o sobrepasando los límites, tornándose revolucionarios.

Gold (1973) según **Bandeira Alves, A. (2009)**, señala a las innovaciones tecnológicas como inherentemente atractivas por converger en recompensas económicas, motivo que sustenta las altas inversiones y el desarrollo de programas que repercuten en beneficios brutalmente desiguales en proporción a la inversión realizada. Cuanto mayor es la complejidad del sistema, mayor es la disparidad entre el beneficio y la inversión, mayor el índice de productividad, menor el costo unitario, mayor la rentabilidad y el crecimiento de la inversión, subraya el autor.

Una empresa que compite en el mercado de la estrategia de innovación, teniendo en cuenta el desarrollo progresivo ideal, inevitablemente ha logrado trasplantar la estrategia de la flexibilidad para hacer frente a entornos turbulentos. En esta etapa del desarrollo, la empresa tiene una mayor flexibilidad estratégica en función de haber llegado a la cima de las estrategias de manufactura. Así que cuando se trata de innovaciones revolucionarias, la empresa tendrá mayor facilidad para revisar las etapas anteriores con el fin de hacerla más competitiva, ya que ha desarrollado las competencias básicas (ventajas competitivas) para ejecutar y sobresalir en el mercado.

Por otra parte, una empresa que ha innovado, pero eso no está compitiendo en la innovación, tendrá enormes dificultades en desempeñarse con éxito en otras estrategias de producción porque no hay indicios de que realmente domina las etapas anteriores. La empresa, en estas circunstancias, difícilmente colocaría en el mercado un producto innovador a bajo costo, con buena calidad, en un tiempo relativamente corto y que atendería las necesidades del mercado. De hecho, no habría distorsión de la estrategia competitiva y de la vulnerabilidad porque la empresa estaría apuntando solamente su supervivencia inmediata en un entorno competitivo.

### **RENTABILIDAD - PRESUPUESTABILIDAD**

Sink y Tuttle (1989) según **Bandeira Alves, A. (2009)**, **exponen** la rentabilidad o presupuestabilidad como la diferencia entre el resultado financiero alcanzado y los costos gastados. Según los autores, la rentabilidad está ligada a los centros de rentas, definidos como una serie de medidas conjugadas que establecen relaciones entre una receta y los costos, en tanto que la presupuestabilidad está vinculada a los centros de costos,

caracterizada por un conjunto de medidas que, firmando relaciones entre el presupuesto, las metas, el plazo y los costos. Luego, 2.32 y 2.33

<b>Rentabilidad</b>	=	<b>Facturación</b>	-	<b>Costos</b>
---------------------	---	--------------------	---	---------------

<b>Presupuestabilidad</b>	=	<b>Presupuesto</b>	-	<b>Costos</b>
---------------------------	---	--------------------	---	---------------

Conforme consta en Campos (1992), citado por **Bandera Alves, A. (2009)**, **tradicionalmente**, las variables costos, beneficio y precio han sido relacionados de esta manera:

<b>Precio</b>	=	<b>Costo</b>	+	<b>Beneficio</b>
---------------	---	--------------	---	------------------

En virtud del aumento de la competitividad y a la falta de determinación del precio por el mercado, surge entonces la necesidad de centrar las atenciones para la reducción de los costos, ocasionando un cambio de miembro de la variable costo; o sea:

<b>Beneficio</b>	=	<b>Precio</b>	-	<b>Costo</b>
------------------	---	---------------	---	--------------

Aun, en el escenario contemporáneo, las ventajas competitivas están focalizadas en la satisfacción del cliente como elemento clave de éxito organizacional; modificando las relaciones entre las variables para:

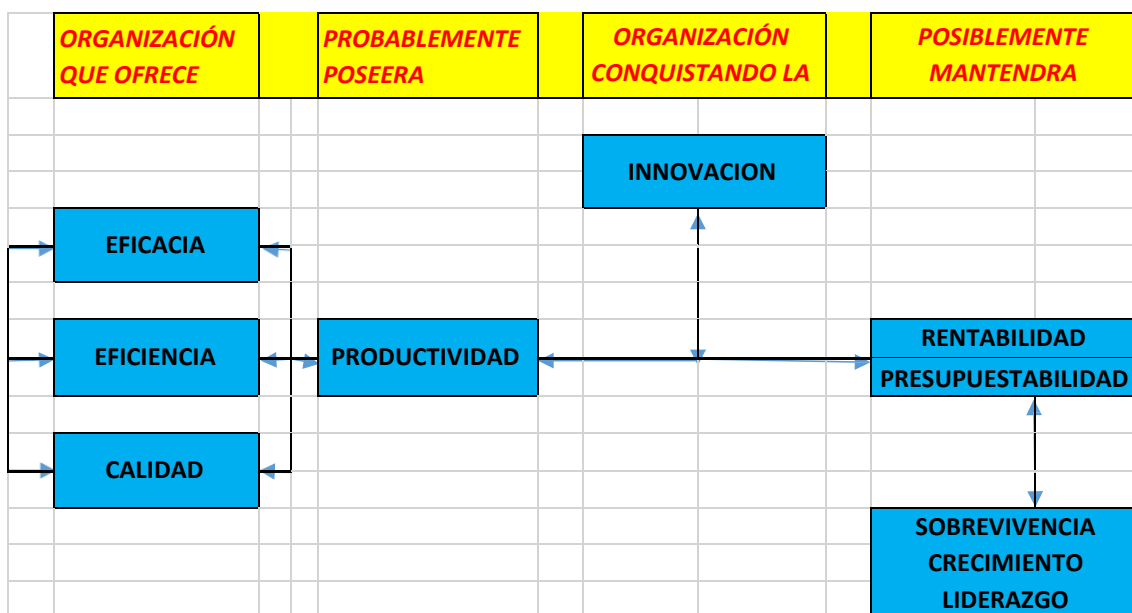
<b>Costo</b>	=	<b>Precio</b>	-	<b>Beneficio</b>
--------------	---	---------------	---	------------------

En suma, el precio es establecido por el mercado, el beneficio es estimado en base al retorno del capital invertido y la minimización de costo es el camino para alcanzar la competitividad.

Para **Slack, N. (1993)**, en la mejora de la calidad, la reducción del tiempo de entrega, el aumento de flexibilidad del sistema operacional se refleja sobre los resultados financieros a largo plazo, la reducción de costos de producción retrocede inmediatamente sobre las ganancias financieras, sobre los márgenes de contribución, etc. En concepto del autor, la rentabilidad se deriva de la reducción de costos, que, a su vez, resulta de la mejora de otros objetivos de desempeño.

## **2.2.2 LOS INDICADORES**

Sink y Tuttle (1989), según **Bandeira Alves, A. (2009)**, consideran que los parámetros de desempeño no son mutuamente excluyentes y que existen relaciones entre los mismos. En este sentido, los autores esquematizan las interrelaciones de acuerdo con la figura siguiente:



**Figura 22: Interrelación entre los Parámetros de Desempeño según Sink & Tuttle**

Fuente: Adaptado de Sink, D.S.; Tuttle, T.C. (1989): *Planning and measurement in your organization of the future*. IIE, Norcross (citado por Bandeira, Anselmo (2009): *Indicadores de Desempenho, Instrumentos à Produtividade Organizacional*, Qualitymark, Rio de Janeiro).

Los indicadores de desempeño, signos vitales en las empresas, tienen la función de cuantificar los resultados obtenidos en las actividades de la producción, propiciando la percepción del rumbo de la empresa en las eventuales autorizaciones relativas a los objetivos establecidos. Por tanto, se derivan de los objetivos y de las metas de la organización e implica la especificación de los indicadores de desempeño y la descripción de lo que miden, como medir y donde medir (Neely et al, 1995).

- La necesidad de medir puede ser justificada, entre innumerables motivos, por:
- Asegurar el cumplimiento de los requisitos de un buen desempeño;
- Mejorar la efectividad en la definición de los objetivos y de las metas;
- Establecer estándares de medidas para la comparación;
- Fomentar el monitoreo de los propios niveles de desempeño a través de la retroalimentación de la información;

- Inducir actitudes<sup>17</sup> por parte de los integrantes del sistema organizacional;
- Localizar los puntos críticos, susceptibles de mejora;
- Demostrar el nivel de utilización de los recursos productivos;
- Indicar tendencias y previsiones de las operaciones.

Zairi (1992) según **Bandeira Alves, A. (2009)**, estipula las razones por las cuales el sistema de medidas es inducido a deficiencias:

- Falta de definición de operacionalización<sup>18</sup> de desempeño deseado;
- Insolvencia en vincular el desempeño al proceso de ejecución;
- Omisión de descripción de las fronteras del proceso;
- Mala interpretación o uso indebido de las medidas;
- Imprecisión en diferenciar el control de las mejoras;
- Insignificancia de las medidas de operaciones en proceso;
- Utilización inadecuada de la información por los “tomadores de decisiones”
- Distorsión de prioridades para alcanzar la competitividad;
- Temor de exponer las debilidades del proceso;
- Percepción de una posible reducción de autonomía

Wisner y Fawcett (1991) según **Bandeira Alves, A. (2009)**, proponen nueve fases para el desarrollo de un sistema de medidas:

- Evidenciar de forma concisa la misión de la organización;

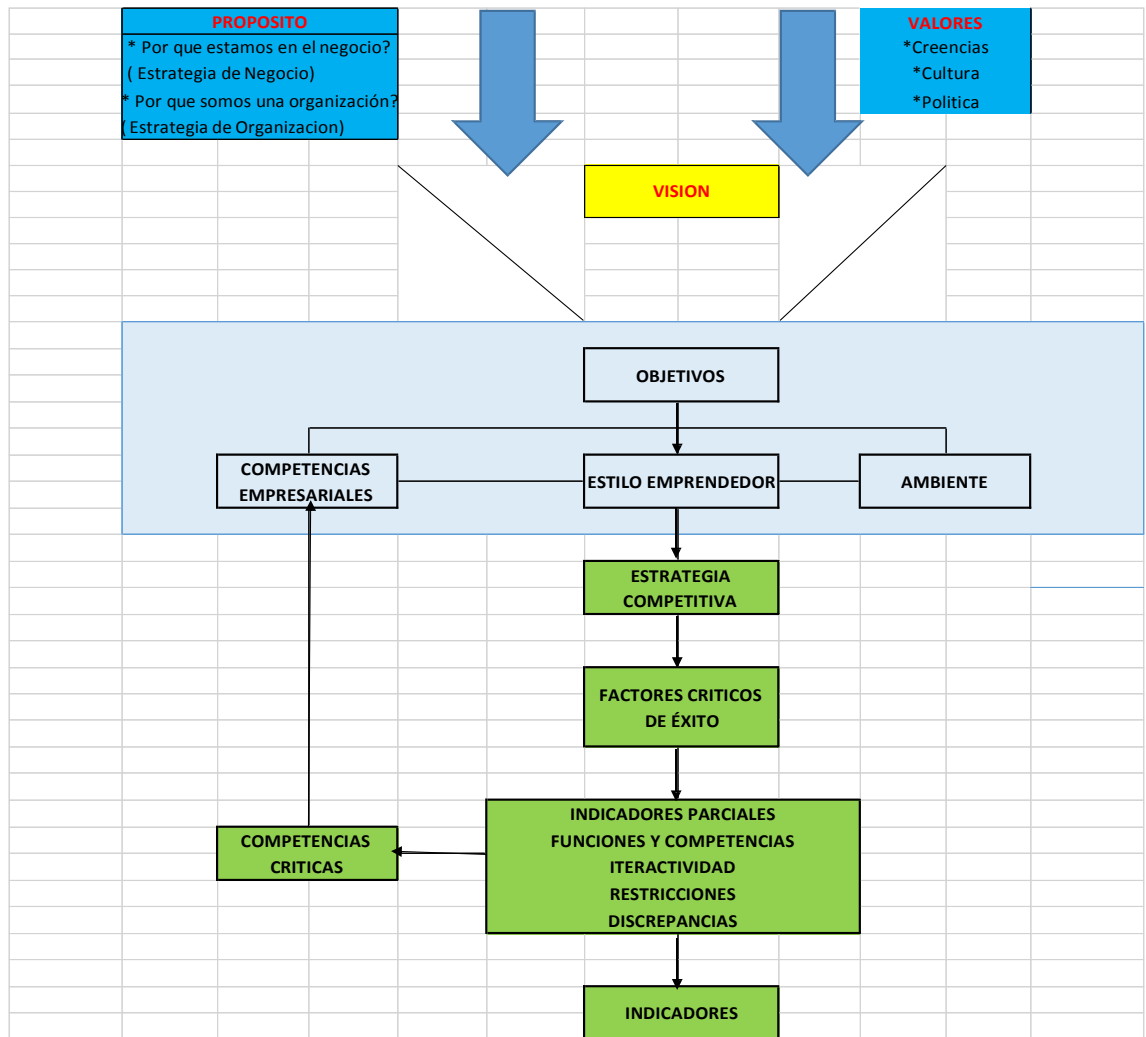
---

<sup>17</sup> El sistema de evaluación de desempeño ejerce influencia expresiva sobre el comportamiento humano. Por eso, es imprescindible analizar el impacto de la adopción de un indicador. Por ejemplo, si el sistema premia a los funcionarios por facturación, puede ocurrir lo inverso de lo esperado, puede no generar aumento en el margen de contribución.

<sup>18</sup> Proceso por el cual ocurre la transformación de conceptos en medidas.

- Identificar los objetivos estratégicos;
- Discernir cada función organizacional dentro de los objetivos estratégicos;
- Desarrollar las medidas globales de desempeño integradas a cada función organizacional;
- Declarar los objetivos estratégicos y las metas de desempeño;
- Asegurar la consistencia entre los objetivos estratégicos y la evaluación de desempeño;
- Garantizar la compatibilidad entre todas las medidas de desempeño utilizadas;
- Aplicar el sistema de medidas para posicionar la competitividad de la organización, localizar problemas, auxiliar la reformulación estratégica de operaciones y para obtener información de retroalimentación;
- Reevaluar periódicamente.

Con la finalidad de evaluar la importancia de los indicadores para el monitoreo del desempeño organizacional y de seleccionar cuales son los indicadores más apropiados, se torna vital establecer una metodología integrada al sistema organizacional. Así mismo, el flujograma siguiente sintetiza esta idea:



**Figura 23: Metodología para Evaluación de la Importancia de los Indicadores**

Adaptado de Bandera (2009) donde cita a Muscat (Departamento de Ingeniería de Producción de la Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo). Nota de aula de disciplina Sistemas de Producción I (postgrado), 1996.

Muscat y Fleury (1992) citados por **Bandeira Alves, A. (2009)**, destacan que la estrategia de costos es adecuada solamente en casos de productos cuyos mercados presentan pequeñas competencias: los productos son estandarizados y el nivel de exigencia de los clientes es mínimo, el paso a la estrategia de calidad es pertinente en contextos en los cuales la satisfacción del cliente se toma como primordial. Muscat y Fleury (1992),

**Bandeira Alves, A. (2009), destacan** que la competencia basada en el tiempo comporta dos vertientes:

- Atender a los clientes en el menor tiempo posible; y,
- Atender a los clientes en una banda de tiempo y dentro de una menor variabilidad posible.

La flexibilidad se refiere a la capacidad de cambio en cuanto al tiempo de respuesta y a la amplitud del cambio (potencial). La estrategia de innovación consolida la diferenciación de productos, incorporando atributos sin precedentes, recuerdan los autores.

Muscat y Fleury (1992), citados por **Bandeira Alves, A. (2009), enfatizan** que una empresa insertada en un ambiente cuya competición sea por la estrategia de tiempo debe utilizar la estructura de indicadores de estrategia de costos, de calidad, de tiempo y aun el indicador referente a costo de oportunidad<sup>19</sup> de ampliación de la banda de productos, pudiendo, a posteriori, cambiar hacia la estrategia de flexibilidad. La decisión de cambio debe evaluar el costo de oportunidad versus los costos de inversión esenciales para el cambio de estrategia.

Zairi (1992) citado por **Bandeira Alves, A. (2009), sugiere** algunos puntos a ser considerados en la implementación de un sistema de medidas de desempeño:

- Focalización en el cliente;
- Entendimiento claro del proceso;
- Compromiso de los funcionarios;
- Revisión de medidas de desempeño;
- Planeamiento para la implementación del sistema de medidas;

---

<sup>19</sup>El costo de oportunidad se refiere a la obtención del producto de otra empresa por parte del cliente como resultado de su insatisfacción o de falta de asistencia total a sus expectativas.

- Implementación propiamente dicha;
- Establecimiento de mecanismos de inspección de las medidas de desempeño

La implementación de indicadores de desempeño precisa considerar los siguientes principios<sup>20</sup>

- Relevancia: contener información vinculada a los objetivos, las metas y los factores críticos de éxito, tanto de la empresa en su conjunto como para cada función de negocio;
- Oportunidad: Disponer de información oportuna para tomar la decisión apropiada;
- Validez: Comprobar lo que se ha comprometido a medir, es decir, mostrar veracidad de medidas en relación con los objetivos propuestos;
- Singularidad: ser único, mutuamente exclusivo, no redundante, evitando así mismo, más de una evaluación para una misma transacción;
- Precisión: Concordar la información procesada con la situación real de las operaciones empresa con el fin de hacerlas susceptibles de acciones correctivas;
- Despliegue: mostrar el nivel de detalle o de generalización de la información requerida,
- Amplitud: insertar la información relacionada con el universo observado, descomponiendo en contextos internos (sistémico) y externos (entorno). Debe apuntar a equilibrio entre estar completo o ser exhaustivo;

---

<sup>20</sup> Validez, singularidad y proximidad fueron adoptados de MUSCAT, FRANCISCHINI (1996)

- Histórico: exponer cronológicamente la información dando margen al análisis comparativo entre épocas distintas;
- Comparabilidad: Establecer la confrontación entre los valores reales y los valores previstos, permitiendo analizar la evolución a lo largo del tiempo;
- Tendencia: reflejar el nivel de propensiones de las medidas basándose en información histórica;
- Previsibilidad: Consolidar anticipadamente las informaciones, en base a los supuestos a históricos y las tendencias;
- Sensibilidad: Ser perceptible a variaciones del proceso, identificando de inmediato la magnitud de las oscilaciones;
- Frecuencia: Generar las informaciones a cada intervalo de tiempo previamente fijado; facilitando el análisis comparativo temporal;
- Proximidad: Estar lo más próximo posible a las operaciones con la finalidad de evitar desviaciones en la interpretación del problema o de conducir al foco del problema (trazabilidad)
- Manejo: Propiciar la facilidad del manejo por parte de todos los integrantes del sistema de evaluación de desempeño, tornándose simple e inteligible;

Los indicadores deben conducir al conocimiento, a todos los integrantes de la organización, sobre el progreso de las operaciones y la contribución parcial que cada uno ofrece para alcanzar los objetivos y las metas. Cabe resaltar que debe existir una preocupación en mantener la confiabilidad metrológica siempre que se actualizan los índices y el cuidado de analizar la interferencia de otros factores más allá del problema.

La cuantificación describe la importancia de los indicadores para ser consolidó en Hechos y no en sentimientos, e impone la necesidad de definir las dimensiones de medida.

Entre los numerosos beneficios derivados de la adopción de indicadores, podemos ejemplificar:

- a) Mayor seguridad en el monitoreo del desempeño;
- b) Mayores posibilidades de conseguir mejoras;
- c) Los desvíos de rutas son percibidos con mayor anticipación, induciendo a la previsión de fallas;
- d) La administración permanece basada en hechos, minimizando la cantidad de decisiones sustentadas e sentimientos;
- e) Más elementos sustanciales se disponen para auxiliar a la empresa en la evolución de las estrategias de manufactura;
- f) Permite establecer criterios de recompensa individual y colectiva de manera objetiva y precisa;
- g) Mayor satisfacción del cliente por la prosperidad de los objetivos de desempeño.

Sin y Tuttle (1989) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, **ejemplifican** algunas medidas parciales correlacionadas con los parámetros identificados por los mismos para evaluar el desempeño de una operación:

**Tabla 1 Ejemplos de Medidas Parciales de Desempeño (Sink y Tuttle, 1989)**

EVALUACION DE DESEMPEÑO	
PARAMETRO	MEDIDAS PARCIALES
EFICACIA	Proporción de ventas por vendedor Fidelidad del cliente, por producto o por localización Índice de reprogramación Porción de mercado, actual y potencial Nivel de reputación ante los clientes Numero de metas atendidas/número total de metas Porcentaje de productos atendidos dentro del plazo
EFICIENCIA	Niveles máximo, medio o mínimo de pedido Porcentaje de fallas de disponibilidad de insumos Nivel de stock lo más próximo al mínimo Cantidad de desperdicios o paralizaciones Índice de paradas de máquinas y de equipamientos Periodo patrón entre la programación y la conclusión del producto Nivel de utilización de las máquinas y del equipamiento Nivel de utilización del espacio físico, layout
CALIDAD	Intervalo de rechazo en la entrega de producto Relación de productos en el mercado Nivel de retrabajos Nivel de reclamos de los clientes
PRODUCTIVIDAD	Ventas por empleado Cantidad de producción por empleado Tiempo total de producción
INNOVACION	Cantidad de nuevos métodos de producción implementados Reducción de costos y de tiempo en función de las innovaciones
Rentabilidad/ Presupuestabilidad	Confrontación entre las ventas efectivas y el presupuesto de ventas Retorno sobre la inversión Retorno sobre las ventas Beneficio por empleado Porcentaje de incremento de los dividendos

Snack et al (1995) según **Bandeira Alves, A. (2009)**, sugiere algunas medidas parciales clasificadas a cada objetivo de desempeño (propósito) para evaluar la ruta de una operación:

**Tabla 2 Algunas Medidas Parciales de Desempeño Típicas (Slack et al, 1995) según  
Bandeira Alves, A. (2009).**

EVALUACION DE DESEMPEÑO	
OBJETIVO	MEDIDAS PARCIALES
CALIDAD	Numero de defectos por unidades producidas Nivel de reclamos de los clientes Índice de paradas Cantidad de solicitudes de garantía Tiempo medio entre fallas Nivel de satisfacción del cliente
VELOCIDAD	Tiempo de investigación por parte del cliente Tiempo total entre lo programado y la conclusión de la producción Frecuencia de entrega Tiempo de flujo actual versus el teórico Tiempo de ciclo
CONFIABILIDAD	Porcentaje de órdenes de entrega atrasadas Atraso medio de órdenes de entrega Proporción de productos en stock Media de desvíos en la entrega (local) Adherencia a la efectividad de la programación
FLEXIBILIDAD	Tiempo de desarrollo de nuevos productos y servicios Porción de productos/servicios Tiempo de preparación de maquinas Tamaño medio de lote Tiempo de incremento de una operación Nivel de utilización de la capacidad Tiempo de reprogramación
COSTO	Tiempo mínimo de entrega/Tiempo medio de entrega Variación de la operación versus el presupuesto Nivel de utilización de recursos Productividad Valor agregado Eficacia Costo por hora de operación

Gold (1985) según **Bandeira Alves, A. (2009)**, **sustenta** que los conceptos y las medidas prevaecientes de productividad no son suficientes para atender las necesidades

administrativas, tocando tangencialmente al planeamiento estratégico. El autor propone una estructura de analítica de retorno sobre la inversión total como vehículo de entrelazamiento de conceptos y del as medidas de desempeño a un arreglo de costos y proporciones de control administrativo, apreciando los resultados y el establecimiento de objetivos para el futuro.

En la línea de autor, las limitaciones de mayoría de los estudios relativos al desempeño derivan de conceptos erróneos sobre su mejora, de aplicaciones superficiales o inapropiadas, de la determinación media de los resultados obtenidos y los recursos consumidos sin investigar las razones que han impulsado la variabilidad del sistema productivo y, por último, del concepto de que todas las tasas de salidas sobre las entradas son favorables, lo que, a veces, puede ser una desventaja.

**Neely et al (1995)** según **Bandeira Alves, A. (2009)**, **ratifica** que la gestión de costos procura atender los aspectos adicionales:

- Identificación de costos de recursos consumidos;
- Determinación de la eficacia de las actividades;
- Definición y evolución de las actividades potenciales que mejoraran el desempeño;
- Implementación de los tres aspectos precedentes; en un ambiente caracterizado por cambios tecnológicos.

### **2.2.3 LA PRODUCTIVIDAD COMO UN INDICADOR DE DESEMPEÑO**

Las medidas de productividad, congruente con Gold (1985), Las medidas de productividad, de acuerdo con Gold (1985) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**, por sí sola no es suficiente para orientar a los "creadores de decisiones" para la comprensión de las relaciones entre los efectos sinérgicos aislados y agrupados, lo que se requiere es la investigación de las posibles causas potenciales para mejorar el desempeño. El autor también afirma que las salidas consolidan las contribuciones de los diversos insumos del sistema.

Ruch (1982) y Sink (1985) **según Bandeira Alves, A. (2009)**, plantean cinco formas de mejora de la productividad:

- Elevar la proporción entre el incremento de salidas y el crecimiento de la entrada;
- Producir más salidas con el mismo nivel de entradas;
- Reducir el nivel de entradas elevando la intensidad de salida (situación ideal)
- Disminuir el nivel de entrada manteniendo el nivel de salidas
- Restringir la cantidad de salida, sin embargo, disminuir en una escala mayor el componente de entrada.

Modos Básicas	Cinco Modos Básicos de Mejorar la Productividad	
	Salida	Entrada
1	Aumenta	Disminuye
2	Aumenta	Permanece Constante
3	Aumenta	Aumenta a menor velocidad
4	Permanece Constante	Disminuye
5	Disminuye	Disminuye a mayor velocidad

Cuadro 3 Cinco Modos Básicos de Mejorar la Productividad

Fuente: Sink y Tuttle (1993) citado por **Bandeira Alves, A. (2009)**.

Asimismo, sobre los aspectos de rentabilidad, es más oportuno y prometedor reevaluar previamente la contribución productiva de cada unidad de entrada o sustituir una entrada por otra o rediseñar el proceso de transformación. Se concluye entonces, un incremento de la salida por una unidad cualquiera de entrada no necesariamente representa un incremento de productividad. Expresaría sí, en el caso que la proporción de salidas consubstanciase con las entradas en su conjunto, como se discutió anteriormente en este capítulo.

No siempre un aparente incremento de la productividad conduce a una disminución de los costes unitarios. Esta observación se nota cuando se enfrentan a situaciones en las que la caída de las salidas en horas-hombre resulta del proceso de la automatización industrial.

En general, cambios en cualquier entrada por unidad de salida, en sistemas de operaciones integradas, resultan de necesidades de cambios en otras entradas para restaurar e integrar, motivo por el cual los estudios sobre las posibles evoluciones en los resultados requieren un análisis del impacto procedente de las relaciones entradas-salidas sobre los puntos de vista aislado y sistémico (GOLD, 1985). Bajo la óptica del autor, este análisis también debe considerar criterios económicos.

Gold (1985), según **Bandeira Alves, A. (2009)**, **clasifica** siete requisitos a ser considerados por un sistema de evaluación de productividad:

- Cubrir los posibles cambios en la contribución de cada entrada al desempeño, en lugar de omitir los efectos combinados de los cambios en todas las entradas;

- Definir las mejoras potenciales de desempeño en cada operación o centro de costos;
- No sólo medir las alteraciones se produjeron en las relaciones de productividad sino también informar sus causas;
- Descubrir el impacto de las variaciones anteriores en las relaciones de productividad;
- Permitir la reintegración progresiva de la productividad a los costos de cada unidad de operación, reafirmando los niveles de evolución del planeamiento;
- Propiciar respuestas de planeamiento estratégico a imposiciones externas que afectan la competitividad y la rentabilidad;
- Ejercer influencia significativa en el desempeño operacional.

Finalmente, según **Bandeira Alves, A. (2009)**, la implantación de redes de indicadores termina con la reformulación de controles y responsabilidades delegados a las áreas de decisión. Disputas acarreadas por el poder debido a la migración de “autoridad” de un área para otra pueden ocurrir entre los integrantes del poder que no son conscientes que se trata de una herramienta gerencial cuya finalidad es amparar el proceso decisorio y no en favorecer algunos individuos a través de feudos.

Por tanto, para **Bandeira Alves, A. (2009)**, es vital exponer claramente la relevancia y los objetivos de la red de indicadores a los responsables de cada área de decisión para tornarlos receptivos. Sabemos que el éxito de la red de indicadores también depende del cambio de cultura, de la motivación y de otros factores comportamentales, sin embargo, esto último escapa al alcance de este trabajo.

## DEFINICIONES

De Acuerdo con **Bandera Alves, A. (2009)**, Para una mejor comprensión del estudio sobre los indicadores de desempeño, es necesario definir algunos conceptos.

**Horas Teóricas de los Equipos (  $h_{te}$  ):** constituyentes de la capacidad máxima teórica del equipo de generación de energía. Para efecto de cálculo, se considera el número de turnos de utilización para cada equipo.

**Horas Disponibles de los Equipos:** relacionando las horas efectivas del equipo disponibles para la producción, lo que resulta restando las horas de mantenimiento a las horas teóricas del equipo (  $h_{te}$  ).

**Horas productivas de los Equipos:** Referente a las horas efectivas consumidas en la producción. Están compuestas por la resta de todas las paradas de los equipos a las horas disponibles, incluyendo el tiempo de preparación de maquinas, mantenimiento, paralizaciones por falta de programación, etc.

### Niveles de Utilización de la Capacidad:

- **Capacidad Máxima Teórica o Nominal o Instalada (  $CT_e$  ):** Equivale al 100% de utilización, no admite paralizaciones;
- **Capacidad Máxima Practica (  $CP_r$  ):** Considera las paralizaciones normales (factor de desempeño), en torno al 60 u 80% de utilización. Corresponde a lo que la empresa produce teniendo en cuenta las paradas normales;

- **Capacidad Normal (CN):** Definida en un periodo largo (comprende todos los tipos de interferencias normales) y típicos (no incluye planos económicos). Se caracteriza principalmente por el régimen de operaciones. Se define:
- **Capacidad Disponible (CD):** Puesta en evidencia por las circunstancias operacionales (instantáneas). Comprende la capacidad efectivamente asignada a la realización de una determinada cantidad de unidades de producción.
- **Capacidad Saturada (CS):** Capacidad máxima práctica

#### 2.2.4 SISTEMA DE INFORMACION:

El éxito de la red de indicadores, según **Bandeira Alves, A. (2009)**, depende fundamentalmente del sistema de información. Es vital definir con claridad el flujo de información para todos los sectores agrupados a la red de indicadores, destacando la responsabilidad de cada sector dentro del sistema de medidas y evitando, así, la redundancia en la colección de datos. Por consiguiente, el rastreo de fallas eventuales y las mejoras potenciales se tornan más fáciles con el procesamiento de la información.

Para **Bandeira Alves, A. (2009)**, el flujo de información es un elemento vinculado a los tiempos de decisión. Cuanto más veloces son coordinadas las decisiones, más eficaz será el sistema productivo. Podemos así decir que la mejor coordinación entre las actividades y la eliminación de aquellas no productivas promueven la reducción del periodo entre la programación y el acabado del producto.

Es común que ocurran equivocaciones a lo largo del flujo de información, cuando se interpreta algo por otro, que origina errores de gestión. Estos errores de comunicación entre un nivel decisorio y otro puede ocurrir en sentido ascendente o en sentido descendente, tanto más serios en cuanto mayor es el número de niveles decisivos envueltos y en cuanto más relevante para la información.

La distribución de la información entre los diversos niveles decisivos puede ser denominada de jerarquía de información. En general, cuanto más elevado fuera el nivel decisorio, mayor será la cobertura de información, entretanto, menor será el nivel de detalle.

Siguiendo a **Bandera Alves, A. (2009)**, conviene disponer a cada nivel decisorio la información adecuada a su poder de decisión, de acuerdo con la cobertura y la minuciosidad adecuadas, de tal manera que no sea necesario manipular nuevamente la información para después poder analizarla.

### **2.3 Definición de Términos**

- **Medición:** La medición es la acción y efecto de medir. Y medir es determinar una cantidad comparándola con otra. Proporcionar y comparar una cosa con otra. Medir es el medio o instrumento para gerencia en base a datos.
- **Indicador de Desempeño o Indicador de Gestión:** Son expresiones cuantitativas que nos permiten analizar cuan bien se está administrando la empresa o unidad, en áreas como uso de recursos (eficiencia), cumplimiento del programa (efectividad); errores de documentos (calidad).

- **Indicador:** Es la expresión matemática que cuantifica el estado de la característica o hecho que queremos controlar

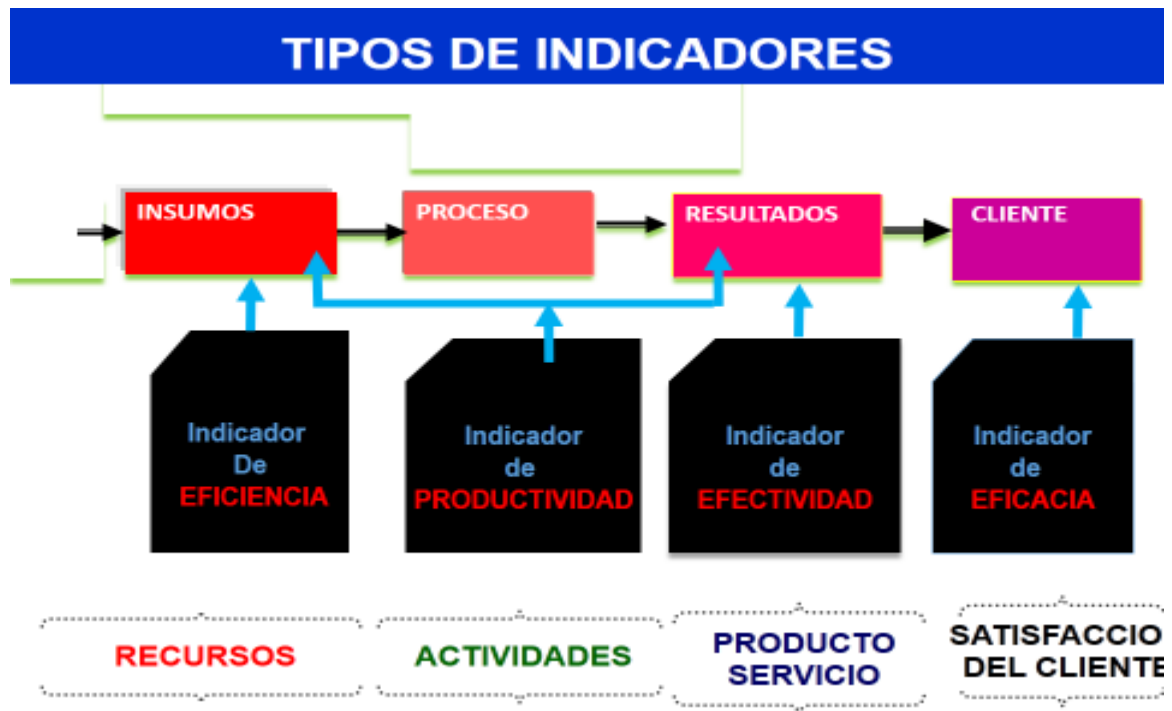


FIGURA 24: Tipos de Indicadores  
Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de la Productividad:** una técnica estructurada que tiene un rol propio en la gerencia empresarial y que consiste en obtener algunos indicadores agregados para evaluar las diversas actividades de la empresa, tanto a nivel global como parcial.
- **Desempeño de una empresa:** Es un conjunto de parámetros interrelacionados de forma compleja. Entre los cuales; se tiene la eficacia, la eficiencia, la productividad, la calidad, la innovación, la rentabilidad, el costo. El grado de representatividad de cada criterio es función de las características del sistema observado.

- **Evaluación del Desempeño de una empresa:** Es la evaluación del funcionamiento agregado de la actividad productiva y de otras actividades de la empresa. Análisis de la estructura y de las causas del comportamiento agregado a través del funcionamiento de las diversas actividades. Pronóstico y Planificación de los factores estratégicos de la empresa, tales como la demanda laboral, el progreso tecnológico, la tasa de operación, los precios y los costos unitarios, tasa salarial y beneficios. Revelar la responsabilidad social de la empresa.

## **CAPITULO III HIPÓTESIS**

### **3.1 Hipótesis General**

La medición de la productividad influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

### **3.2 Hipótesis Específicas**

- La medición de la potencia media influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.
- La medición del índice de eficiencia global del equipo influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica
- La medición de la productividad total del equipo influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica

### **3.3 VARIABLES E INDICADORES**

#### **3.3.1 Variable Independiente: Medición de la Productividad**

Siguiendo a **Kurosawa, K (1989)** la productividad concepto de productividad. Esta debe entenderse como el principio guía de las actividades productivas de los seres humanos, o de la actividad humana en su utilización de la naturaleza, lo cual debe hacerse con efectividad y correctamente. Así mismo, ella tiene una función intermediadora entre la actividad productiva y la humanidad.

### 3.3.2 Variable Dependiente: Evaluación del Desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

Siguiendo a **Bandeira Alves, A. (2009)**, el desempeño es la relación entre el nivel efectivo de realización de un objetivo y el nivel considerado teóricamente como estándar, obedeciendo a algún tipo de criterio. El objetivo central de la evaluación del desempeño de la organización se manifiesta en la mejora del sistema como un todo

### 3.3.3 Indicadores de la Variable Independiente: Medición de la Productividad

#### X<sub>1</sub>: Potencia Media

La potencia media, se mide en Megawatios (MW) y se obtiene dividiendo la producción real del mes(MWh) entre las horas totales disponible del mes (número de días del mes x 24 horas)

**Definición Operacional de la Variable Independiente a través de su indicador Potencia Media:**

Potencia Media (MW)	=	Producción Real Mes(MWh)
		Número de días al mes x 24 h

#### X<sub>2</sub> Eficiencia Global del Equipo:

Es el resultado de multiplicar las tres razones de: **la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.**

**Definición Operacional de la Variable Independiente a través de su indicador**

#### **Eficiencia Global del Equipo:**

Eficiencia Global de Equipo (OEE) %	=	Disponibilidad %	x	Rendimiento %	x	Calidad %
-------------------------------------	---	------------------	---	---------------	---	-----------

Donde:

<b>Disponibilidad (D)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo de Trabajo o Tiempo de Operación (T}_c\text{)}}{\text{Tiempo Disponible para Operar o Tiempo de Carga (T}_{DO}\text{)}}$
---------------------------	---	--

<b>Rendimiento (R)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo Neto de Operación o Tiempo de Operación Neto (T}_{NO}\text{)}}{\text{Tiempo de Trabajo o Tiempo de Operación (T}_c\text{)}}$
------------------------	---	--

<b>Calidad (C)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo Efectivo de Producción o Tiempo de Operación con Valor (T}_{EP}\text{)}}{\text{Tiempo Neto de Operación o Tiempo de Operación Neto (T}_{NO}\text{)}}$
--------------------	---	---

### X3: Productividad Total del Equipo

La **Productividad Total del Equipo** es el producto del **Grado de Utilización** de los activos (GU) por la **Eficacia Global de Equipo (EGE)**, donde:

<b>Grado de Utilización (GU)</b>	=	$\frac{\text{Tiempo Disponible para Operar (T}_{OP}\text{)}}{\text{Tiempo Total Calendario (T}_{TC}\text{)}}$
----------------------------------	---	---

<b>Eficacia Global de Equipo (EGE) %</b>	=	<b>Disponibilidad %</b>	x	<b>Rendimiento %</b>	x	<b>Calidad %</b>
--	---	-------------------------	---	----------------------	---	------------------

### 3.3.4 Indicadores de la Variable Dependiente: Evaluación del Desempeño

#### Y1: Costo Unitario

El **Costo Unitario** es el resultado de dividir el **Costo de Ventas Mensual (S/)** entre la **Producción del Mes (MWh)**

<b>Costo Unitario (S/)</b>	=	<b>Costo de Ventas Mensual(S/)</b>
		<b>Producción Mensual (MWh)</b>

## CAPITULO IV METODOLOGÍA

### 4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada se clasifica como investigación aplicada, ya que se busca la aplicación del concepto de productividad y su medición, como un instrumento que se puede utilizar para que la empresa de generación hidroeléctrica pueda tener un conocimiento más completo de la gestión de las operaciones, pueda determinar cuáles son las pérdidas de productividad que se están produciendo y pueda, de esta manera, tomar decisiones para su mejoramiento.

### 4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de la presente investigación es en primer lugar descriptivo, por cuanto es necesario acercarse al fenómeno de la generación de energía a través de la observación y de la consulta y análisis de los datos de producción. De esta manera, se tiene una descripción de la realidad tal como es. En segundo lugar, es de nivel explicativo, ya que una vez conocido el fenómeno de la generación es necesario explicarlo a la luz de los conceptos de productividad, de costos, de eficiencia, entre otros. De esta manera, se ha identificado los factores sobre los cuales deberá actuarse a tiempo para mejorar el desempeño del proceso de generación hidroeléctrica, tal como se demuestra en la parte pertinente de los resultados de la investigación.

### 4.3. MÉTODO

Siguiendo a Bryman (1989), citado por **Bandeira Alves, A. (2007)**, teniendo en cuenta los métodos de investigación: la investigación experimental, la investigación de encuestas, la

investigación-acción y el estudio de caso como los métodos de investigación principales<sup>21</sup> y el enfoque cualitativo, se decidió utilizar el método de estudio de caso por ser el más adecuado.

A través del estudio de caso, se ha podido seleccionar la unidad de análisis y se ha podido profundizar en detalle sobre el proceso de generación, así como el procedimiento de recolección de datos, debido a la cercanía del investigador a la empresa, así como ha proporcionado una gran flexibilidad en el curso de la investigación. Las fuentes de recolección de datos han comprendido los registros diarios de generación, así como consultas a los ingenieros y técnicos que conocen el proceso de generación hidroeléctrica, así como el sistema de evaluación del desempeño practicado por la empresa. Factor importante, fue también la observación directa del investigador del proceso de generación.

En resumen, el método aplicado a esta investigación tiene las siguientes características:

- i) predominio del enfoque cualitativo,
- ii) la aplicación del estudio de casos como método de investigación;
- iii) Levantamiento de datos basado en registros diarios de la producción;
- iv) énfasis en la percepción de los "tomadores de decisiones" y las personas que lo
- v) La compañía energética como empresa caso y unidad de análisis.

---

<sup>21</sup> Con el fin de evitar el sesgo en la traducción, respectivamente, son: experimental research (la investigación experimental), survey research (investigación de encuestas), action research (investigación-acción) y case study (estudio de casos)

#### **4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

De acuerdo con el alcance de la investigación circunscrita al caso de una empresa de generación hidroeléctrica, la población está constituida por todos los periodos de generación hidroeléctrica desde la fecha de entrada en operación hasta la fecha de la culminación de la investigación. La muestra escogida se circunscribe al periodo de producción de enero de 2014 a setiembre de 2016.

#### **4.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

Para la recolección de datos de las variables e indicadores, considerados en la investigación se utilizaron las siguientes dos técnicas con sus respectivos instrumentos: La **técnica de Análisis Documental** de los partes de producción, reportes, informes, permisos de trabajo, asignación de personal, entre otros para recoger la información pertinente. Se recurrirá también a los diferentes libros especializados. Y la **técnica de la Observación de Campo** a los centros de producción de las centrales, así como a los centros de control de las mismas para recoger información de la planificación, ejecución, control y evaluación de las operaciones de las centrales.

#### **4.6. METODO DE ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

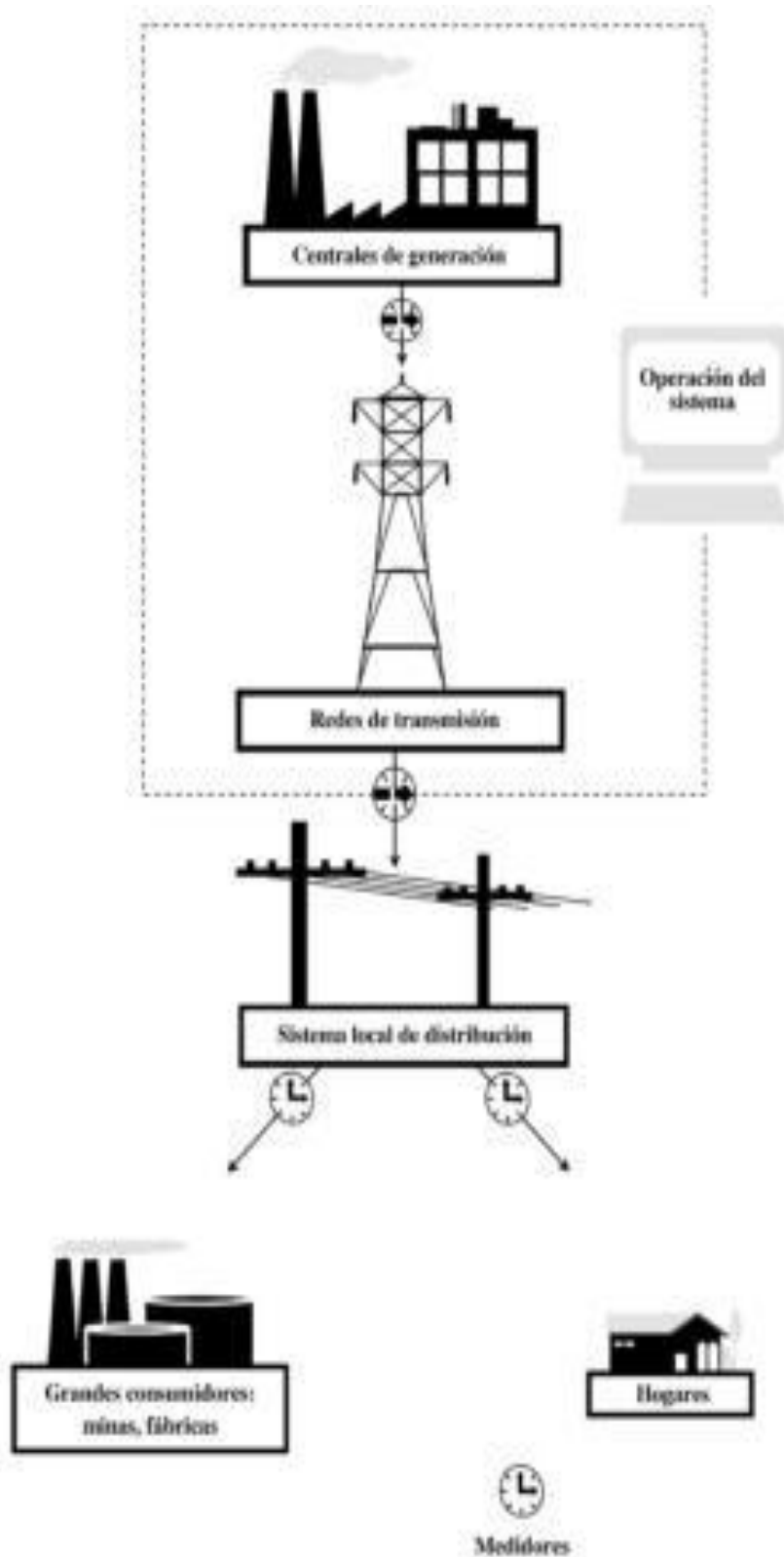
Los datos fueron sometidos a diferentes análisis y ajustes, tales como: modelo de regresión múltiple y análisis de varianza. Se utilizó el software estadístico SPSS

## **CAPITULO V ESTUDIO DE CASO DE LA EMPRESA DE GENERACION HIDROELECTRICA**

### **DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE ANALISIS**

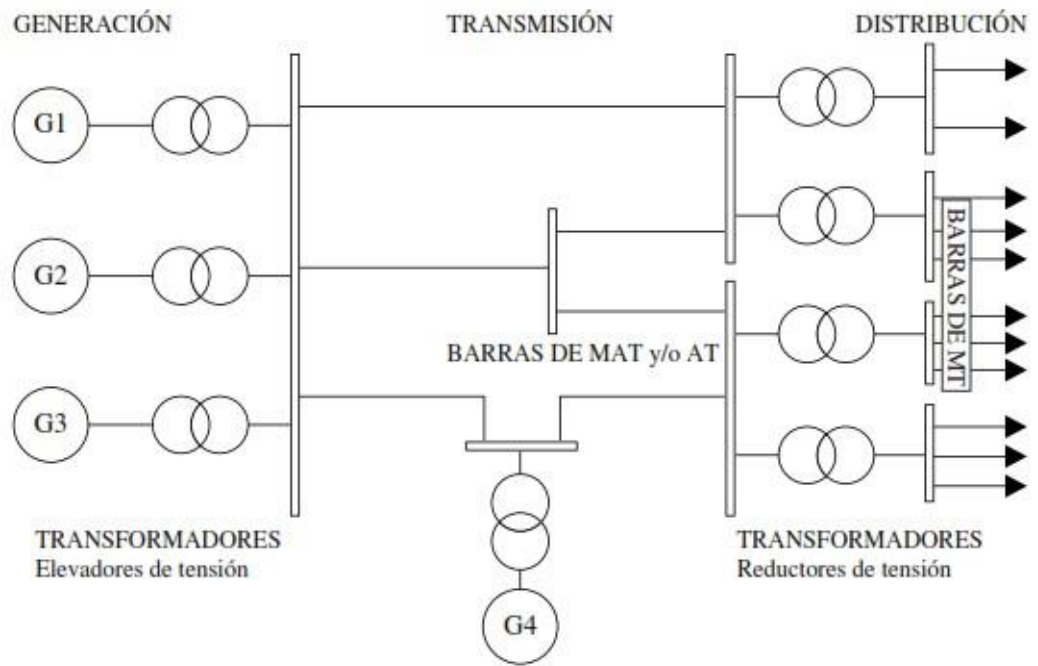
#### **5.1 ACTIVIDADES INVOLUCRADAS EN EL SECTOR ELECTRICO**

Para **Dammert, Alfredo, A, Molinelli, F y Carbajal, M (2011)**, dentro de las actividades que desempeñan los diferentes agentes del sector eléctrico, se distinguen aquellas de carácter físico de aquellas que tienen carácter comercial. Las actividades físicas son las de generación o producción de electricidad, la transmisión, la operación del sistema y la distribución. Siendo las actividades comerciales las de ventas en el mercado mayor es decir las ventas a los distribuidores o comercializadores y las ventas a los consumidores finales.



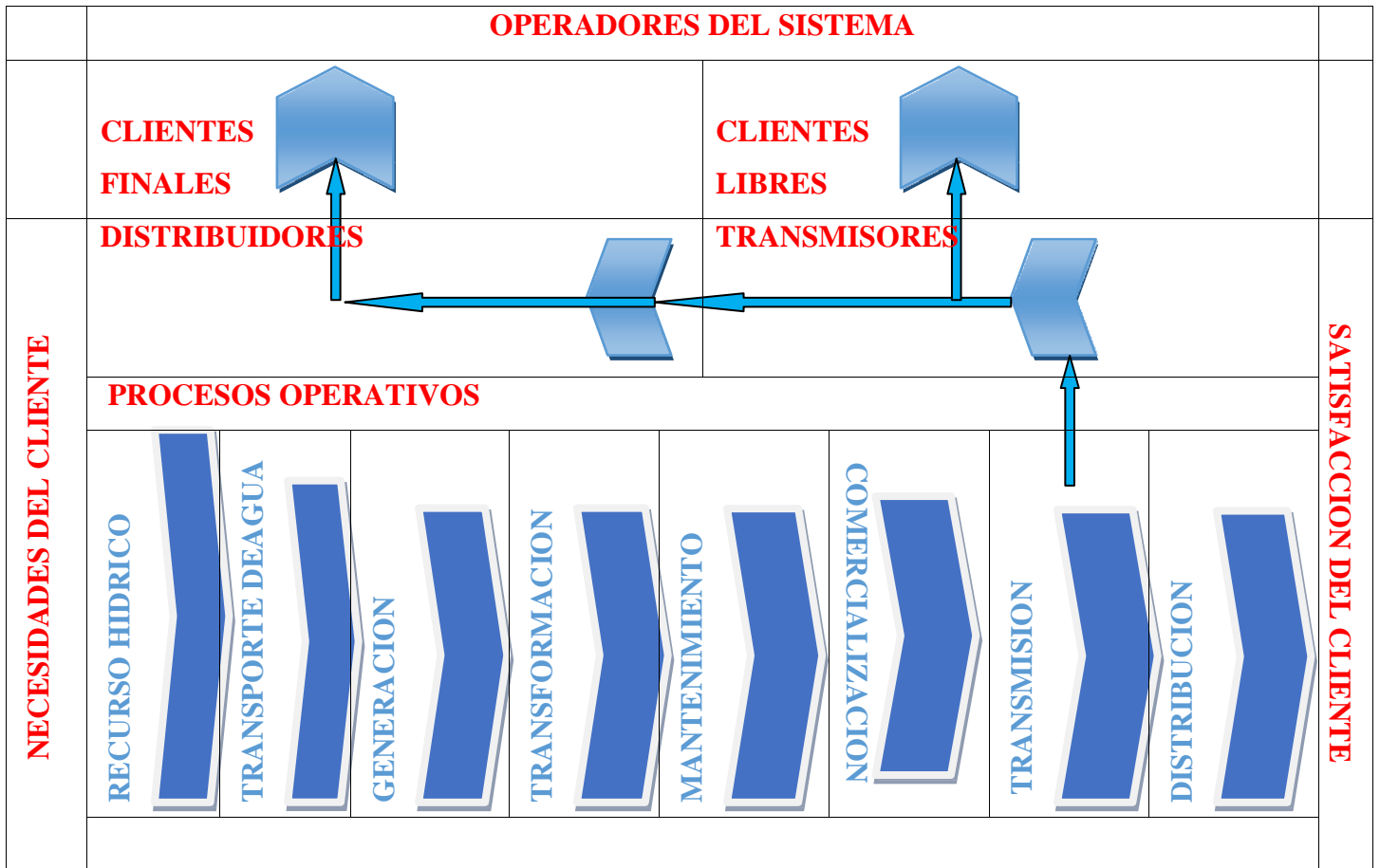
**Figura 25: Actividades Físicas Involucradas en el Sector Eléctrico**

Fuente: Tomado de Dammert, A, Molinelli, F y Carbajal, M (2011). *Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano*, Lima, OSINERGMIN.



**Figura 26: Representación Esquemática del Proceso de Suministro de Electricidad**  
 Fuente: Tomado de Dammert, A, Molinelli, F y Carbajal, M (2011). *Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano*, Lima, OSINERMIN.

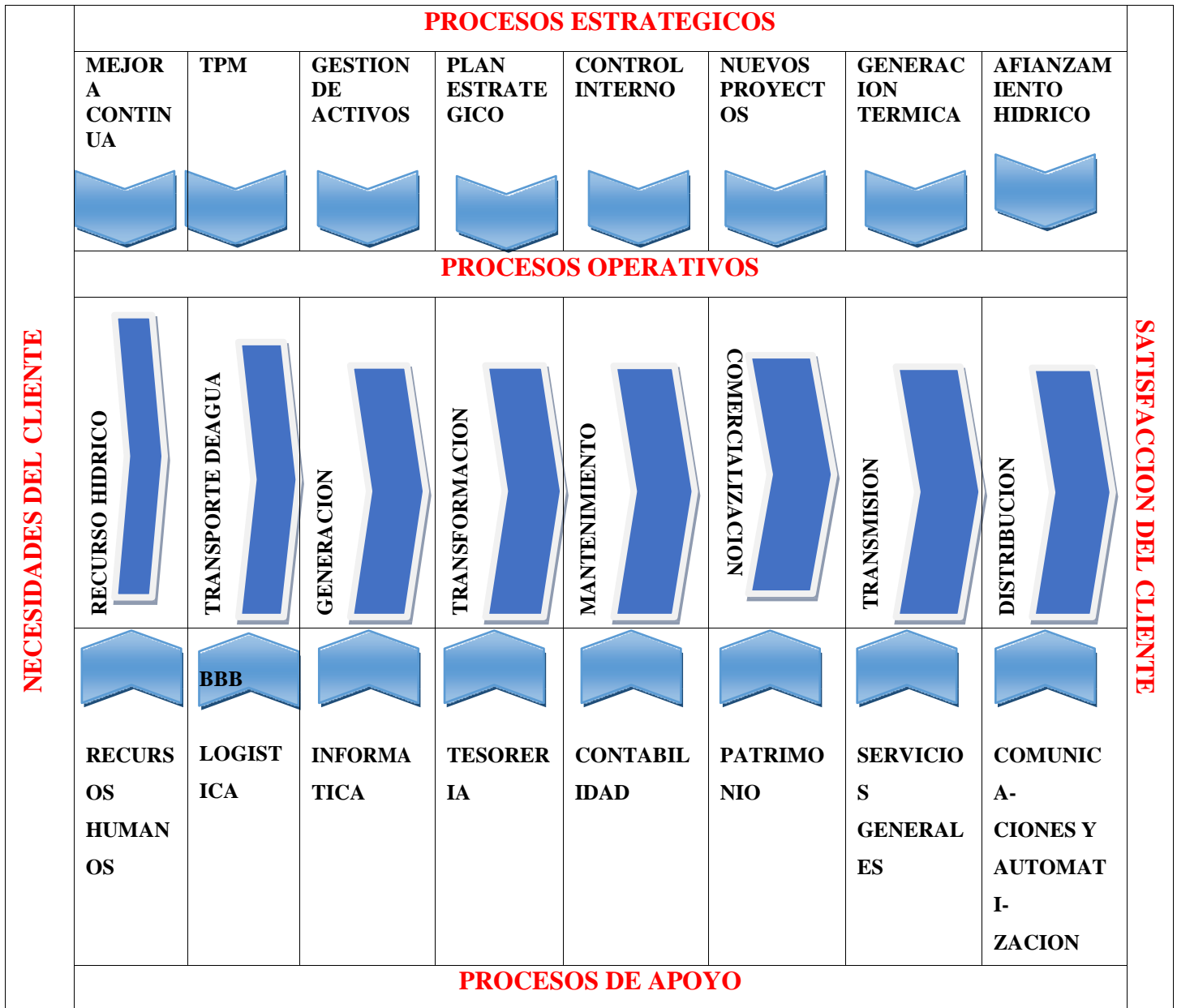
**5.2 LOS PROCESOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA GENERADORA Y SU RELACION CON LOS OPERADORES DEL SISTEMA ELECTRICO**



**Figura 27: Procesos Operativos de la Empresa Generadora y su Relación con los Operadores del Sistema Eléctrico.**

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3 MACROPROCESOS DE LA EMPRESA GENERADORA



**Figura 28: Macroprocesos de la Empresa Generadora**

Fuente: Elaboración Propia

## **5.4 CONFIGURACION FISICA DE LA UNIDAD DE ANALISIS**

La UNIDAD DE ANALISIS es una empresa Estatal de derecho privado que tiene como objetivo dedicarse a las actividades propias de la generación, transmisión por el sistema secundario de su propiedad y comercialización de energía eléctrica, con el fin de asegurar el abastecimiento oportuno, suficiente, garantizado y económico de la demanda de energía, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación vigente.

La Titularidad del 14,29% del capital social de la UNIDAD DE ANALISIS pertenece al Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado FONAFE y el 85,71% corresponde al Fondo Consolidado de Reservas FCR, las que son administradas por el FONAFE.

### **ASPECTOS GENERALES DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO DE MANTARO**

El Complejo Hidroeléctrico del Mantaro, ubicado en la región de Huancavelica, inicio sus operaciones en 1973, y comprende las instalaciones de la Represa Tablachaca ubicada en la localidad de Quichuas, con capacidad de embalse de 8 millones de m<sup>3</sup>, en la que se almacena el agua proveniente del rio Mantaro, y a través de un túnel de 19,8 km se deriva las aguas a las turbinas de los siete (7) generadores de la Central Santiago Antúnez de Mayolo, de 798 MW de potencia; y en cascada se conduce a las tres (3) turbinas de la Central Restitución de 210 MW de potencia.

La energía producida en las centrales se conecta a la Sub estación de Campo Armiño desde donde se transmiten mediante las Líneas de Transmisión de 220 KV al Sistema Interconectado Eléctrico Nacional, que abarca las zonas Norte, Centro y Sur del

País. El aporte de energía del Complejo Mantaro supera los 7000 GWH anuales respecto a los 20000 GWH de generación hidroeléctrica a nivel nacional.

### **CUENCA HIDROGRÁFICA: Ubicación y Descripción**

La Cuenca Hidrográfica del Mantaro está ubicada en la región central del país y abarca los departamentos de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho. El río Mantaro se origina en el Lago Junín, el cual está regulado por la presa de Upamayo, el reservorio de regulación estacional más importante del país. Ubicado a 4080 msnm, el Lago Junín tiene una capacidad total de 556 MMC y un volumen útil máximo regulable de 441 MMC.

### **PROGRAMA DE AFIANZAMIENTOS HÍDRICOS**

Debido a la variación del caudal del río Mantaro entre las épocas de estiaje y de lluvias, se hace necesaria la construcción de obras de regulación con el objeto de minimizar el riesgo de escasez de agua y al mismo tiempo optimizar el uso de la capacidad instalada del complejo.

Excedentes de agua durante las épocas de lluvia pueden ser almacenados y utilizados durante los meses de estiaje, entre mayo y octubre, para aumentar el caudal del río hasta el nivel requerido de 96 m<sup>3</sup>/seg, cubriendo así los déficits de agua para la generación de energía. Electroperú, viene ejecutando obras de afianzamiento hídrico en las lagunas de la Cuenca media y alta del río Mantaro desde 1993.

### **POTENCIA INSTALADA**

UNIDAD DE ANALISIS posee una potencia instalada de 1026,68 megavatios (MW) distribuida en 3 centrales eléctricas, dos de ellas son de origen hidráulico con una potencia de 1008 MW (98,2 %) y la otra de origen térmico con una potencia de 18,68 MW (1,8 %).

La totalidad de la potencia de origen hidráulico forma parte del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). La potencia efectiva de las Centrales del Complejo Hidroeléctrico Mantaro aprobada por el COES en mayo del 2009 fue de 886.016 MW y a junio de 2015 fue de 898.15 MW.



**Figura 29: Esquema del Complejo Hidroenergetico del Mantaro**

Fuente: Pagina web de ELECTROPERU SA <http://www.electroperu.com.pe>

## CAPITULO VI PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

Después de haber realizado un minucioso análisis de varios modelos tentativos para ver cuáles de los indicadores de la variable independiente son de interés en la estimación del costo unitario mensual de la empresa de generación hidroeléctrica se llegó a identificar los siguientes indicadores:

**Tabla 3**  
**Variables e Indicadores en Estudio**

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Y</b>	<b>Variable Dependiente; Y</b>
<b>Y</b>	<b>Costo Unitario Mensual</b>
<b><math>X_i</math></b>	<b>Variables Independientes: <math>X_i</math></b>
<b><math>X_1</math></b>	<b>Potencia Media Mensual</b>
<b><math>X_2</math></b>	<b>Índice de Eficiencia Global De Los Equipos OEE Mensual</b>
<b><math>X_3</math></b>	<b>Productividad Total de Equipo Pte Mensual</b>

De esta manera se identifican las variables en estudio y sus indicadores a partir del planteamiento del modelo de Regresión Lineal Múltiple para estimar el costo unitario mensual de la **empresa de generación hidroeléctrica** (el cual, es el indicador importante para medir la **Evaluación del Desempeño** de dicha empresa) a partir de los indicadores de la variable independiente productividad: **Potencia Media Mensual, Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE mensual y Productividad Total de Equipo PTE mensual.**

El modelo poblacional correspondiente es:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \varepsilon_i \quad , i = 1, 2, \dots, N \quad (4.1)$$

O de manera más simbólica como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (4.2)$$

Donde la variable dependiente en estudio es.

$Y$  : Costo Unitario mensual (S/ /MWh) de la empresa de generación hidroeléctrica en estudio

Las variables independientes son:

$X_1$  : Potencia Media Mensual (MWh / h)

$X_2$  : Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE mensual (%)

$X_3$  : Productividad Total de Equipo PTE mensual (%)

$u$  : Error aleatorio o disturbio

(4.1) El modelo de regresión muestral de la ecuación es:

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{i1} + \hat{\beta}_2 X_{i2} + \hat{\beta}_3 X_{i3} + e_i \quad , i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

Lo cual al desprestigiar el residual  $e$  , la ecuación (4.2) de manera más simplificada expresamos como:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$$

**Tabla 4**  
**Indicadores de Producción y de Costos**

N°	Periodo	COSTO UNITARIO	POTENCIA MEDIA	INDICE DE EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS OEE MENSUAL	PRODUCTIVIDAD TOTAL DE EQUIPO PTE MENSUAL
			PRODUCCION REAL/HORAS TOTALES	TIEMPO VALIDO DE OPERACION / TIEMPO DE OPERACION NETO	GU X OEE
		S/ MWh	MWh / h	%	%
		Y	X1	X2	X3
1	ene-14	57.719	77.457	94.655	80.200
2	feb-14	69.198	81.942	95.374	89.327
3	mar-14	112.545	55.508	85.887	56.534
4	abr-14	64.209	80.818	94.057	83.911
5	may-14	82.711	81.081	87.660	76.862
6	jun-14	49.940	77.205	87.863	72.814
7	jul-14	60.636	81.002	89.103	81.708
8	ago-14	58.872	83.767	91.174	85.173
9	sep-14	59.852	87.089	91.155	90.447
10	oct-14	56.334	87.038	91.823	89.912
11	nov-14	60.460	85.962	90.648	89.862
12	dic-14	68.735	85.741	89.720	89.299
13	ene-15	55.184	85.806	90.749	89.898
14	feb-15	70.632	85.858	90.250	89.658
15	mar-15	112.791	54.889	90.057	57.049
16	abr-15	92.284	85.548	90.585	87.796
17	may-15	60.277	85.107	91.604	89.030
18	jun-15	73.031	80.709	87.785	82.615
19	jul-15	64.013	86.346	91.522	90.161
20	ago-15	74.856	82.538	91.613	85.361
21	sep-15	72.075	87.307	91.877	91.022
22	oct-15	91.692	79.938	85.081	85.234
23	nov-15	88.692	84.583	92.327	88.741
24	dic-15	100.306	84.279	89.401	87.411
25	ene-16	86.029	84.382	91.065	88.050
26	feb-16	96.819	85.707	91.239	89.649
27	mar-16	92.273	86.318	90.381	90.849
28	abr-16	94.085	86.987	90.833	90.898
29	may-16	119.098	72.771	79.640	78.162
30	jun-16	108.576	75.280	81.750	80.133
31	jul-16	115.597	76.486	84.602	79.489
32	ago-16	174.247	73.826	78.548	78.100
33	sep-16	170.458	69.397	74.763	74.278

**Fuente: Elaboración Propia a partir de datos de producción y costos de la Empresa de Generación Hidroeléctrica.**

Haciendo uso del Software de Análisis Estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* SPSS se obtuvieron los siguientes resultados

## 6.2 ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN Y OTROS ESTADÍSTICOS IMPORTANTES

**Tabla 5**  
**Coefficientes de Determinación, Correlación y Otros Estadísticos Importantes**

---

Variable Dependiente: **Costo Unitario**

Coefficiente de Correlación Múltiple:  **$R = 0.863$**

Coefficiente de Determinación Múltiple:  **$R^2 = 0.745$**

Coefficiente de Determinación Múltiple Ajustado:  **$R^2_{Adj} = 0.719$**

**$F(0.05, 3, 29) = 2.934 ; p = 9.57 \times 10^{-9} < 0.05$**

Intercepción o Constante:  **$67.364 ; p = 0.000 < 0.056$**

---

**Tabla 6**  
**Coefficientes de Regresión y Estadísticos Afines**

---

Variables	Beta $\beta_i$	Error Estándar S. E.	t - Student t	Valor de Significancia p =
Constante	537.418	54.711	9.823	0.000*
$X_1$ :	-4.409	1.388	-3.176	0.004*
$X_2$ :	-4.307	.710	-6.069	0.000*
$X_3$ :	3.422	1.246	2.746	0.010*

---

Para determinar cuáles de los parámetros o coeficientes de regresión que explican mejor la variación del Costo Unitario o predecir dicha variable a partir de los mencionados parámetros se realizó el Análisis de Regresión Lineal Múltiple. Los resultados mostraron que un 74.5% de la variabilidad (Varianza) del Costo Unitario en estudio es explicado, de forma significativa por tres variables (**Tabla 6**): Potencia Media, Índice

de Eficiencia Global de los Equipos OEE y Productividad Total de Equipo PTE mensual.

Para predecir el Costo Unitario mensual de la empresa de generación hidroeléctrica en estudio por medio de los tres indicadores de productividad antes mencionados estará dado por la ecuación.

$$\hat{Y} = 537.418 - 4.409X_1 - 4.307 X_2 + 3.422X_3$$

### **6.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

#### **6.3.1 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL**

La Hipótesis General de este trabajo de investigación es el siguiente:

Hipótesis General

**$H_0$**  : La medición de la productividad no influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

**$H_1$**  : La medición de la productividad influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

Donde la variable medición de la productividad está conformada por los tres indicadores y/o sub variables indicadas anteriormente, mientras que la variable dependiente evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica se mide por medio del costo unitario mensual de la empresa en estudio.

La hipótesis general planteada se contrastará a partir del análisis de la prueba de la siguiente hipótesis.

Hipótesis

$H_0$  : No Existe relación estadísticamente significativa entre el costo unitario de una empresa generadora hidroeléctrica y los tres indicadores referidos de la productividad (Potencia Media, Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE y Productividad Total de Equipo PTE).

$H_1$  : Existe relación estadísticamente significativa entre el costo unitario de una empresa generadora hidroeléctrica y los tres indicadores referidos a la productividad (Potencia Media, Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE y Productividad Total de Equipo PTE).

Esta hipótesis de manera simbólica expresaos como:

$$\begin{cases} H_0 : & \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0 \\ H_1 : & \text{al menos un } \beta_i \neq 0, \quad i = 1,2,3 \end{cases}$$

**Tabla 7:**  
**Análisis de Varianza para Contrastación de la Hipótesis afín a la Hipótesis General**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Valor de Significancia, $p$
Regresión	21522.447	3	7174.149	28.234	0.000
Residual	7368.804	29	254.097		
Total	28891.251	32			

Considere un nivel de significancia de 5%, es decir  $\alpha = 0.05$

Decisión

Como  $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ , rechazamos  $H_0$ , es decir que hay evidencias para afirmar que, existe una relación estadísticamente significativa entre el costo unitario de la empresa de generación hidroeléctrica y los tres indicadores referidos a la productividad (Potencia Media, Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE y Productividad Total de Equipo PTE).

De esta decisión afirmamos entonces que: existe una relación estadísticamente significativa entre la medición de la productividad y la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica. Además, como la evaluación del desempeño (medida a través del costo unitario) es expresada mediante un modelo ecuación de regresión cuyos tres indicadores independientes antes mencionados son los indicadores y/o sub variables de la medición de productividad, concluimos que: **La medición de la productividad influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.**

### 6.3.2 CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS SECUNDARIAS

Las Hipótesis Secundarias de este trabajo de investigación son las siguientes:

- **Primera Hipótesis Secundaria:**

$H_0$  : La Potencia Media no influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

$H_1$  : La Potencia Media influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

Donde la variable dependiente, evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica se mide a través del costo unitario de la empresa en estudio.

Esta hipótesis planteada se contrastará a partir del análisis de la prueba de la siguiente hipótesis.

Hipótesis

$H_0$  : No Existe relación estadísticamente significativa entre la Potencia Media y el costo unitario de una empresa generadora hidroeléctrica.

$H_1$  : Existe relación estadísticamente significativa entre la Potencia Media y el costo unitario de una empresa generadora hidroeléctrica.

Esta hipótesis de manera simbólica expresamos como: 
$$\begin{cases} H_0 : \beta_1 = 0 \\ H_1 : \beta_1 \neq 0 \end{cases}$$

Haciendo uso del Software Estadístico SPSS tenemos:

**Tabla 8**

**Prueba de Significancia de los coeficientes Individuales**

Variables	Beta $\beta_i$	Error Estándar S. E.	t - Student t	Valor de Significancia p
Constante	537.418	54.711	9.823	0.000*
$X_1$ :	-4.409	1.388	-3.176	<b>0.004*</b>
$X_2$ :	-4.307	.710	-6.069	0.000*
$X_3$ :	3.422	1.246	2.746	0.010*

Para la decisión de esta hipótesis se consideran los valores que se ubican en la segunda fila de la **tabla 8**.

Decisión

Como  $p = 0.004 < \alpha = 0.05$ , rechazamos  $H_0$ , es decir que hay evidencias para afirmar que, existe relación estadísticamente significativa entre la Potencia Media y el costo unitario de la empresa de generación hidroeléctrica. Además, como la evaluación del desempeño (medido por medio del costo unitario) es expresado mediante un modelo

ecuación de regresión donde una de las tres variables independientes es la Potencia Media, concluimos que: **la Potencia Media influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.**

- **Segunda Hipótesis Secundaria**

$H_0$  : El Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE no influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

$H_1$  : El Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

- **Tercera Hipótesis Secundaria**

$H_0$  : La Productividad Total de Equipo PTE no influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

$H_1$  : La Productividad Total de Equipo PTE influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

La contrastación de éstas dos hipótesis se hace de manera similar a lo anterior, en ese sentido presentamos lo siguiente:

### **Decisión**

Como cada uno de los dos últimos valores de significancia (última columna de la **Tabla 8**) son menores a  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , se concluye que cada uno de estos coeficientes son significativos, con lo cual quedan contrastadas las dos últimas hipótesis secundarias; es decir llegamos a las siguientes dos conclusiones:

- **El Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.**

- **La Productividad Total de Equipo PTE influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.**

Luego el modelo de regresión que explica la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica por medio de la medición de productividad (las tres variables independientes antes indicadas) es el siguiente:

$$\hat{Y} = 537.418 - 4.409X_1 - 4.307 X_2 + 3.422X_3$$

#### **6.4. ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS SUPUESTOS DE REGRESIÓN LINEAL**

Después de analizar el cumplimiento de los supuestos de los modelos de Regresión Lineal Múltiple llegamos a la conclusión que dichos supuestos se cumplen, es decir que los errores aleatorios se distribuyen normalmente con media cero y varianza constante (No Heterocedasticidad).

Para verificar que la media de los errores es cero se contrastó la hipótesis  $\left\{ \begin{array}{l} H_0: e = 0 \\ H_1: e \neq 0 \end{array} \right.$ ,

llegando a la conclusión que no se rechaza  $H_0$ , es decir la media de los errores aleatorios es cero.

La verificación de la no heterocedasticidad, se realizó mediante la prueba gráfica de la Predicciones vs los residuales al cuadrado.

Por lado los errores aleatorios no evidencian un problema presencia de Autocorrelación considerable (Los errores son independientes unos de otros).

## Prueba de Normalidad

**CUADRO N° 4.11**  
**PRUEBA DE NORMALIDAD MEDIANTE EL ESTADÍSTICO**  
**DE KOLMOGOROV-SMIRNOV**

Referencia	Costos Y
Número de datos	33
Media	85.2796
Desviación Típica	30.0474
	9
Z de Kolmogorov-Smirnov	0.866
Sig. asintót. (bilateral)	0.441

### Observación

Tome en cuenta el valor de significancia denotado por  $p$  del estadístico de prueba de Kolmogorov-Smirnov se ubican en la última fila de cuadro de arriba y observamos que dicho valor correspondiente es mayor a  $0.05$ , es decir  $p > 0.05$ . Por otro lado, se considera un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Además, para la prueba de normalidad, la obtención de los resultados numéricos se hizo haciendo uso del Software Estadístico SPSS.

### • Decisión

Como  $p = 0.441 > \alpha = 0.05$ , se acepta la hipótesis nula de Normalidad, es decir que los datos referidos a la variable dependiente presentan Distribución Normal, luego concluimos que la en estudio presenta Distribución Normal.

Finalmente, para detectar si existe multicolinealidad de las variables independientes calculamos la matriz de correlaciones de las tres variables independientes que es el siguiente:

**Tabla 9 : Matriz de Correlación de las Tres Variables Independientes**

	<i>Potencia Media</i>	<i>Índice de Eficiencia Global de los Equipos OEE</i>	<i>Productividad Total de Equipo PTE</i>
<i>Potencia Media</i>	1.000	0.495	0.965
<i>Índice De Eficiencia Global de los Equipos OEE</i>	0.495	1.000	0.446
<i>Productividad Total de Equipo PTE</i>	0.965	0.446	1.000

Calculando los valores propios de esta matriz tenemos:

$$\lambda_1 = 0.0334, \lambda_2 = 0.6621 \text{ y } \lambda_3 = 2.3045, \text{ luego } K = \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{2.3045}{0.0334} = 68.997$$

Condición

- Si  $K < 100$  , no hay problema de multicolinealidad.
- Si  $100 \leq K < 1000$  , existe multicolinealidad leve o moderada.
- Si  $K \geq 1000$  , existe multicolinealidad severa.

Decisión

Como  $K = 68.997 < 100$  , se concluye que no existe problema de multicolinealidad.

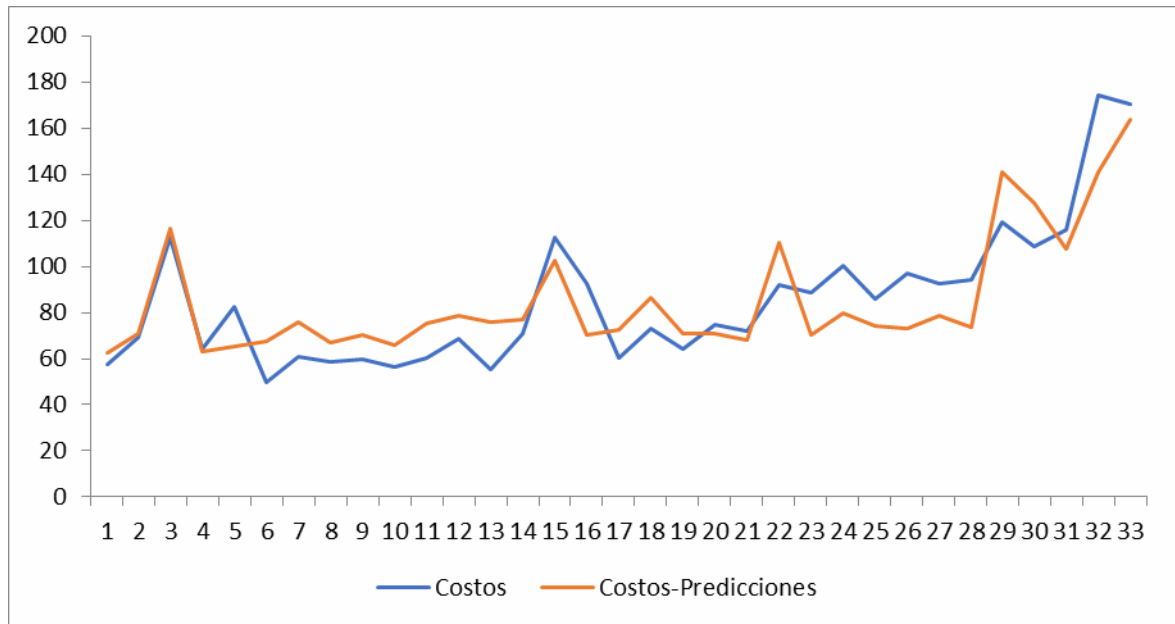
**Tabla 10: Predicción de los Datos usando el Modelo de Regresión expuesto:**

	<b>Y</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>X<sub>3</sub></b>	<b><math>\hat{y}</math></b>	<b>e</b>
<b>Ni</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>POTENCIA MEDIA MENSUAL</b>	<b>INDICE DE EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS OEE MENSUAL</b>	<b>PRODUCTIVIDAD TOTAL DE EQUIPO PTE MENSUAL</b>	<b>Costos-Predicciones</b>	<b>Residuos</b>
	S/MWh	MWh/h	%	%	S/MWh	
1	57.719	77.457	94.655	80.200	62.62437	-4.9052
2	69.198	81.942	95.374	89.327	70.98791	-1.78976
3	112.545	55.508	85.887	56.534	116.17827	-3.63343
4	64.209	80.818	94.057	83.911	63.07624	1.13228
5	82.711	81.081	87.660	76.862	65.34416	17.36681
6	49.940	77.205	87.863	72.814	67.7025	-17.7625
7	60.636	81.002	89.103	81.708	76.07189	-15.43617
8	58.872	83.767	91.174	85.173	66.79473	-7.92298
9	59.852	87.089	91.155	90.447	70.30073	-10.44891
10	56.334	87.038	91.823	89.912	65.79936	-9.46528
11	60.460	85.962	90.648	89.862	75.43313	-14.97305
12	68.735	85.741	89.720	89.299	78.48697	-9.75209
13	55.184	85.806	90.749	89.898	75.82184	-20.63791
14	70.632	85.858	90.250	89.658	76.91882	-6.28654
15	112.791	54.889	90.057	57.049	102.72647	10.06411
16	92.284	85.548	90.585	87.796	70.48031	21.80419
17	60.277	85.107	91.604	89.030	72.2454	-11.9681
18	73.031	80.709	87.785	82.615	86.15546	-13.12482
19	64.013	86.346	91.522	90.161	71.0021	-6.98866
20	74.856	82.538	91.613	85.361	70.97557	3.88006
21	72.075	87.307	91.877	91.022	68.17762	3.89747
22	91.692	79.938	85.081	85.234	110.13167	-18.4392
23	88.692	84.583	92.327	88.741	70.44782	18.24459
24	100.306	84.279	89.401	87.411	79.83915	20.46673
25	86.029	84.382	91.065	88.050	74.41152	11.61784
26	96.819	85.707	91.239	89.649	73.29609	23.52332
27	92.273	86.318	90.381	90.849	78.40273	13.86986
28	94.085	86.987	90.833	90.898	73.67421	20.41128
29	119.098	72.771	79.640	78.162	140.97533	-21.87765
30	108.576	75.280	81.750	80.133	127.565	-18.9894
31	115.597	76.486	84.602	79.489	107.77647	7.82058
32	174.247	73.826	78.548	78.100	140.81982	33.4269
33	170.458	69.397	74.763	74.278	163.58211	6.87561

$$\hat{Y} = 537.418 - 4.409X_1 - 4.307 X_2 + 3.422X_3$$

## 6.5. PREDICCIONES DE DATOS MUESTREADOS Y NO MUESTREADOS

GRÁFICO N°1: VALORES REALES Y PREDECIDOS DE COSTO UNITARIO DE ENERO DEL 2014 A SETIEMBRE DEL 2016

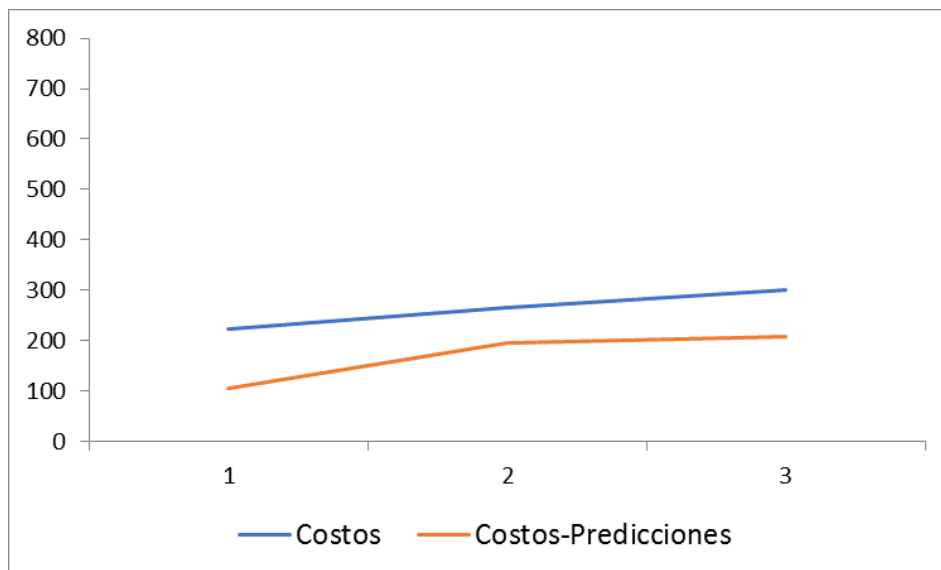


Observamos de la gráfica que la predicción del costo unitario con el modelo regresión lineal se aproximan considerablemente a los costos reales en estudio.

**Tabla 11**  
Valores Reales y Predicción de Costos de Octubre a Diciembre de 2016

N°	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	$\hat{y}$
	Costo Unitario	POTENCIA MEDIA MENSUAL	INDICE DE EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS OEE MENSUAL	PRODUCTIVIDAD TOTAL DE EQUIPO PTE MENSUAL	Costo Unitario-Predicciones
	S/ MWh	MWh / h	%	%	S/ MWh
34	222.023	74.449	86.994	78.880	104.365
35	265.287	62.958	69.143	68.493	196.376
36	299.807	59.078	67.746	65.031	207.657

GRÁFICO N°1: VALORES PREDECIDOS DE COSTOS DE OCTUBRE A DICIEMBRE DEL 2016



## 6.6 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Considerando que el objetivo de la investigación fue determinar la influencia que existe entre la medición de la productividad y la evaluación del desempeño de una empresa hidroeléctrica y habiendo escogido como indicadores de la productividad, la potencia media, la eficiencia global del equipo y la productividad total del equipo, por un lado y por otro, el costo unitario como indicador del desempeño, se analizaron los datos de la producción y se logró ajustar un modelo de regresión lineal múltiple, que nos permita estimar el costo unitario a partir de la potencia media, la eficiencia global del equipo y la productividad del equipo.

Para predecir el costo unitario de la empresa hidroeléctrica a partir de la potencia media, la eficiencia global del equipo y la productividad total del equipo, se encontró la ecuación siguiente:

$$\hat{Y} = 537.418 - 4.409X_1 - 4.307 X_2 + 3.422X_3$$

Se encontró que el 74.5% de la variabilidad del costo unitario es explicado de forma significativa por la potencia media, la eficiencia global del equipo y la productividad total del equipo.

En la contrastación de la hipótesis general, se encontró que existe una relación estadísticamente significativa entre la medición de la productividad y la evaluación del desempeño de la empresa hidroeléctrica, lo que permite concluir que la medición de la productividad influye en la evaluación del desempeño de la empresa de generación hidroeléctrica.

En cuanto a la contrastación de las hipótesis secundarias, se comprueba que existe influencia de la potencia media con la evaluación del desempeño de la empresa de generación hidroeléctrica. Se concluye también que la eficiencia global del equipo y la productividad total del equipo influyen en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.

## **CAPITULO VII DISCUSION**

### **7.1 DISCUSION**

La identificación de las variables en estudio parte, en primer lugar, de escoger los indicadores que mejor describen a la variable productividad. En cuanto a esta variable, partiendo de los recursos utilizados: equipo, recursos humanos y recursos hídricos. Los recursos humanos se mantienen constantes y su número no tiene influencia en los niveles de producción. Por otro lado, los recursos hídricos, existe una relación directa, cuya tasa es conocida para una determinada producción. Por lo tanto, es el uso del equipo, es el recurso que se requiere medir y eliminar los desperdicios.

En cuanto al uso del equipo, se selecciona la potencia media, la eficiencia global del equipo y la productividad total del equipo. La potencia media es la relación entre la Producción Real del Mes entre el número de horas totales del periodo. Este indicador al relacionar la producción obtenida con las horas disponibles de los equipos constituye un indicador de la productividad del equipo. La eficiencia global del equipo, para algunos autores constituye un indicador de productividad y la forma como está estructurado, permite medir y determinar los desperdicios que se producen en la disponibilidad, en la eficiencia y rendimiento y en la calidad del producto. En cuanto a la productividad total de equipo es un indicador de productividad por definición.

En segundo lugar, al escoger los indicadores que mejor describen el desempeño de la empresa, el costo unitario, es el resultado del proceso de producción y engloba todos los indicadores internos tales como: eficiencia, productividad, efectividad y

eficacia. El costo refleja el valor de los insumos, de las actividades y de los resultados de la empresa.

## **7.2 CONCLUSIONES**

- La medición de la potencia media influye en la evaluación de desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica, lo cual se sustenta, en la prueba t-Student de los coeficientes individuales de regresión considerando un nivel de significancia del 5%.
- La medición de la eficiencia global del equipo influye en la evaluación de desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica, lo cual se sustenta, en la prueba t-Student de los coeficientes individuales de regresión considerando un nivel de significancia del 5%.
- La medición de la productividad total del equipo influye en la evaluación de desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica, lo cual se sustenta, en la prueba t-Student de los coeficientes individuales de regresión considerando un nivel de significancia del 5%.
- La medición de la productividad influye en la evaluación de desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica, lo cual se sustenta, en la Tabla 7 correspondiente al Análisis de Varianza (ANVA) para la contrastación de la Hipótesis general de un modelo de regresión lineal múltiple considerando un nivel de significancia del 5%.

### **7.3 RECOMENDACIONES**

Recomendar a la empresa, establecer una red de indicadores, que le permitan medir la productividad a través de los siguientes indicadores para una mejor evaluación de desempeño de la empresa de generación hidroeléctrica.

- La potencia media
- La eficiencia global del equipo y los componentes de su estructura:  
disponibilidad,  
eficiencia-rendimiento y  
calidad
- La productividad total del equipo
- Grado de utilización

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alzate Restrepo, Cesar Augusto (2002)**, Con la investigación: *Calculo de la Productividad de un Negocio de Generación Eléctrica*, elaborada para optar el Grado Académico de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Colombia,

**Bandeira Alves, A. (1997)**: Con la investigación *Rede de Indicadores de Desempenho para gestão de uma usina hidrelétrica*, elaborada para optar el Título de Maestro en Ingeniería en la Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo, Brasil.

**Bandeira Alves, A. (2007)**: *Avaliação de desempenho, Uma Abordagem Estratégica em Busca de Proatividade*, Rio de Janeiro, Qualitymark.

**Bandeira Alves, A. (2009)**: *Indicadores de Desempenho, Instrumentos à Produtividade Organizacional*, Rio de Janeiro, Qualitymark.

**Cerón Suchini, Rubén Alfredo (2005)**, con la investigación: *Disponibilidad, Confiabilidad y Productividad de Unidades Generadoras*, elaborada para optar el Título de Ingeniero Electricista en la Universidad de San Carlos de Guatemala

**Crespi, Gustavo, et al, (editores) (2014)**: *Como Repensar el Desarrollo Productivo: Políticas e Instituciones Sólidas para la Transformación Económica*, Washington, Banco Interamericano de Desarrollo.

**Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional- COES-SINAC (2014)**, [On-line], disponible en <http://www.fhttp://www.coes.org.pe>.

**Corporación FONAFE (2014)**, [OnLine], disponible en: <http://www.fonafe.gob.pe>.

**Cruelles José Agustín (2013)**: *Productividad e Incentivos: Como Hacer que los Tiempos de Fabricación se Cumplan*, Alfa Omega Grupo Editor, México.

**Cuatrecasas, Lluís y Torreli, Francesca (2010)**: *TPM en un entorno Lean Management*, Profit Editorial, Barcelona.

**Dammert, A, Molinelli, F y Carbajal, M (2011)**. *Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano*, Lima, OSINERMIN

**García Lamadrid, W. (1994)**, con el Informe Descriptivo: Productividad, Fundamentos y Medición, elaborado para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, en la Universidad Nacional de Piura.

**Hohmann, Christian (2009)**: *Techniques de Productivité*, Editions d Organisation, Paris

**Kanawaty, O (publicado bajo la dirección de) (1996)**: *Introducción al Estudio del Trabajo*, Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición (revisada).

**Kurosawa, K (1983):** *Medición y Análisis de la Productividad a Nivel de Empresa*, Caracas, Comisión Venezolana para la Productividad-COVEP.

**Moller Sánchez, Sergio Eduardo (2011),** con la investigación: *Propuesta de un Método de Evaluación para la Empresa Eléctrica Municipal de Gualan, Zacapa, por Medio de Índices de Desempeño*, elaborada para optar el Título de Ingeniero Industrial en la Universidad de San Carlos de Guatemala,

**Nakajima, Seiichi (1991):** *Introducción al TPM*, Tecnologías de Gerencia y Producción S.A., España.

**Pagés, Carmen (editora) (2010):** *La Era de la Productividad: Cómo Transformar las Economías desde sus Cimientos*, Washington, Banco Interamericano de Desarrollo.

**Pistarelli, Alejandro (2013):** *Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización*, El autor, Buenos Aires.

**Rosa, Eurycibiades Barra (2006),** con la investigación: *Indicadores de Desempenho e Sistema ABC: O Uso de Indicadores para uma Gestão Eficaz do Custelo e das Atividades de Manutenção*, Tesis elaborada para optar el Título de Doctor en Ingeniería en la Universidad de Sao Paulo, Brasil,

**Slack, Nigel (1993):** *La Ventaja Manufacturera, como desarrollar operaciones de manufactura competitivas*, Panorama Editorial S.A., Mexico,D.F.

**Sumanth, David J. (1993):** *Ingeniería y Administración de la Productividad*, Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A., Estado de México.

**Theran Brochero, Carolina María (2008),** con la investigación: *Diseño de un Modelo para la Medición y Administración de la Productividad Total Aplicado a una Empresa de la Ciudad de Barranquilla*, elaborada para optar el Grado Académico de Maestría en Ingeniería Industrial en la Fundación Universidad del Norte de Colombia.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: “LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA EVALUACION DEL DESEMPEÑO DE UNA EMPRESA DE GENERACION HIDROELECTRICA”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES		METODOLOGÍA
			VARIABLE	INDICADOR	
<b>Problema Principal</b>	<b>Objetivo Principal</b>	<b>Hipótesis Principal</b>	<b>V1: Medición de la Productividad</b>	<p>X1: Potencia Media La potencia media, se mide en Megawatios (MW) y se obtiene dividiendo la producción real del mes(MWh) entre las horas totales disponible del mes (número de días del mes x 24 horas)</p> <p>X2X22 Eficiencia Global del Equipo: Es el resultado de multiplicar las tres razones de: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.</p> <p>X3: Productividad Total del Equipo La Productividad Total del Equipo es el producto del Grado de Utilización de los activos (GU) por la Eficacia Global de Equipo (EGE)</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Descriptivo Explicativo</p> <p><b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b> Estudio de Caso</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> La población está constituida por todos los periodos de generación hidroeléctrica desde la fecha de entrada en operación hasta la fecha de la culminación de la investigación. La muestra escogida se circunscribe al periodo de producción de enero de 2014 a setiembre de 2016.</p> <p><b>TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS</b> Se utilizaron dos técnicas: La técnica de Análisis Documental y la técnica de la Observación de Campo.</p> <p><b>MARCO TEORCO A UTILIZARSE:</b> Los modelos de medición de productividad: Modelo Estructural de Kurosawa, OEE: Calculo de la Productividad en Trabajos con Maquinas y, Maximización de la Efectividad del Equipo no son excluyentes y son complementarios.</p>
<b>Problemas secundarios</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Secundarias</b>			
¿En qué medida la medición de la potencia media influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica?	Determinar la influencia de la medición de la potencia media en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica	La medición de la potencia media influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.			
¿En qué medida la medición de la Eficiencia Global del Equipo influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica?	Determinar la influencia de la medición de la eficiencia global del equipo en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.	La medición del índice de eficiencia global del equipo influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica			
¿En qué medida la medición de la productividad total del equipo influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica?	Determinar la influencia de la medición de la productividad total del equipo en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica.	La medición de la productividad total del equipo influye en la evaluación del desempeño de una empresa de generación hidroeléctrica	<b>V2: Evaluación del Desempeño</b>	<p>Y1: Costo Unitario El Costo Unitario es el resultado de dividir el Costo de Ventas Mensual (S/) entre la Producción del Mes (MWh)</p>	

## **ANEXO 2**

### **BASE TEÓRICA DEL ANALISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE**

#### **1. DEFINICIONES GENERALES EN MODELOS DE REGRESION LINEAL MÚLTIPLE**

##### **REGRESIÓN**

El término regresión tiene su origen cuando el inglés Francis Galton se dio la molestia de comparar las estaturas de los padres con las de sus hijos. Descubrió que tanto los padres excepcionalmente bajos como los excepcionalmente altos, tiene hijos cuyas estaturas tienden hacia el promedio y concluyó que los hijos “regresan” o retroceden al promedio y así originándose el término regresión. En la actualidad regresión significa la descripción de la naturaleza de la relación entre dos o más variables.

##### **ANALISIS DE REGRESIÓN.**

El Análisis de Regresión es la descripción de la naturaleza de la relación entre dos o más variables. También se refiere al problema de describir o estimar el valor de una variable llamada variable dependiente por medio de otra u otras variables llamadas variables independientes.

Veamos a continuación algunas definiciones importantes en el Análisis de Regresión

**Un Modelo de Regresión Lineal** es aquella relación funcional que representa la relación lineal entre las variables independientes  $X$  y la variable dependiente  $Y$ .

**Un Modelo de Regresión Lineal Simple** es aquel modelo de regresión lineal que consta de una sola variable independiente. Es de la forma:  $Y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$

**Un Modelo de Regresión Lineal Múltiple** es aquel modelo de regresión lineal que consta de dos o más variables independiente o variables exploratorias.

Es de la forma:

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

Donde

“ $Y$ ” es la variable dependiente

“ $X_1, X_2, \dots, X_k$ ” son las variables independientes o exploratorias

“ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ ” son los coeficientes de regresión llamados parámetros del modelo de regresión

“ $\epsilon$ ” es el error aleatorio o disturbio

**Un Modelo de Regresión Lineal Poblacional** denotamos por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \epsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N$$

donde

“ $N$ ” es el tamaño de la población

**Un Modelo de Regresión Lineal Muestral** denotamos por:

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{i1} + \hat{\beta}_2 X_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k X_{ik} + e_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

donde

$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$  son los estimadores de los coeficientes de regresión  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  respectivamente;

$n$  es el tamaño de la muestra

$e_i$  es el error residual dado como:

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i = Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{i1} - \dots - \hat{\beta}_k X_{ik}$$

**El Coeficiente de Correlación Múltiple** es la medida de la fuerza de asociación entre la variable dependiente y dos o más variables independientes

**El Coeficiente de Determinación Múltiple** es la proporción (porcentaje) de la variación total en la variable dependiente "Y" que se explica por medio del conjunto de variables independientes del modelo. Se denota por  $R^2$ , donde  $0 < R^2 < 1$ .

## 2. NOTACIÓN MATRICIAL DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Sea el modelo

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (*)$$

Entonces (\*) se puede expresar como.

$$Y = X \beta + \varepsilon,$$

Es decir

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1k} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

donde

$Y$ : es el vector de la variable dependiente de  $n \times 1$

$X$ : es la matriz de las variables independientes de  $n \times (k + 1)$

$\beta$ : es un vector de parámetros de  $(k + 1) \times 1$

$\varepsilon$ : es el vector del error aleatorio de  $n \times 1$

$n$ : es el número total de observaciones en la muestra

$k$ : es el número de variables independientes

**Observaciones:**

$X^T$ : Denota la transpuesta de la matriz  $X$

$X^T X$  : Es la multiplicación de las matrices  $X^T$  por  $X$

$(X^T X)^{-1}$  : Es la matriz inversa de la matriz  $X^T X$

### 3. ESTIMACIÓN DE LOS PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL CON COEFICIENTES CONSTANTES (RCC)

#### 3.1 ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS (MCO)

Sea el modelo poblacional:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

y el modelo muestral

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{i1} + \hat{\beta}_2 X_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k X_{ik} + e_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\text{Entonces } Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{i1} + \hat{\beta}_2 X_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k X_{ik}$$

Luego expresamos en forma matricial como:  $X^T X \hat{\beta} = X^T Y$

$$\boxed{\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y} \quad \text{Entonces}$$

#### 3.2 PRUEBAS DE HIPÓTESIS EN REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Sea el modelo poblacional:  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$ ,

Entonces

El modelo muestral es:  $Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \dots + \hat{\beta}_k X_k + e$

#### 3.3. CÁLCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS

Teníamos que:  $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$

Si denotamos

$$SCT : \text{Suma de Cuadrados Totales} \quad \Rightarrow \quad SCT = Y^T Y$$

$$SCR : \text{Suma de Cuadrados de Regresión} \quad \Rightarrow \quad SCR = \hat{\beta}^T X^T Y$$

$$SCE : \text{Suma de Cuadrados del Error} \quad \Rightarrow \quad SCE = Y^T Y - \hat{\beta}^T X^T Y$$

$$SCTm : \text{Suma de Cuad. Totales corregida para la media} \quad \Rightarrow \quad SCTm = Y^T Y - n\bar{Y}^2$$

$$SCRm : \text{Suma de Cuad. de Reg. corregida para la media} \quad \Rightarrow \quad SCRm = \hat{\beta}^T X^T Y - n\bar{Y}^2$$

Observación:

$$SCE = SCT - SCR, \quad Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

### 3.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS DEL MODELO LINEAL GENERAL

- Hipótesis:

$$\begin{cases} H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0 \\ H_1 : \text{al menos un } \beta_i \neq 0, \quad i = 0, 1, 2, \dots, k \end{cases}$$

Donde

$H_0$  es la hipótesis nula

$H_1$  es la hipótesis alternativa

- Tabla del Análisis de Varianza (ANVA) del modelo Lineal general

Tabla 12

TABLA ANVA DEL MODELO GENERAL

F. V.	g.l.	S. C.	C. M.	F
REGRESIÓN	$r$	$SCR$	$CMR = \frac{SCR}{r}$	$F = \frac{CMR}{CME}$
ERROR RESIDUAL	$n - r$	$SCE$	$CME = \frac{SCE}{n - r}$	
TOTALES	$n$	$SCT$		

- Estadístico

$$F = \frac{CMR}{CME} = \frac{SCR/r}{SCE/(n-r)}$$

- Decisión

Si  $F = \frac{CMR}{CME} > F(\alpha, r, n-r)$  Se rechaza  $H_0$  o no hay razones suficientes para decir que

los  $\beta_i$  son iguales a cero (0)

Observación:

Se denotan

$CM$  : Cuadrados Medios,  $g.l.$  : grados de libertad,  $r = k + 1$

$F.V.$  : Fuente de variación,

" $\alpha$ " : nivel de significancia que puede ser por ejemplo **0.05** ó **0.01**

$F(\alpha, r, n-r)$  es el valor tabular de la distribución Fisher con  $(r, n-r)$  grados de libertad y un nivel de significancia igual a  $\alpha$ .

### 3.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS DEL MODELO LINEAL AJUSTADO A LA MEDIA

- Hipótesis:

$$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0 \\ H_1: \text{al menos un } \beta_i \neq 0, \quad i = 1, 2, \dots, k \end{cases}$$

- Tabla del Análisis de Varianza (ANVA) del modelo ajustado a la media

---

TABLA ANVA DEL MODELO LINEAL AJUSTADO A LA MEDIA

F. V.	gal.	S. C.	C. M.	F
REGRESIÓN AJUSTADO A LA MEDIA	$r - 1$	$SCRm$	$CMRm = \frac{SCRm}{r - 1}$	$F = \frac{CMRm}{CME}$
ERROR RESIDUAL	$n - r$	$SCE$	$CME = \frac{SCE}{n - r}$	
TOTALES	$n - 1$	$SCTm$		

- Estadístico

$$F = \frac{CMRm}{CME} = \frac{SCRm / (r - 1)}{SCE / (n - r)}$$

- Decisión:

Si  $F = \frac{CMRm}{CME} > F(\alpha, r - 1, n - r)$  Se rechaza  $H_0$  o no hay razones

suficientes para decir que los  $\beta_i$  son iguales a cero (0)

Donde

$F(\alpha, r - 1, n - r)$  es el valor tabular de la distribución Fisher.

### 3.6 PRUEBA DE HIPÓTESIS INDIVIDUALES DE LOS COEFICIENTES

- Hipótesis:

$$\begin{cases} H_0: \beta_j = 0 \\ H_1: \beta_j \neq 0 \end{cases}$$

Para cada  $j = 0, 1, 2, \dots, k$

- Estadístico

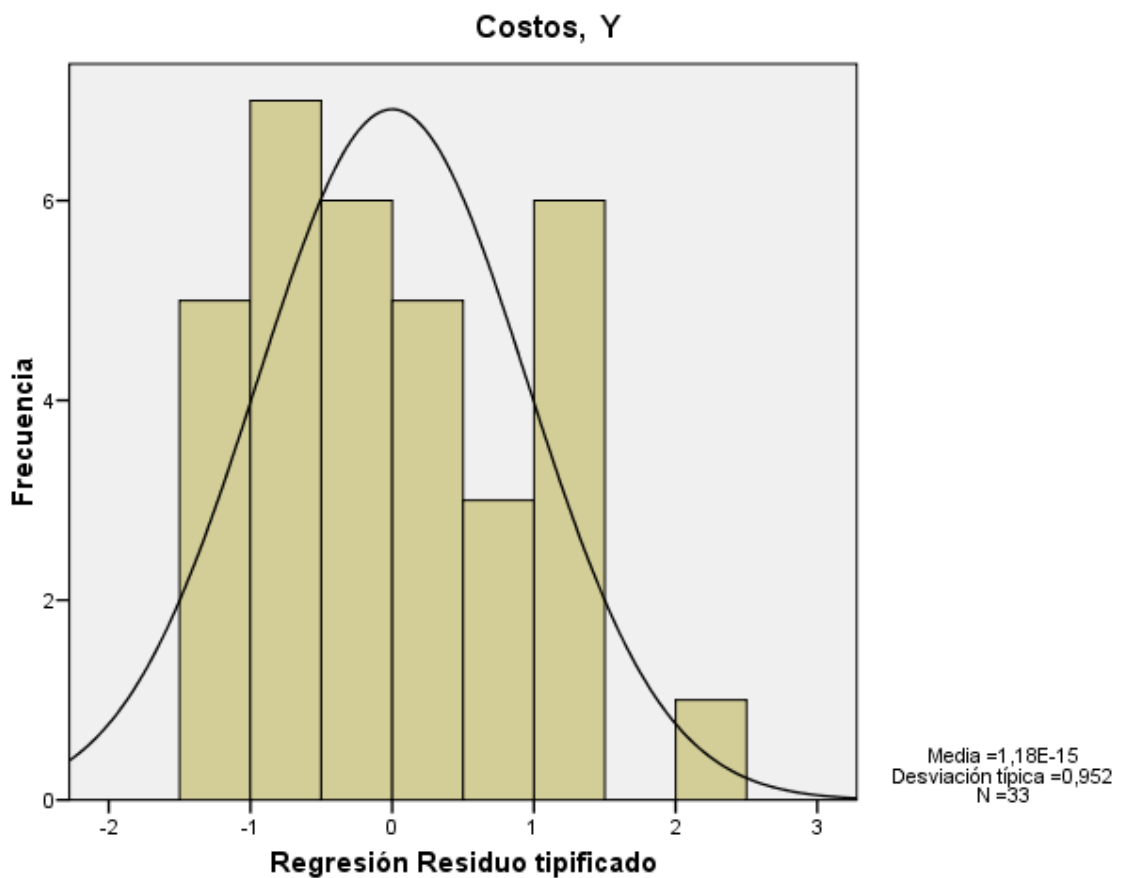
$$t_0 = \frac{\beta_j}{\sqrt{\sigma^2 \cdot C_{jj}}}$$

donde  $\beta_j$  es el  $j$ -ésimo coeficiente de regresión estimado,  $C_{jj}$  y  $\sigma^2$  son lo mismo como se explicó en la sección 2.3 .

•Decisión:

$|t_0| > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-r\right)}$  se rechaza  $H_0$  .

Donde  $t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-r\right)}$  es el valor tabular de la distribución  $t$  - *student* como se explicó en la sección 2.3. y  $r = k + 1$ .



## **ANEXO 3**

### **LEVANTAMIENTO DE DATOS DE PRODUCCION**

43 SERIES TEMPORALES PARA ANALISIS												
INDICADORES DE DESEMPEÑO												
Periodo	DISPONIBILIDAD MENSUAL	EFICIENCIA RENDIMIENTO MENSUAL	CALIDAD MENSUAL	INDICE DE EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS OEE MENSUAL	PORCENTAJE MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENSUAL	PRODUCTIVIDAD REAL MENSUAL	PRODUCTIVIDAD EFECTIVA MENSUAL	PRODUCTIVIDAD INSTALADA MENSUAL	POTENCIA MEDIA MENSUAL	FACTOR DE PLANTA MENSUAL	PRODUCCION MENSUAL	Productividad Total Equipo
	TIEMPO DE OPERACION / TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE OPERACION NETO / TIEMPO DE OPERACION	TIEMPO VALIDO DE OPERACION / TIEMPO DE OPERACION NETO	TIEMPO VALIDO DE OPERACION / TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO EJECUTADO / TIEMPO TOTAL	PRODUCCION REAL / TIEMPO DE CARGA	POTENCIA EFECTIVA X TIEMPO DE OPERACION	POTENCIA INSTALADA X TIEMPO DE OPERACION	PRODUCCION REAL/HORAS TOTALES	POTENCIA MEDIA/POTENCIA EFECTIVA		GU X OEE
ene-14	99.13	95.45	100.00	94.65	10.63	92.04	97.20	104.55	77.46	80.34	576,280	80.20
feb-14	100.00	95.37	100.00	95.37	10.98	85.21	97.20	104.55	81.94	84.94	550,651	89.33
mar-14	93.71	88.70	100.00	85.89	29.76	77.37	97.20	104.55	55.51	57.42	412,979	56.53
abr-14	99.81	94.24	100.00	94.06	11.05	85.26	97.20	104.55	80.82	83.76	581,887	83.91
may-14	95.30	92.05	100.00	87.66	3.27	77.84	97.20	104.55	81.08	83.45	603,244	76.86
jun-14	95.68	91.72	100.00	87.86	10.29	83.17	97.20	104.55	77.21	78.18	555,877	72.81
jul-14	98.38	90.67	100.00	89.10	7.47	80.67	97.20	104.55	81.00	82.47	602,654	81.71
ago-14	99.93	91.24	100.00	91.17	4.90	83.04	97.20	104.55	83.77	85.96	623,230	85.17
sep-14	99.83	91.33	100.00	91.15	0.88	80.59	97.20	104.55	87.09	90.29	627,039	90.45
oct-14	99.72	92.10	100.00	91.82	1.96	81.99	97.20	104.55	87.04	90.11	647,560	89.91
nov-14	99.95	90.69	100.00	90.65	1.14	80.55	97.20	104.55	85.96	89.13	618,924	89.86
dic-14	100.00	89.72	100.00	89.72	0.26	78.83	97.20	104.55	85.74	88.83	637,913	89.30
ene-15	99.91	90.82	100.00	90.75	1.94	81.11	97.20	104.55	85.81	89.00	638,397	89.90
feb-15	99.98	90.27	100.00	90.25	3.88	79.58	97.20	104.55	85.86	89.05	576,967	89.66
mar-15	100.00	90.06	100.00	90.06	33.57	83.06	97.20	104.55	54.89	56.65	408,376	57.05
abr-15	99.32	91.25	100.00	90.59	2.25	80.37	97.20	104.55	85.55	88.51	615,945	87.80
may-15	99.77	91.82	100.00	91.60	2.01	81.80	97.20	104.55	85.11	87.96	633,197	89.03
jun-15	96.16	91.51	100.00	87.78	4.44	78.62	97.20	104.55	80.71	83.59	581,103	82.62
jul-15	99.84	91.67	100.00	91.52	1.38	80.51	97.20	104.55	86.35	89.56	642,414	90.16
ago-15	98.96	92.62	100.00	91.61	7.19	83.28	97.20	104.55	82.54	85.07	614,083	85.36
sep-15	99.98	91.89	100.00	91.88	1.45	81.58	97.20	104.55	87.31	90.64	628,612	91.02
oct-15	99.56	85.46	100.00	85.08	1.48	75.03	97.20	104.55	79.94	82.89	594,735	85.23
nov-15	99.98	92.34	100.00	92.33	3.93	78.89	97.20	104.55	84.58	87.76	609,000	88.74
dic-15	98.77	90.60	100.00	89.40	2.29	82.88	97.20	104.55	84.28	87.02	627,039	87.41
ene-16	99.83	91.22	100.00	91.06	3.35	80.34	97.20	104.55	84.38	87.57	627,803	88.05
feb-16	99.81	91.41	100.00	91.24	2.23	80.82	97.20	104.55	85.71	88.95	596,518	89.65
mar-16	98.71	91.63	100.00	90.38	1.09	80.21	97.20	104.55	86.32	89.56	642,203	90.85
abr-16	99.97	90.86	100.00	90.83	1.32	80.73	97.20	104.55	86.99	90.33	626,307	90.90
may-16	99.85	79.75	100.00	79.64	2.52	69.63	97.20	104.55	72.77	75.47	541,415	78.16
jun-16	98.90	82.84	100.00	81.75	3.32	72.00	97.20	104.55	75.28	78.05	542,016	80.13
jul-16	99.92	84.67	100.00	84.60	3.50	73.07	97.20	104.55	76.49	79.17	569,053	79.49
ago-16	99.79	78.73	100.00	78.55	1.05	68.88	97.20	104.55	73.83	76.68	549,264	78.10
sep-16	89.74	74.48	100.00	74.27	10.70	64.30	97.20	104.55	69.40	72.03	499,657	74.28
<b>Media General</b>	98.79	89.67	100.00	88.92	5.68	79.49	97.20	104.55	80.57	83.34		