

Mejoramiento de la Productividad de un Taller Mecánico de Reparación de Motores de Combustión Interna utilizando Herramientas de Mejora Continua

*L. Alejandro

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción Industrial

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus "Gustavo Galindo Velasco" La prosperina Km 30,5 vía perimetral, Guayaquil, Ecuador.

*gapmp3@hotmail.com

Resumen

La empresa denominada Talleres R.G.M. está dedicada al servicio de reparación de motores de maquinarias y tenía grandes problemas debido a que sus tiempos de reparación eran elevados, oscilaban entre uno y dos meses, debido a que no existía una rápida respuesta en la aprobación de los presupuestos, además la falta de un programa de mantenimiento de los equipos del taller producía paros no planeados de los mismos, lo que influye directamente en la productividad. En este estudio se muestra con implantación de tiempos y procesos óptimos de operación, implementación de formatos de mantenimiento autónomo de los equipos utilizados y la capacitación adecuada del personal, se logra cambios importantes en la productividad de esta Compañía, consiguiendo disminuir sus índices de tiempos de reparación a una semana, a la vez bajar los precios de venta en servicio y mayor participación en el mercado. Por otra parte disminuyó el tiempo de indisponibilidad de los equipos gracias al control realizado en formatos de mantenimiento y sus respectivas auditorías, se reestructuraron los procesos, notándose un orden en la reparación y una concientización a nivel general en la compañía. Además se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el estudio.

Palabras Claves: *Mantenimiento Autónomo, Presupuesto, Productividad, Auditorías.*

Abstract

The company called R.G.M. Workshops is dedicated to the repair of machinery and engines had big problems because their repair times were high, ranging between one and two months, because there was a quick response in approving budgets, and lack of maintenance program of the workshop teams unplanned stoppages produced thereof, which directly affects productivity. This study shows implementation times and optimal operating processes, implementation of autonomous maintenance formats used equipment and adequate training of personnel, is achieved major changes in the productivity of the company, getting lower their rates times repair to a week, while lower sales prices and higher service market share. Moreover decreased downtime due to equipment control study in maintenance formats and their respective audits, processes were restructured, noticing the repair order and a general awareness at the company. In addition we present the conclusions and recommendations from the study.

Keywords: *Autonomous Maintenance, Budget, Productivity, Audit.*

1. Introducción

En el Taller R.G.M. se identificó que muchos de los problemas se debían a factores humanos, los mismos que influían negativamente en la productividad de la Compañía, tales como la falta de control en los procesos de reparación, desorganización en los procedimientos, funciones que no estaban claramente establecidas y la falta de programas de mantenimiento de los equipos utilizados en la reparación de los motores, todas estas situaciones se reflejaban en la disminución de la productividad. La empresa contaba con una gran infraestructura tanto en instalaciones, como en

equipo especializado para poder desarrollar eficientemente sus funciones y teniendo además todo el apoyo de los mandos superiores, a pesar de estos factores positivos, no se contaba con documentación actualizada, ni una base de datos para stock de repuestos como en información técnica, razones por las cuales la empresa no encontraba el camino que le permita satisfacer las necesidades principales de los clientes en los servicios que prestaba lo que provocaba quejas y lo más grave que muchos de ellos reparen sus

Cronograma de Capacitación 2011	S e p t e m b r e												Recursos	Observaciones	Operador Mecánico	Duración (h)	Costo (\$)
	J	A	S	e	p	t	e	m	b	r	e						
Cursos	CAPACITACIÓN GENERAL NIVEL II																
Reparador de Componentes de un motor	x													Centro de Capacitación Monte Piedra	CC y FM	40	420
Reparador de Componentes de sistema de inyección		x												Laboratorio de Inyección Flávio Moreira	KR y JR	40	380
Reparador de componentes Sistema hidráulico			x											Centro de Capacitación Monte Piedra	CC y FM	40	275
															KR y JR	40	275
Costo Total de la Capacitación (USD)																	2150

Figura 4. Capacitación Mecánica General Nivel II

Una vez que el operador ha tomado los diferentes cursos propuestos donde adquieren conocimientos sobre lo que significa y la contribución que realiza el mantenimiento autónomo en las empresas, se decide implementar tablas donde se puede aplicar lo aprendido en los cursos y mejorar la situación de la empresa. A continuación se muestra la metodología utilizada para la creación de las tablas mencionadas:

Paso	Puntos a enfatizar
1. Realizar limpieza inicial	Los empleados aprenden gradualmente que la <i>limpieza es inspección</i> y los resultados van más allá de tener el equipo brillante.
2. Atender causas de equipo sucio	Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para continuar trabajando en equipos pequeños
3. Mejorar áreas difíciles de limpiar	Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para continuar trabajando en equipos pequeños
4. Estandarizar actividades de mantenimiento	Emitiendo y revisando los procedimientos estándar, los operadores comprenden que así como la gente que mantiene el equipo, deben tomar, implementar y promover sus propias decisiones de mantenimiento.
5. Desarrollar actividades de inspección generales	Los operadores aprenden los puntos vitales de su equipo por medio de estudio e instrucción, mejoran sus habilidades por medio de la práctica, y confirman su nivel de logro por medio de pruebas.
6. Realizar inspección autónoma	Los miembros del equipo prueban su comprensión y adherencia a puntos de inspección importantes
7. Organizar y administrar el lugar de trabajo	Este paso refuerza la estandarización de reglamentaciones y controles, mejora de estándares, y uso de controles visuales para facilitar la administración del mantenimiento.
8. Motivar la administración autónoma	Las actividades del operador se monitorean para que sean consistentes con las metas de la organización.

Figura 5. Desarrollo del Mantenimiento Autónomo paso a paso

Luego de establecer los puntos a desarrollar obtenemos las siguientes tablas:

Como se observa en la tabla 1, el formato consiste en el control de inspección y limpieza, el mismo contribuye en realizar inspecciones visuales periódicas al equipo que va a ser utilizado de tal forma que se garantice su correcta utilización, y minimizando los riesgos de accidentes o de posibles fallas de la maquina y producir paros no planeados.

Tabla 1. Control de Inspección y Limpieza

Taller R.G.M.																	
Semana del del 2012 CONTROL DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA No.																	
Sección	Máquina	Limpieza	Verificar nivel de aceite del depósito	Verificar temperatura del aceite	Cables de resistencias	Cables de herméticos	Puntas y Cuartas de Seguridad	Pernos de Anclaje	Interferencia Mecánica con cables y pernos	Seguridades eléctricas	Componentes del sistema expulsor.	Mangueras	Alarma indicadora de filtro sucio	Presiones	Revisar temperatura del Líquido	Chequeo motor bomba hidráulica	
																	Día
Control de Inspección y Limpieza	Lunes	1er.															
		2do.															
	Martes	1er.															
		2do.															
	Miércoles	1er.															
		2do.															
	Jueves	1er.															
		2do.															
	Viernes	1er.															
		2do.															
	Sábado	1er.															
		2do.															
	Domingo	1er.															
		2do.															
A1: Ok (visto)			B1: Requiere Lubricación			C1: Fuga de aceite			D1: Temperatura alta			E1: Flojo					
A2: Vibración excesiva			B2: Requiere ajuste			C2: Fuga de agua			D2: Temperatura baja			E2: Roto					
A3: Ruido excesivo			B3: Requiere limpieza			C3: Fuga de aire			D3: Presión alta			E3: Desgastado					
A4: Ruido anormal			B4: Requiere cambio			C4: Fuga mecánica			D4: Presión baja			E4: Trizado					

Como se puede observar en la tabla 2, el presente formato es utilizado para realizar las tareas de lubricación y engrase según lo que manifiesta el manual de operación y mantenimiento del fabricante. Este documento nos sirve como registro de las actividades mencionadas, además de llevar un control y seguimiento de las averías que pueden suscitarse en caso de no realizar las tareas de lubricación y engrase. [1]

Tabla 2. Control de Lubricación y Engrase

Taller R.G.M.																	
Semana del del 2012 CONTROL DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE No.																	
Sección	Máquina	Lubricación	Diario	Semanal	Mensual	Bimestral o 1000 h	Trimestral o 1500 h	Semestral o 3000 h	Anual o 6000 h	Lubricación	Engrase	Lubricación	Engrase	Lubricación	Engrase	Lubricación	
																	Día
Control de Lubricación y Engrase	Lunes	1er.															
		2do.															
	Martes	1er.															
		2do.															
	Miércoles	1er.															
		2do.															
	Jueves	1er.															
		2do.															
	Viernes	1er.															
		2do.															
	Sábado	1er.															
		2do.															
	Domingo	1er.															
		2do.															
A1: Ok			B1: Lubricante degradado			C1: Temperatura alta			D1: Presenta fuga								
A2: Nivel Bajo			B2: Necesita cambio			C2: Temperatura baja			D2: Humedecimiento.								
A3: No marca nivel			B3: Necesita limpieza			C3:			D3:								
A4:			B4: Reacondicionamiento			C4:			D4:								

combustión interna en su totalidad se implementó tablas de presupuesto con tarifa fija, es decir una entrega inmediata del presupuesto de reparación con la finalidad de agilizar su proceso de aprobación. Para llegar a obtener un presupuesto fijo de reparación, fue necesario primero determinar los tiempos óptimos de reparación y de procesos; para lo cual se emplearon los métodos de cronometraje y métodos estadísticos. A continuación se indica los pasos seguidos en la obtención de los tiempos:

- Se toman cinco tiempos para cada operación.
- Para cada operación se determina mediante estadística la cantidad de muestras que debían tomarse para considerar un promedio óptimo, tomando en cuenta un margen de error del 10%.
- Se procede a tomar la cantidad de lecturas necesarias.
- Se obtiene los tiempos promedios de cada operación.

Utilizando este método se procede a determinar los tiempos óptimos de reparación de cada operación que constituye el proceso de reparación en el taller y también se consideran los tiempos administrativos, los cuales se resumen en la Tabla 7 y Tabla 8:

Tabla 7. Actividades realizadas exclusivamente por los mecánicos.

PROCESOS	TIEMPO (h)					
	tf4	tf6	ts4	ts6	t2	t3
Reparación de %	52	51,56	51,78	49,89	42,44	53,81
Reparación de Blagua	2,5	3,11	3,11	2,94	2,64	3,28
Reparación de Blaceite	3	2,89	3,17	3,17	2,47	2,94
Reparación de B/inyección	10	8,56	9,28	8,72	8,78	8,88
Reparación de B/transferencia	3,5	2,81	3,67	3,11	2,67	3,17
Reparación de turbo	4,5	4,00	5,00	3,89	3,50	3,67
Reparación de cabezote	12	10,17	11,86	10,11	9,90	10,22
Reparación de M/arranque	4	4,44	4,11	3,56	3,89	3,83
Reparación de alternador	4	3,56	3,78	3,67	3,78	3,96
Reparación de polea del vent.	4	3,00	3,56	3,22	3,22	3,46
Prueba en Dinamómetro	8	8,00	8,00	8,00	8,22	8,00
Prueba de inyectores	2,5	4,22	3,44	3,78	3,22	2,76
Prueba de B/inyección	4	3,89	3,78	4,00	3,67	4,17
Evaluación de pistones	3	3,00	2,56	2,17	2,52	2,99
Evaluación de bielas	3	3,44	2,89	2,56	2,99	3,21
TOTAL	120	116,64	119,97	112,78	103,91	118,34

Tabla 8. Tiempos Administrativos

PROCESO	TIEMPO (h)
Recepción	1,25
Limpieza exterior	1,50
Limpieza interior	3,50
Presupuesto	3
Embalaje	1
Entrega	2,5
TOTAL	12,75

Una vez obtenidos los tiempos óptimos de reparación, se prosiguió en determinar un listado principal de repuestos, Tabla 9, donde se asignó a cada uno un factor de uso el mismo que se determinó según la frecuencia de uso en las reparaciones, ejemplo, para un motor de seis cilindros que va a ser reparado antes de falla a unas 10,000 h de uso, se estiman cambiar en el $\frac{3}{4}$ los siguientes repuestos:

Tabla 9. Listado de Repuestos en reparación 3/4 antes de falla 10.000 horas

Item:	Medida:	Valor:
Camisas	6 x 100 x 50%	\$. 300
Pistones	6 x 150 x 50%	\$. 450
Rines	6 x 30 x 100%	\$. 180
Pines	6 x 50 x 10%	\$. 30
Bocines de biela	6 x 50 x 10%	\$ 60
Bocines de b/levas	7 x 15 x 100%	\$. 105
Chapas de biela	6 x 20 x 100%	\$. 120
Chapas de bancada	7 x 25 x 100%	\$. 175
Medias lunas	1 x 30 x 100%	\$. 30
TOTAL (USD)		\$ 1450

Como se observa en la Tabla 9 se encuentra la mayoría de repuestos para la reparación 3/4 del motor, los mismos que se detallaron con los precios para luego considerar estos valores en la elaboración del presupuesto fijo. Además se considera en la tabla 10 los repuestos necesarios para reparar los componentes del motor. [3]

Tabla 10. Costo de repuestos utilizados en la reparación de componentes.

Operación	Precio de Repuestos Utilizados en Reparación de Motores (USD)					
	tf4	tf6	ts4	ts6	t2	t3
Reparación de %	1450	1670	1750	1578	1620	1985
Reparación de B/agua	78	81	89	95	80	91
Reparación de B/aceite	110	108	98	125	112	109
Reparación de B/inyección	90	110	95	103	87	79
Reparación de B/transferencia	78	85	103	99	115	88
Reparación de turbo	435	376	450	278	365	415
Reparación de cabezote	325	360	375	318	298	312
Reparación de M/arranque	89	80	86	82	83	87
Reparación de alternador	90	91	89	110	120	90
Reparación de polea del vent.	30	28	20	31	20	25
Prueba de inyectores	600	650	700	540	610	680
Prueba de B/inyección	110	120	121	115	117	119
Total	3485	3759	3976	3474	3627	4080

Por lo tanto el presupuesto fijo para una reparación total de motor por modelos quedaría de la siguiente forma, Tabla 11:

Tabla 11. Presupuesto Fijo

Modelos	tf4	tf6	ts4	ts6	t2	t3
Costo de tiempo mano de obra (USD)	1800	1749,6	1799,55	1691,7	1558,65	1775,1
Presupuesto de Tarifa Fija (USD)	3485	3759	3976	3474	3627	4080
Total (USD)	5285	5508,6	5775,55	5165,7	5185,65	5855,1

3. Situación inicial vs. Situación Actual

Para comparar los resultados obtenidos con la situación en la que se encontraba la empresa se revisará los índices de productividad y el cálculo de las eficiencias en el desempeño de la rectificadora, midiendo el tiempo de paros no planeados por cualquier tipo de falla. Como se puede observar en la figura 6 existen trece operaciones importantes donde se deberían registrar mediante hojas de control, los datos más relevantes y observaciones que fueron apareciendo, lo cual no existía. [1]

A continuación se describe en resumen, las operaciones del proceso al inicio de la implementación, mediante un diagrama de procesos en la Figura 7.

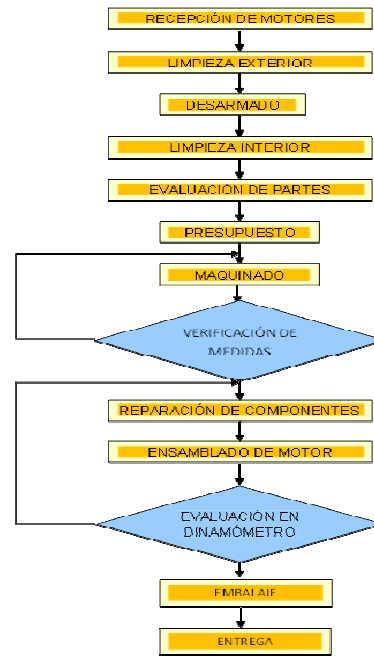


Figura 6. Diagrama de flujo de reparaciones de motores

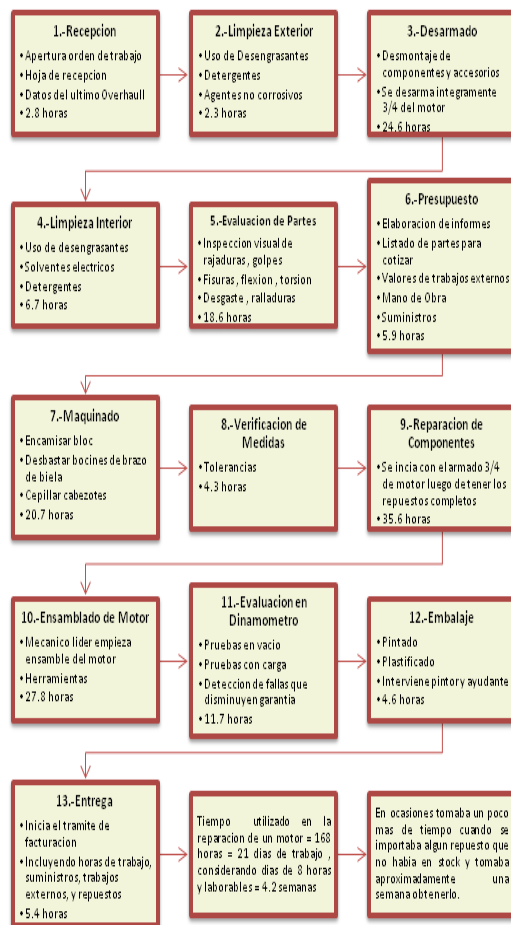


Figura 7. Diagrama de Procesos antes de la implementación del programa de mejora.

Como se puede observar en la Figura 7, cada proceso está indicado con sus respectivos tiempos promedios existentes en ese entonces. Uno de los procesos claves es la prueba del motor en el dinamómetro, gracias a esta prueba se puede detectar alguna falla en la reparación lo que disminuye considerablemente las probabilidades de una garantía, en esta parte del proceso interviene un mecánico quien se encarga de montar el motor en bases y acopla todas las mangueras como la de circulación de agua y la de combustible además los sensores necesarios que permitan medir temperaturas y presiones; luego el motor es encendido y probado en vacío y con carga para determinar la potencia del mismo, una vez tomado los datos y corregido cualquier falla se procede a desmontar para finalmente el equipo se traslade al área de embalaje y luego a ser entregado a su respectivo dueño. [1]

Luego de conocer el proceso de reparación y habiendo aplicado los métodos expuestos, la nueva configuración del procedimiento de reparación de un motor en el Taller R.G.M. queda de la siguiente manera, como se muestra en la Figura 8. Los tiempos de cada operación disminuyeron de forma significativa agilizando el proceso de reparación de un motor y aumentando la satisfacción del cliente, eliminando el cuello de botella que se producía en la elaboración del presupuesto para la reparación de un motor y disminuyendo el tiempo de paros no planeados en las máquinas herramientas.



Figura 8. Diagrama Analítico del Proceso

Como se observa en la Figura 8, el aumento de operaciones no repercute con respecto al proceso

debido a que esto se hizo para establecer un orden correcto de reparación y corregir la desorganización que existía en el proceso. Obteniendo un total de 125 horas, es decir una disminución de 46 horas con respecto al inicio del programa.

3.1 Resultados alcanzados: Índices de productividad

La productividad General del Taller R.G.M. era de 6,44 USD / h, antes de implementar el uso de los tiempos óptimos de reparación, los presupuestos fijos y mantenimiento autónomo. Una vez implementado los programas a partir del año 2.009 el Taller comenzó a incrementar una de las variables que afecta la productividad, sus ventas a nivel General, pasaron de \$101,434 USD a \$216,218 USD, del año 2.009 al 2.011, un incremento del 113% en ventas de Mano de obra y en los restantes años igualmente ha existido un incremento considerable en la producción. La venta de mano de obra a mediados del año 2010, empieza a incrementarse, conforme se implementa el programa de mejoramiento. [4]

La variable que afecta la productividad para el caso que se estudia, las horas trabajadas también se incrementaron, entre el 2009 y el 2010 hubo un incremento del 16%; este incremento no fue tan considerable como el obtenido en la producción, lo que asegura un incremento en el índice de productividad ya que se usaron menos horas de trabajo para obtener mayor producción.

Con los datos revisados tanto el de producción y el de las horas trabajadas, podemos obtener las productividades de los años posteriores a la implementación de los cambios, las mismas son mostradas en la Figura 9.

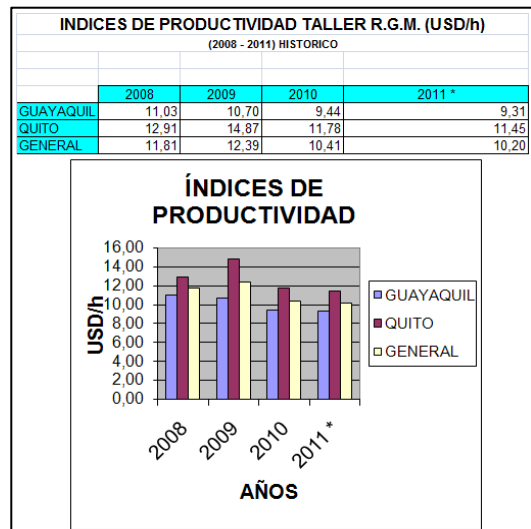


Figura 9. Índices de Productividad

Como se puede observar en la Figura 9, existe un incremento considerable de la productividad, tanto en el Taller de Guayaquil, Quito y a nivel General. A nivel General hubo un incremento de 83% en el índice de productividad en el primer año, en el segundo año de 92%, en el tercer año de 62% y en el último año tenemos un incremento ponderado de 58% y entre los dos talleres el de Quito fue el que más altos índices ha conseguido, llegando a tener hasta 14,87 USD / h. [5]

4. Conclusiones

- Se obtuvo el objetivo principal de aumentar el índice de productividad del Taller R.G.M. una vez que se hizo la implantación de los resultados del estudio de los tiempos y procesos de reparación; el índice de productividad a nivel General pasó de 6,44 USD/h a 11,81 USD/h, un incremento del 83%.
- Se obtuvo una disminución en los precios de mano de obra a nivel general, de un 28% aproximadamente, debido a que se obtuvo los tiempos correctos de cada proceso.
- Aumentó considerablemente las ventas en el Taller a partir de las implantaciones realizadas con respecto a los presupuesto fijos, la misma que aumentó a nivel General de \$101,434 USD registrados al final del año 2010 a \$216,218 USD registrados al final del año 2011, un incremento de 113% en venta
- Se capacitó al personal teórica y técnicamente lo cual complemento la implantación del mantenimiento autónomo ya que poseer el conocimiento adecuado, el mismo pudo ser plasmado en los formatos de control y de evaluación de capacidades, lo que se refleja directamente en el incremento de ventas del taller, disminuyendo los retrabajos.

5. Recomendaciones

- Aplicar nuevas tablas de venta que hagan más atractivo reparar en el Taller, de esta forma poder lograr incrementar tanto las ventas de las horas trabajadas a los clientes cobrables al estándar de Fábrica que es de 80%, ya que actualmente está en un 70% ; así como también nuestra participación dentro de nuestros clientes a lo recomendado que es de un 40% ya que actualmente estamos en 32%.

a. Para efectuar las actividades de revisión y reparación de las máquinas herramientas, deberá de analizarse el mejor momento para cada máquina, esto para no entorpecer las actividades productivas de la empresa en momentos innecesarios.

- Mantener un continuo entrenamiento a todo el personal como también un buen control en las evaluaciones para mantener las garantías del Taller dentro de lo recomendado por Fábrica, la cual debe ser menor a un 2.3% con relación a la venta de mano de obra y misceláneos.
- Existen procedimientos y tareas de mantenimiento, las cuales son imposibles de realizar por el personal de mantenimiento de la empresa, por lo que es aconsejable tener un apoyo extra de parte de los proveedores de la maquinaria, pues ellos se especializan en estas actividades específicas.

6. Agradecimientos

Un especial agradecimiento al Taller R.G.M. (Taller “Rectificadora Ingeniero Gabriel Mosquera”), de donde se obtuvo toda la información necesaria para realizar esta Tesis de Grado y la oportunidad de realizar las visitas periódicas a las zonas de muestreo. A los operadores por la colaboración brindada al compartir información sobre los problemas de falta de control y procedimientos a seguir en la reparación de los motores y en especial al Ing. Víctor Guadalupe por su valioso aporte.

7. Referencias

- [1] MARKS LIONEL, Manual del Ingeniero Mecánico, Mc GRAW-HILL, 2da. edición en español, 1993.
- [2] ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Miguel Núñez Botini.
- [3] La gestión de la productividad; PROKOPENKO Joseph; LIMUSA 133, 134, 142, 143, 145, 155, 156.
- [4] Ingeniería y administración de la productividad; SUMANTH David; Mc Graw Hill 26-28, 155-164, 254-258.
- [5] Medición Y Mejoramiento De La Productividad; ING. IGNACIO VALDIVIA MÉNDEZ