

# MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD CUMPLIENDO LA NORMA GUBERNAMENTAL EN OPERACIÓN DE LLENADO DE CILINDROS CON GLP.

Jáminton Abad<sup>1</sup>, Ignacio Wiesner Falconí<sup>2</sup>; Julián Peña<sup>3</sup>, Jorge Abad<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Egresado en Ingeniería Mecánica \_\_\_\_\_; Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción - Escuela Superior Politécnica del Litoral.

<sup>2</sup>Ingeniero Mecánico; Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción - Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1971, Postgrado México, UNAM - Politécnico de México, Investigador Visitante del CENIM – España y el IPT – Brasil, Profesor de ESPOL desde 1975 Campus Politécnico Prosperina Km. 30.5 Vía Perimetral-Guayaquil, Ecuador, [intramet@hotmail.com](mailto:intramet@hotmail.com)

<sup>3</sup>Ingeniero Mecánico;

<sup>4</sup>Ingeniero Mecánico;

## Resumen

*Luego de adquirir la empresa, la transnacional fijó políticas de cumplimiento con normativas legales ecuatorianas y corporativas, la más importante fue “El 2.5% de tolerancias máximas en el peso neto de GLP en el cilindro”, de lo contrario la imagen empresarial se vería seriamente comprometida por afectar la economía y seguridad de los usuarios, y por recibir multas económicas muy representativas por parte de organismo estatal.*

*Como acción inmediata se implementó la comprobación del peso en toda la producción, pero la productividad decreció críticamente. Cumplir con la norma y mejorar la productividad fue el motivo del presente trabajo de investigación.*

*Usando técnicas de análisis de problemas como diagramas de flujo, lluvia de ideas y diagramas causas-efecto, se identificó las causas raíz. Apoyados en las “hojas de registro” y en el análisis de “Pareto” se valorizaron y se priorizaron las causas, con lo cual se plantearon alternativas de solución como, montar carruseles con balanzas electrónicas, esto implicaba esperar de tres hasta cinco años para la aprobación del directorio corporativo, implicando que todo este tiempo nos mantengamos con baja productividad o con un gasto elevado en pagos de multas.*

*Las alternativas encontradas fueron a.-desarrollar e implantar procedimiento de Compensación de pesos en la operación de llenado; b.- reemplazar los dispositivos de corte de caudal de gas, del principio de aceite por el neumático. Los resultados de estas acciones fueron, el indicador de productividad “rendimiento en cilindros envasado por hora-hombre” mejoró de 27.0 cil/hr-hm a 30.5 cil/hr-hm; y b) el indicador económico “dólares por tonelada métrica envasada”, cambió desde \$4,3 a \$3,6.*

## Abstract

*Once acquired the facilities of the LPG company, the transnational company established politicians aligned to the normative ones legal of the country, the most important net weight in LPG in cylinder with maximum tolerance + / - 2.5%”; to be completed it implemented a total confirmation of the weight for each cylinder, this measure caused a reduction of the productivity.*

*Using technical of evaluation of problems, the causes root was identified, it was analyzed the possible solutions. The opposing alternatives were to develop and to implant procedure of Compensation of pesos in the operation of having filled, to replace the devices of court of flow of gas in good operation state and to maintain the same scales.*

*The results of these actions went to) the indicator of productivity yield in cylinders packed by hour-man improved from 27.0 cil /hr-hm to 30.5 cil /hr-hm; and b) the indicator economic dollars for packed metric ton", it changed from \$4,3 to \$3,6.*

## **Introducción**

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es un producto de consumo masivo; el estado Ecuatoriano lo subsidia en alrededor del 80% del costo total de comercialización.

Hace pocos años, empresas transnacionales iniciaron en la comercialización de los derivados del petróleo, mejorando los estándares de calidad en el servicio.

Al ser adquirida la empresa familiar gasera por una multinacional española, el sector del GLP recibió los efectos de la modernización. Debido al subsidio, nuestro estado regula todas las actividades, desde la recepción, almacenamiento, envasado hasta la entrega del GLP a los usuarios.

En u diagnóstico de cumplimiento de normas gubernamentales y corporativos, encontramos que las instalaciones y procesos incumplían. El principal objetivo de la transnacional fue cumplir las normativas gubernamentales, en especial con la tolerancia máxima del 2.5% del peso neto de GLP contenido en el cilindro, según Decreto Ejecutivo 2282 publicado en el registro oficial #508, el 4 de febrero de 2002.

Los incumplimientos afectaban la imagen de la empresa y generaban gastos elevados por pago de multas; para cumplir se implementó cuatro estaciones de repesado para comprobar el peso de todos los cilindros, pero la productividad se redujo, por el incremento de los costes en mano de obra, además se prolongó la jornada y se aumentó las probabilidades de accidentes laborales, lo peor nos expuso a perder participación de mercado.

Me correspondió como Jefe de Planta corregir las deficiencias en el menor tiempo posible y con pocos recursos económicos. Aunque no solo cumplí con el primer objetivo sino que también logré mejorar los índices de productividad que pasó a convertirse en objetivo principal del presente trabajo.

## **Diagnóstico Inicial de Planta**

La planta se encuentra en el Km 0.5 de la vía Bellavista-La Avanzada, provincia de El Oro. Su promedio mensual de envasado es 2660 TM GLP, es la segunda más importante de un total de cinco a nivel país. Actualmente abastece a toda la zona sur

del país, a las provincias de Loja, El Oro, Azuay, y Zamora Chinchipe. Las planta fueron adquiridas por la multinacional, sus procesos incumplían con norma gubernamental y corporativa "garantizar una tolerancia máxima de +/- 2.5% en el peso neto (PN) de GLP".

## **Sistema y Condiciones de Llenado**

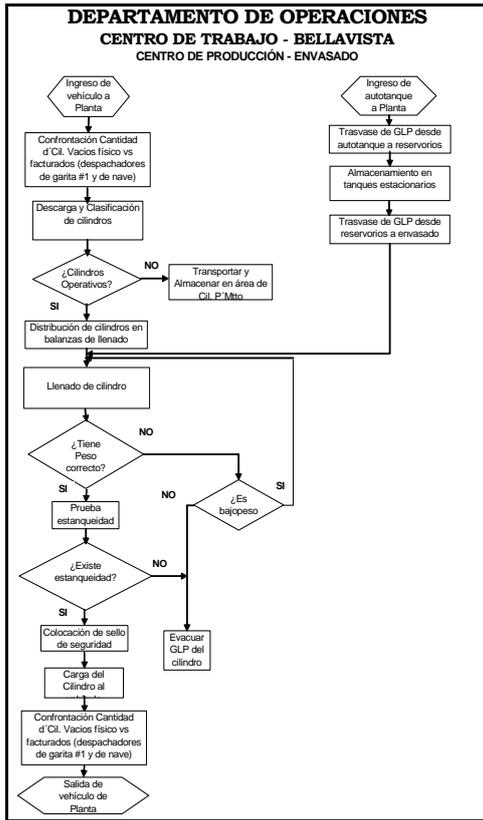
Se elaboró un diagrama de flujo de los procesos efectuados en planta (fig. 2). El proceso de llenado y de corte del flujo de GLP es completamente manual en la planta, los equipos utilizados son balanzas mecánicas tipo romanas (fig. 1.a y b).



**FIGURA 1.a** Dispositivo para corte de flujo de GLP.



**FIGURA 1.b** Balanza mecánica para llenado de cilindros.



**FIGURA 2.** Diagrama de flujo de proceso anterior.

La característica de calidad más importante es el peso neto (PN) de GLP por cilindro; se diseñó una “Hoja de registro para cuantificar el defecto - PN fuera de especificación” y se realizaron los correspondientes muestreos (fig. 3).

HOJA DE REGISTRO - CUANTIFICACIÓN DE DEFECTOS														
CENTRO DE TRABAJO BELLAVISTA				FECHA: _____				NOMBRE: _____						
ITEM	BALANZA #			BALANZA #			BALANZA #			DIFEREN- CIA	VA.			
	TARA DEL CILINDRO	RESIDUOS DE GLP	MARGEN DE ERROR	TARA DEL CILINDRO	RESIDUOS DE GLP	MARGEN DE ERROR	TARA DEL CILINDRO	RESIDUOS DE GLP	MARGEN DE ERROR					
RO	D	AS	US	O	D	AS	US	VA.	RO	D	AS	US	VA.	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
SUB-TOTAL	0	0	0	0	SUB-TOTAL	0	0	0	0	SUB-TOTAL	0	0	0	0
# DE DATOS	0	0	0	0	# DE DATOS	0	0	0	0	# DE DATOS	0	0	0	0
DIFERENCIA					DIFERENCIA					DIFERENCIA				
DATO PROMEDIO					DATO PROMEDIO					DATO PROMEDIO				

**FIGURA 3.** Hoja de Registro – Cuantificación de defectos.

La hoja de registro reflejó que alrededor del 49% de los cilindros envasados no cumplían con la normativa legal. La solución más efectiva sería automatizar el proceso de llenado, pero en cinco años el directorio receptaba proyectos de este tipo para las plantas de las periferias. Para cumplir inmediatamente bajo las condiciones actuales, se

implementó el proceso de repesado “comprobación del peso en los cilindros” (fig 4); según la normativa y los resultados del muestreo, debíamos verificar como mínimo el 94% de la producción; por lo que se instalaron cuatro estaciones de inspección (balanzas electrónicas) y se contrató cuatro obreros.



**FIGURA 4.** Una de las cuatro estaciones de repesado.

**Índices de Productividad**

El repesado generó un “cuello de botella”; mediante un estudio de tiempos se encontró un incremento del 28% en el tiempo total del proceso (fig. 5); generando inconformidad en los clientes y prolongación de las jornadas de trabajo a un promedio de 12hr/día en la semana.

ANÁLISIS DE TIEMPOS Y CÁLCULO DE RENDIMIENTOS POR ACTIVIDAD									
Centro de Trabajo: <u>Planta Bellavista</u>				Fecha: _____					
Centro de Producción: <u>Envasado</u>				Lider de Grupo: _____					
ITEM	ACTIVIDADES	#Lotes Producción	Tiempo Prom	F.P.C.I			Relación porcentual - tiempo Repesado/total	Observaciones	
				#	RO	RO			
1	Desplegar, Clasificar al en vehículos y transportar a las balanzas.	10	8,25	1	72,7	72,7	0,0137500	37%	
2	Envasar el gas	50	17,5	1	171,4	171,4	0,0089333	16%	
3	Transportar el llenado a envasado al área previa de repesado, y aproximar el al al repesador	30	7,5333	1	238,9	238,9	0,0041852	28% Actividad nueva	
4	Repesar cilindros	50	18,037	1	186,1	186,1	0,0032222		
5	Transportar el llenado aprobado desde el repesado, probar estanqueidad, colocar sellos, transportar al vehículo y vestir.	160	3,5	2	274,3	137,1	0,0072917	20%	
		Total Hrs/hombre por cada cilindro				0,020924			
		Rendimiento promedio en Cil/hr-hm				27,0			

**FIGURA 5.** Toma de tiempos en los procesos.

Se determinaron dos indicadores relacionados a la productividad de la planta. El primero corresponde al rendimiento y rapidez de proceso, el mismo que es obtenido como indica la formula siguiente:

$$R = \frac{\text{Kg GLP}}{\text{Hr} - \text{hm. trabajadas}}$$

Donde:

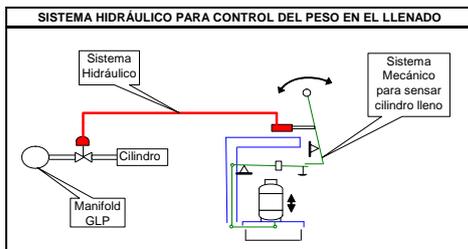
- R Rendimiento de producción
- Kg GLP Kilos de GLP envasados
- hr-hm Número de horas trabajadas por todo el personal del área productiva.

Del estudio de tiempos se encontró que el promedio del rendimiento productivo, incluyendo el nuevo proceso de repesado es 27 cil/hr-hm (ver fig. 6). El segundo indicador es el económico, costo mano de obra por tonelada envasada, en los meses en referencia fue de \$ 4.3 en MO/TM env.

RENDIMIENTO DEL PROCESO ENVASADO - ANTES (# CIL/HR-HM)		
	Apr-98	May-98
Nro OBREROS	22	22
TOTAL DIA/MES	30	31
DIAS NORMALES/MES	22	22
HR-HM NORMALES	3872	3872
HR-HM AL 50%	1450	1505
HR-HM AL 100%	1050	975
TOTAL HR-HM	6372	6352
HR PROM LAB/HM-DIA	11.14	10.69
PRODUCCIÓN (# CIL ENV)	170510	173120
RENDIMIENTO (# CIL/HR-HM)	26.8	27.3

**FIGURA 6.** Rendimiento cilindros envasados en una hora por hombre.

Los equipos utilizados en el proceso de llenado, además de tener alrededor de 10 años de servicio, corresponden a una tecnología completamente desactualizada.



**FIGURA 6.** Esquema del sistema hidráulico

En la figura 6 se muestra un esquema del funcionamiento del dispositivo para el corte del flujo de GLP, es un sistema cerrado que opera presurizando manualmente el aceite contenido en el mismo, esta compuesto de dos elementos, la válvula de corte por accionamiento hidráulico N/C (normalmente cerrada) y el sensor “cilindro-palanca de presurización manual”. Al levantar manualmente la palanca se presuriza el sistema, se abre la válvula permitiendo el paso del GLP al cilindro; cuando el cilindro tiene los 15Kg de GLP, la regleta de la báscula se eleva, toca la palanca, esta cae y alivia la presión del sistema, cortando inmediatamente el flujo de GLP.

Este sistema tiene un lento tiempo de respuesta en el corte del flujo del GLP, además debido al tiempo de servicio, presenta fugas constantes, incidiendo directamente en el peso de GLP envasado en el cilindro.

La balanza de llenado (fig. 1.b) son del tipo romanas, permiten controlar una cantidad determinada de GLP al llenar los cilindros, su calibración es manual y fija, independiente de la tara de los cilindros, se mantiene invariable dicha calibración; el peso del cilindro se transmite a la regleta, a través de un sin número de cuchillas y sus asientos, los mismos que generan rozamientos entre

ellos, afectando directamente a la legibilidad de la balanza.

Por ser manual, de principios mecánicos y de calibración fija, no discrimina la tara del cilindro, afecta directamente al peso de llenado, la única opción sería que el operador ajuste manualmente la calibración según la tara del cilindro, pero no sería productivo y además se incrementaría el desgaste de los elementos de calibración.

Por último, el “cabezal de llenado” (fig. 7), conecta a la válvula del cilindro, permite trasvasar el GLP durante el llenado. El peso de este dispositivo es considerado al calibrar las balanzas de llenado.



**FIGURA 7.** Cabezal de llenado

### Técnicas de análisis.

Usando técnicas de evaluación y análisis del problema, poco a poco se identificó la causa raíz, se plantearon alternativas de solución, y selección de la misma.

ACTA DE REUNIÓN			
MOTIVO: Lluvia de ideas para encontrar solución al problema de pesos fuera de tolerancias			
NUMERO DE PARTICIPANTES: 9 personas			
ITE	POSIBLES CAUSAS	TIPO DE ELEMENTO AFECTADO	POSIBLES EFECTOS
1	Compromiso del envasador para realizar bien el trabajo	M.Obra	Falta de atención en determinar cilindro lleno
2	Falla de operación de las bombas de GLP	Máquina	Variación de la presión de llenado
3	Falta de establecer rango mínimo y máximo en el nivel de superficie libre de fase líquida en los tanques de travesa	Método	Variación de la presión de llenado
4	Sistemas de llenado defectuosos	Máquina	Variación de la presión de llenado
5	Calibración fija de las balanzas de llenado	Máquina	Peso de llenado fuera de especificación
6	Establecer procedimiento estándar para calibración de balanzas	Método	Peso de llenado fuera de especificación
7	Experiencia del envasador	M.Obra	Uso incorrecto de los equipos de llenado
8	Variación de la gravedad específica del producto	Materiales	Variación de la presión de llenado
9	Fuga de aceite en el dispositivo de corte de flujo de GLP	Máquina	Peso de llenado fuera de especificación
10	Rango extenso de taras de los cilindros	Materiales	Peso de llenado fuera de especificación
11	Establecer procedimiento estándar sobre el número de tanques abiertos para el travesa de GLP.	Método	Variación de la presión de llenado

**FIGURA 8.** Lluvia de ideas

### Lluvia de Ideas.

Esta herramienta nos permitió encontrar las posibles causas. Adjunto resultados (fig. 8)

### Diagrama causa-efecto.

Esta herramienta nos permitió relacionar las causas con los elementos del proceso. Los resultados los podemos apreciar en la fig. 9.



alrededor del 49%, osea el 49% de la producción son defectuosos por peso, esto es cilindros con peso de GLP menor a 14.7Kg y mayor a 15.3Kg. Además, el rango de taras "14.7Kg a 15.3Kg" arroja errores entre el 11% y el 25%; el rango de tara menor a 14.7Kg presenta del 83% hasta el 100%; y el rango mayor a 15.3Kg generan errores del 100%; el rango más confiable es el que van desde 14.7Kg hasta 15.3Kg. Las muestras de cilindros llenados bajo las mismas condiciones operativas (misma balanza, operador, gravedad específica, sistema de corte, etc.) tienen errores de alrededor del 60% por la **variabilidad de las taras** (ver fig. 13).



FIGURA 13. Ejemplos de taras en cilindros.

El error generado por el rango de taras mas confiables no era despreciable, se buscó las causas. De las hojas de registro "Cuantificación del Defecto" se encontró que los errores dependían de ciertos equipos de llenado, se realizó un mantenimiento completo a las balanzas involucradas, se tomó más datos, la reducción fue mínima. En planta Guayaquil existían dispositivos pilotados por aire para el corte de flujo de GLP, en estado óptimo (ver fig. 14), se instalaron y se realizó pruebas, se mejoró en alrededor del 85% en aquellas balanzas problema.



FIGURA 14. Dispositivo neumático para el corte de flujo de GLP.

Se solicitó a la gerencia cambiar todos los dispositivos de corte a este nuevo sistema, en vista que en la matriz existía stock suficiente.

Se realizó dos análisis de Pareto a los datos de las hojas de registro "Causas del Defecto".

ANÁLISIS DE PARETO "CAUSAS DEL DEFECTO"								
TIPOS DE TARAS	DEFECTOS POR TARAS			DEFECTOS POR TARAS				
	BAJO (<14.7)	DENTRO (14.7<=x<=15.3)	SOBRE (>15.3)	TOTAL (PN fuera rango)	TOTAL ACUMULADO	COMPOSICION PORCENTUAL	PORCENTAJE ACUMULADO	
14.6	5	1	4	9	9	18%	18%	
14.5	4	1	3	7	16	14%	33%	
14.4	4	1	1	5	21	10%	43%	
14.2	1		3	3	24	6%	49%	
14.3	1		2	3	27	6%	55%	
14.9	2	10	1	3	30	6%	61%	
15.0	2	8	1	3	33	6%	67%	
14			2	2	35	4%	71%	
14.1			2	2	37	4%	75%	
14.8	1	10	1	2	39	4%	79%	
15.4	1		1	2	41	4%	84%	
15.5	2			2	43	4%	88%	
13.9			1	1	44	2%	90%	
14.7	1	8		1	45	2%	92%	
15.1	1	4		1	46	2%	94%	
15.2	1	5		1	47	2%	96%	
15.3	1	3		1	48	2%	98%	
15.6	1			1	49	2%	100%	
		51	22		49			

FIGURA 15. Análisis de Pareto "Causas del Defecto"

El primero en función de la cantidad de defectos generados (ver fig. 15), evidenció que en cinco tipo de taras de las dieciocho encontradas en el muestreo, arrojan el 55% de los errores, las cinco van desde 14.2Kg hasta 14.6Kg. Esto comprueba que las balanzas por tener una calibración fija y manual, al llenar cilindros de taras menores a 14.7Kg o mayores a 15.3Kg, la balanza le resta producto para alcanzar el peso bruto de calibración, generando así los defectos.

ANÁLISIS DE PARETO "CAUSAS DEL DEFECTO SEGÚN DISTRIBUCIÓN DE TARAS"												
TIPOS DE TARAS	DEFECTOS POR TARAS DE MAYOR PARTICIPACION					MUESTRAS POR TARAS DE MAYOR PARTICIPACION						
	BAJO (<14.7)	DENTRO (14.7<=x<=15.3)	SOBRE (>15.3)	TOTAL (PN fuera rango)	TOTAL ACUMULADO	COMPOSICION PORCENTUAL	N	E	TOTAL ACUMULADO	COMPOSICION PORCENTUAL	N	PORCENTAJE
14.9	2	10	1	3	3	6%	6%	13	13	13%	13%	13%
14.8	1	10	1	2	5	4%	10%	12	25	12%	25%	25%
15.0	2	8	1	3	8	6%	16%	11	36	11%	36%	36%
14.6	5	1	4	9	17	18%	35%	10	46	10%	46%	46%
14.7	1	8		1	18	2%	37%	9	55	9%	55%	55%
14.5	4	1	3	7	25	14%	51%	8	63	8%	63%	63%
15.2	1	5		1	26	2%	53%	6	69	6%	69%	69%
14.4	4	1	1	5	31	10%	63%	6	75	6%	75%	75%
15.1	1	4		1	32	2%	65%	5	80	5%	80%	80%
15.3	1	3		1	33	2%	67%	4	84	4%	84%	84%
14.3	1		2	3	36	6%	73%	3	87	3%	87%	87%
14.2			3	3	39	6%	80%	3	90	3%	90%	90%
15.5	2			2	41	4%	84%	2	92	2%	92%	92%
15.4	1		1	2	43	4%	88%	2	94	2%	94%	94%
14.1			2	2	46	4%	92%	2	96	2%	96%	96%
14			2	2	47	4%	96%	2	98	2%	98%	98%
15.6	1			1	48	2%	98%	1	99	1%	99%	99%
13.9			1	1	49	2%	100%	1	100	1%	100%	100%
		51	22		49				100			

FIGURA 16. Análisis de Pareto "Causas del Defecto según tara".

El segundo en función de las taras de mayor presencia en la muestra (ver fig. 16), encontrando que alrededor del 90% de los cilindros son de taras que van desde 14.2 Kg. hasta 15.3 Kg., contiene el 80% del total defectos encontrados, por incluir a las cinco taras enunciados en el párrafo anterior y que aportan con el 55% del error global.

Con la hoja de registro "Distribución de taras" (ver fig. 17), se determinó los tipos de taras de interés en las soluciones; se muestreó una población total de 12.456 cilindros; y aplicando Pareto a los resultados del muestreo (ver fig. 18), se concluye que en 12 de 33 tipos de taras se concentra el 90% del total.

HOJA DE REGISTRO "DISTRIBUCIÓN DE TARAS"			
Centro de trabajo: <u>BOLEAVILL</u>		Fecha: _____	
TARA	MUESTRAS TOMADAS	Cantidad	Porcentaje
		Cilindros	general
1	13.2	0	0%
2	13.3	0	0%
3	13.4	0	0%
4	13.5	1	4%
5	13.6	0	0%
6	13.7	1	4%
7	13.8	2	8%
8	13.9	18	16%
9	14	38	26%
10	14.1	100	100%
11	14.2	53	36%
12	14.3	95	66%
13	14.4	118	84%
14	14.5	155	85%
15	14.6	199	100%
16	14.7	170	90%
17	14.8	200	100%
18	14.9	220	100%
19	15	217	100%
20	15.1	91	60%
21	15.2	118	86%
22	15.3	77	46%
23	15.4	39	25%
24	15.5	38	26%
25	15.6	4	3%
26	15.7	6	4%
27	15.8	3	2%
28	15.9	1	1%
29	16	1	1%
30	16.1	0	0%
31	16.2	0	0%
32	16.3	0	0%
33	16.4	0	0%
TOTAL MUESTRA		1946	

FIGURA 17. Hoja de Registro "Distribución de Taras".

compensación, el mismo que correspondía al intermedio del grupo. En conclusión teníamos que usar cuatro piezas por cada balanza (ver fig. 19).



FIGURA 19. Pesos de Compensación.

ANÁLISIS DE PARETO - RESULTADOS ESTADÍSTICOS "DISTRIBUCIÓN DE TARAS"					
Centro de trabajo: <u>BOLEAVILL</u>					
Tamaño de la muestra: <u>12456</u>					
# Item	TARA	MUESTRAS TOMADAS	TOTAL ACUMULADO	COMPOSICIÓN PORCENTUAL	PORCENTAJE ACUMULADO
1	14.8	1	1.831	10%	10%
2	14.8	1	1.832	12%	22%
3	15	1	1.364	11%	33%
4	14.9	1	1.269	10%	43%
5	14.7	1	1.121	8%	55%
6	14.6	1	896	6%	61%
7	14.4	1	748	5%	66%
8	15.2	1	741	5%	71%
9	15.1	1	620	4%	75%
10	15.3	1	494	3%	78%
11	14.9	1	371	2%	80%
12	14.2	1	369	2%	82%
13	15.4	1	249	1%	83%
14	14.7	1	248	1%	84%
15	15.5	1	248	1%	85%
16	14	1	246	1%	86%
17	15.6	1	120	1%	87%
18	13.9	1	121	1%	88%
19	15.7	1	12	0%	88%
20	15.5	1	9	0%	88%
21	13.8	1	8	0%	88%
22	16	1	6	0%	88%
23	15.7	1	5	0%	88%
24	15.9	1	5	0%	88%
25	15.9	1	4	0%	88%
26	13.2	1	3	0%	88%
27	15.6	1	2	0%	88%
28	15.4	1	2	0%	88%
29	15.1	1	2	0%	88%
30	15.3	1	2	0%	88%
31	15.2	1	1	0%	88%
32	16.2	1	1	0%	88%
33	15.4	1	1	0%	88%
34	15.4	0	0	0%	88%
TAMANO TOTAL DE MUESTRA		12456			

FIGURA 18. Análisis de Pareto "Distribución de Taras".

Con el análisis de Pareto realizado a los datos de las hojas de registro "Causas del Defecto" y "Distribución de Taras", se concluyó que las acciones a tomar, deben aplicarse a solo DOCE taras (desde 14.2 hasta 15.3), de los cuales el rango de 14.2 a 14.6 son los más críticos por generar defectos.

La solución más efectiva, era automatizar el proceso de llenado, proyectos de inversión de este tipo, se programaban para cinco o siete años en el caso de las periferias, por lo cual buscamos una solución más económica e inmediata de aplicar. Se desarrollo un método que uniformice las taras a través de pesos de compensación y así controlar en la balanza correspondiente, el peso de llenado.

Este procedimiento "Compensación de Pesos" considera la tara más alta del rango seleccionado (15.3 Kg.), todas las balanzas se calibraron con este tipo y para las taras menores se colocará sobre el cilindro una pieza metálica patrón para completar el peso y alcanzar los 15.3 Kg. de calibración.

Al existir 12 taras de interés, por balanza debería tener 12 piezas metálicas, lo cual no era funcional; como la tolerancia establecida es de +/- 0.3 Kg., las 12 taras se clasificó en cuatro grupos, cada grupo con 3 tipos de taras y con solo un peso de

### Solución escogida y plan de implementación.

La funcionalidad, el corto tiempo para implantar, y el bajo costo que representa la alternativa de solución "Compensación de Pesos", fueron las razones para seleccionarla. Se adjunta matriz de análisis del método "Compensación de Pesos" (ver fig. 20), en el cual se determina las tolerancias permisibles para cada tara, ante alguna falla de las balanzas.

MÉTODO DE ENVASADO POR COMPENSACIÓN DE PESOS									
PC: PCB: PBC: PNP:									
GRUPOS DE TARAS	TARA DE CILINDRO	PESO (GLP+CILINDRO) MIN	MAX	PROM	PESO CALIBRACIÓN DE BALANZA	PESO COMPENSATORIO (PCB PNP)	PESO BRUTO TEORICO DEL CILINDRO	MARGEN DE ERROR PERMISIBLE EN	
		14,7	15,3	15				MAX	MIN
1	14,0								
	14,1								
	14,2	28,9	29,5	29,2	30,3	1,1	29,3	0,2	-0,4
2	14,3	29	29,6	29,3	30,3	1	29,3	0,3	-0,3
	14,4	29,1	29,7	29,4	30,3	0,9	29,3	0,4	-0,2
	14,5	29,2	29,8	29,5	30,3	0,8	29,6	0,2	-0,4
3	14,6	29,3	29,9	29,6	30,3	0,7	29,6	0,3	-0,3
	14,7	29,4	30,0	29,7	30,3	0,6	29,6	0,4	-0,2
	14,8	29,5	30,1	29,8	30,3	0,5	29,9	0,2	-0,4
4	14,9	29,6	30,2	29,9	30,3	0,4	29,9	0,3	-0,3
	15,0	29,7	30,3	30,0	30,3	0,3	29,9	0,4	-0,2
	15,1	29,8	30,4	30,1	30,3	0,2	30,2	0,2	-0,4
5	15,2	29,9	30,5	30,2	30,3	0,1	30,2	0,3	-0,3
	15,3	30,0	30,6	30,3	30,3	0,0	30,2	0,4	-0,2
6	15,4								
	15,5								

FIGURA 20. Matriz de análisis del método "Compensación de Pesos".

### Evaluación de los cambios realizados.

#### Análisis comparativo de los índices de productividad.

Con el cambio de sistema de corte del hidráulico al neumático, la confiabilidad por cada balanza mejoró considerablemente (ver fig.21), los resultados de la implementación de las dos acciones fueron una reducción aproximada de hasta el 3%.

HOJA DE REGISTRO "CAUSA DEL DEFECTO"					
Centro de Trabajo: <u>Bellavista</u>			Fecha: _____		
TARA DEL CILINDRO	BAJO (<14.7)	DENTRO (14.7=<X>=15.3)	SOBRE (>15.3)	TOTAL	ERROR %
13.9	0			0	
14	0			0	
14.1	0			0	
14.2		3		3	0%
14.3		4		4	0%
14.4	1	5		6	17%
14.5	1	7		8	13%
14.6		9		9	0%
14.7		11		11	0%
14.8		13		13	0%
14.9		14		14	0%
15.0		13		13	0%
15.1	1	7		8	13%
15.2		6		6	0%
15.3		5		5	0%
15.4	0			0	
15.5	0			0	
15.6	0			0	
	3	97	0	100	3%

FIGURA 21. Reducción de los defectos según las hojas de registro "Causas del Defecto".

Con los resultados obtenidos de la mejora, el "REPESADO", pasó a ser proceso de inspección por muestreo, realizado por el calibrador de balanzas.

RENDIMIENTO DEL PROCESO ENVASADO - ANTES (# CIL/HR-HM)		
	Apr-98	May-98
Nro OBREROS	22	22
TOTAL DIA/MES	30	31
DIAS NORMALES/MES	22	22
HR-HM NORMALES	3872	3872
HR-HM AL 50%	1450	1505
HR-HM AL 100%	1050	975
TOTAL HR-HM	6372	6352
HR PROM LAB/HM-DIA	11.14	10.69
PRODUCCIÓN (# CIL ENV)	170510	173120
RENDIMIENTO (# CIL/HR-HM)	26.8	27.3

FIGURA 22. Rendimiento antes de la mejora.

RENDIMIENTO DEL PROCESO ENVASADO - DESPUES (# CIL/HR-HM)		
	Jun-98	Jul-98
Nro OBREROS	22	22
TOTAL DIA/MES	30	31
DIAS NORMALES/MES	21	23
HR-HM NORMALES	3696	4048
HR-HM AL 50%	1285	1180
HR-HM AL 100%	785	665
TOTAL HR-HM	5766	5893
HR PROM LAB/HM-DIA	10.48	9.92
PRODUCCIÓN (# CIL ENV)	175150	180550
RENDIMIENTO (# CIL/HR-HM)	30,4	30,6

FIGURA 23. Rendimiento después de la mejora.

Al eliminarse el repesado, el indicador de productividad "Rendimiento", subió de 27.0 cil/hr-hm (dato promedio) a 30,5 cil/hr-hm (dato promedio) ver fig. 22 y 23. Otra mejora importante es la reducción de las horas de trabajo promedio por cada empleado correspondiente a un día de labores.

INDICE DE PRODUCTIVIDAD - DESPUES (\$ MO/ Tm Env)		
	Jun-98	Jul-98
Costo Empresa Mano de Obra(\$/mes)	\$ 9.589,5	\$ 9.695,5
Producción Envasada(TM/mes)	2627,25	2708,25
Índice Productivo (\$/TM env)	3,65	3,58

FIGURA 24. Indicador económico.

Otro índice de productividad importante es el costo en mano de obra por tonelada métrica de GLP envasado; con la mejora bajó de 4.3 (\$/TM env) a 3.6 (\$/TM env), ver figura 24.

### Análisis Costo-Beneficio.

Con la mejora se apreció dos tipos de ahorros. El primero, ver fig. 25, si no se hubiera aplicado la mejora, el costo total en mano de obra sería aproximadamente \$11.498; con la mejora, el costo real total en mano de obra es de \$9.642. Adicional a este ahorro, consideramos la eliminación de accidentes provocado por la fatiga debido al horario extenso antes de la mejora.

AHORRO EN MANO DE OBRA - CON Y SIN LA MEJORA (\$ MO/ Tm Env)		
	Jun-98	Jul-98
Producción Envasada(TM/mes)	2627,25	2708,25
S I N Índice Productivo (\$/TM env)	4,31	4,31
Costo MO sin implementar mejora (\$/mes)	\$ 11.323,4	\$ 11.672,6
C O N Índice Productivo (\$/TM env)	3,65	3,58
Costo Empresa Mano de Obra(\$/mes)	\$ 9.589,5	\$ 9.695,5
Ahorros por MO (en \$)	\$ 1.734,0	\$ 1.977,0
Ahorros por MO (en %)	15,3%	16,9%

FIGURA 25. Ahorro en mano de obra.

Otro ahorro importante, es el pago de multas por actas con pesos netos fuera de norma, realizadas por funcionarios de la Dirección Nacional de Hidrocarburos. Cabe señalar que antes de implementar las mejoras, la frecuencia de las inspecciones de los funcionarios de la DNH, era una vez por semana, considerando que \$400 es el valor de multa por cada acta que incumple la norma, el gasto fue \$1.600/mes. Con la aplicación de la mejora, en el primer mes de implementación, se redujo a solo dos actas con multa, el monto total abonado por este concepto bajó a \$800/mes; y en segundo mes quedó bajo control al NO obtener ninguna acta que incumpla la norma, a pesar que la frecuencia de inspección aumentó a una por día laborable.

De no haber implementado ni el procedimiento "pesos de compensación" ni el subproceso REPESADO y considerando la nueva frecuencia de muestreos por parte de funcionarios de hidrocarburos, el pago de multas por concepto de actas por pesos fuera de norma hubiera sido probablemente en el orden de los \$8.000.

### Conclusiones.

De los análisis se formulan las siguientes conclusiones como resultados de las mejoras implementadas:

- Reducción de defectos de producción por peso fuera de norma hasta un 3%.
- Aumentó del índice productivo en un 13%, desde 27,0 hasta 30,5 cil/hr-hm.
- Reducción del promedio hr. laboradas/día por empleado en un 7%.

- Reducción promedio del índice de productividad económico en un 17%, desde \$ 4.3 hasta \$ 3.6 MO/TM env.
- El ahorro en el costo total en mano de obra fue en alrededor de \$1800/mes.
- Ante una inspección diaria por parte de los funcionarios de hidrocarburos, de no haber mejorado el porcentaje de defectos de producción el pago en multa por incumplir la norma hubiera sido de \$ 8.000/mes.

1.-Seguir aplicando las herramientas estadísticas para mejorar la productividad.

2.-Seguir involucrando a los miembros del equipo de trabajo, en la búsqueda de soluciones más efectivas.

3.-Automatizar el sistema productivo, instalando transportadores mecánicos y carruseles para el llenado de cilindros.

#### **Recomendaciones.**

#### **Bibliografía.**

1. Administración de Operaciones “Toma de decisiones en la función de operaciones”. Autor Roger G. Schroeder.
2. Administración. Tercera Edición. Editorial McGraw Hill. Autor David R. Hampton.
3. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Editorial Norma. Autor Hitoshi Kume.
4. Tesis de Grado “Mejoramiento de la Productividad de la Camaronera Zulema II, por la implantación de sistema de mantenimiento Preventivo y correctivo de grupo de Bombeo” Autor Ángel Alberto Uquillas Albán.
5. Tesis de Grado “Diagnóstico de la capacidad para abordar un proceso de mejora continúa hacia la calidad total para una empresa de productos plásticos” Autor Gustavo F. Wray Franco.