

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CALIDAD”

TEMA

“DETERMINACIÓN DE UN MÉTODO PARA IDENTIFICAR EL TAMAÑO  
ÓPTIMO DE LA MUESTRA EN EL PROCESO DE LLENADO, PARA  
ASEGURAR EL CORRECTO ENVASADO DEL CILINDRO DE GAS  
DOMÉSTICO”

AUTORA

ILIANA BETSABETH SÁNCHEZ LEÓN

Guayaquil – Ecuador

AÑO

2015

## DEDICATORIA

---

*A Dios  
A mis amados padres  
A mis hermanos  
A todos que aportaron  
desinteresadamente para  
lograr este objetivo*

---

## AGRADECIMIENTO

---

*A mis padres, por la confianza y cariño.*

*Al Ing. Eduardo Calderón, profesor y director de tesis,  
por su guía y apoyo incondicional en la realización de  
esta tesis.*

*A la Lcda. Ingrid Núñez, por su apoyo y consejos.*

---

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ph.D. Sandra Garcia Bustos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



---

M.Sc. Eduardo Calderón Morales  
DIRECTOR DE LA TESIS



---

MPC. Diana Montalvo Barrera  
VOCAL DEL TRIBUNAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

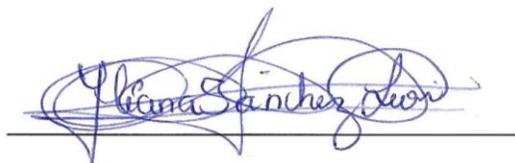
La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en esta tesis de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



---

Iliana Betsabeth Sánchez León

**Autora de la tesis**



Iliana Betsabeth Sánchez León

## Indice de Contenido

CAPÍTULO 1.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
ANTECEDENTES .....	1
1.1.1 Cadena de Comercialización de G.L.P .....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.3    HIPOTESIS .....	5
1.4    JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5    OBJETIVOS .....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivo Específico .....	6
1.6    METODOLOGÍA .....	7
1.7    ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	7
CAPÍTULO 2.....	9
2. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 GAS LICUADO DE PETRÓLEO (G.L.P).....	9
2.2 PROPIEDADES DEL G.L.P .....	9
2.3 CILINDRO PARA EL GAS LICUADO DE PETRÓLEO GLP .....	11
2.3.1 Tara.....	12
Es el peso del cilindro completamente vacío con su correspondiente válvula.....	12
2.4 PLANTA DE ENVASADO .....	12
2.5 PLATAFORMA DE ENVASADO .....	13
2.6 CARRUSEL DE ENVASADO.....	13
2.7 MUESTREO.....	13
2.7.1    Muestreo aleatorio Simple .....	13

2.8 CARTAS DE CONTROL .....	14
2.8.1 Límites de Carta de Control $\bar{X}$ .....	15
2.8.2 Límites de Carta de Control $R$ .....	16
2.9 CAPACIDAD DEL PROCESO .....	17
2.9.1 Índices de Capacidad .....	17
2.10 LEGISLACIÓN VIGENTE.....	18
2.11 INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).....	19
CAPÍTULO 3.....	20
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	20
3.1 PLANTA ENVASADORA DE G.L.P .....	20
3.2 FLUJO DEL PROCESO DE ENVASADO DE G.L.P.....	21
3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) 23	
3.3 INSTITUCIÓN REGULADORA DE HIDROCARBUROS .....	24
3.4 SUPERVISIÓN DEL PESO DE G.L.P EN CILINDROS EN LAS PLANTAS ENVASADORAS 26	
3.5 SANCIONES POR INCUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA.....	30
CAPÍTULO 4.....	33
4. PROPUESTA PARA ESTABLECER UN PLAN DE MUESTREO.....	33
4.1 FORMATO PROPUESTO PARA PESO DE CILINDROS.....	33
4.2 TAMAÑO DE MUESTRA Y FRECUENCIA DEL MUESTREO .....	35
4.3 CONTROL DEL PESO DE CILINDRO .....	41
4.3.1 Prueba de Normalidad de la muestra .....	41
4.3.2 Carta de Control $\bar{X}$ - R.....	42
4.4 CAPACIDAD DEL PROCESO.....	46

4.4.1	ÍNDICES DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE ENVASADO .....	47
	CAPÍTULO 5.....	50
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	50
5.1	CONCLUSIONES .....	50
5.2	RECOMENDACIONES .....	52
	BIBLIOGRAFÍA .....	53
	ANEXO 1.....	55
	ANEXO 2.....	56
	ANEXO 3.....	70
	ANEXO 4.....	70
	ANEXO 5.....	70

## Índice de Tablas

<a href="#"><u>Tabla No.1 Despacho de G.L.P. a planta envasadora</u></a> .....	2
<a href="#"><u>Tabla No.2 Porcentaje de Subsidio de Cilindro de Gas</u></a> .....	4
<a href="#"><u>Tabla No.3 Flujo de envasado</u></a> .....	22
<a href="#"><u>Tabla No.4 Formato para datos del pesado de los cilindros</u></a> .....	34
<a href="#"><u>Tabla No.5 Probabilidades</u></a> .....	37
<a href="#"><u>Tabla No.6 Descripción de toma de muestra</u></a> .....	38
<a href="#"><u>Tabla No.7 Código de letras de tamaño de muestra</u></a> .....	39
<a href="#"><u>Tabla No.8 Planes de muestreo unitario para inspecciones normales</u></a> .....	40
<a href="#"><u>Tabla No.9 Prueba de Normalidad</u></a> .....	42
<a href="#"><u>Tabla No.10 Formula Limites de Control</u></a> .....	43

## Índice de Gráficos

<a href="#">Gráfico No.1 Despacho de G.L.P. a planta envasadora</a> .....	2
<a href="#">Gráfico No.2 Porcentaje de despacho de G.L.P. a planta envasadora</a> .....	2
<a href="#">Gráfico No.3 Cadena de Comercializacion</a> .....	3
<a href="#">Gráfico No.4 Prueba de Normalidad</a> .....	41
<a href="#">Gráfico No.5 Gráfica de control <math>\bar{x}</math></a> .....	44
<a href="#">Gráfico No.6 Gráfica de control R</a> .....	45
<a href="#">Gráfico No.7 Capacidad del proceso</a> .....	46
<a href="#">Gráfico No.8 Capacidad del proceso (conocer desviación estandar)</a> .....	47

## Índice de Figura

<a href="#">Figura No.1 Cilindro para gas licuado de petróleo</a> .....	12
<a href="#">Figura No.2 Tara</a> .....	12
<a href="#">Figura No.3 Planta de envasado</a> .....	13
<a href="#">Figura No.4 Carrusel de envasado</a> .....	13
<a href="#">Figura No.5 Proceso de envasadora</a> .....	23

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación se desarrollará en una planta envasadora de gas licuado de petróleo (G.L.P.) ubicada en la ciudad de Guayaquil, este producto es de gran consumo en los hogares ecuatorianos y se destina un gran porcentaje de su gasto público para subsidiar el gas de uso doméstico (15 Kg.), por lo que se lleva un gran control del mismo.

Se establecerá un método para determinar el tamaño óptimo de muestra y la frecuencia a realizarla para asegurar el correcto envasado de los cilindros de gas para el cumplimiento eficiente de las especificaciones legales.

Luego de determinar el tamaño de muestra de los cilindros, se procederá a pesar los cilindros con los datos obtenidos, se realizaran carta de control  $\bar{X} - R$  (medias – Rango) y se realizara un análisis de la capacidad del proceso de envasado, se utilizará el software estadístico Statgraphics y analizaremos la información proporcionada por este programa.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. GENERALIDADES**

### **ANTECEDENTES**

El Gas licuado de Petróleo (G.L.P) es de gran consumo en el país, éste se obtiene desde sus tres refinерías que son Esmeraldas, Libertad y Shushufindi. La producción nacional del G.L.P abastece únicamente el 22.33 % de la demanda nacional, por este motivo el Estado se ve en la necesidad de importar el G.L.P desde otros países tales como Panamá, Estados Unidos, Perú, Argentina y Nigeria, los cuales abastecen el 77.66%.

<sup>1</sup>En el primer semestre del año 2012 E.P Petroecuador despachó 179.120.891 kilos de G.L.P a la planta envasadora de estudio, esto significa:

---

<sup>1</sup> ESTADÍSTICA HIDROCARBURIFERA, primer semestre 2012  
(<http://www.she.gob.ec/portal/es/web/hidrocarburos/year-2012>)

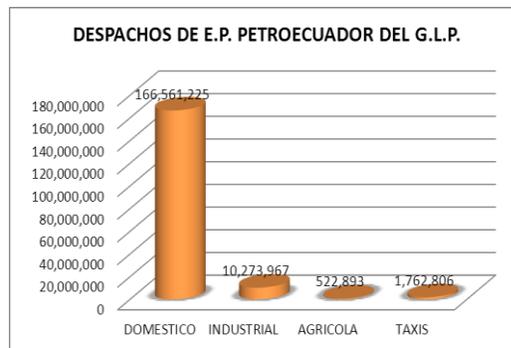
*“Determinación de un método para identificar el tamaño óptimo de la muestra en el proceso de llenado para asegurar el correcto envasado del cilindro de gas doméstico”*

*Maestría en Gestión de la Productividad y la Calidad*

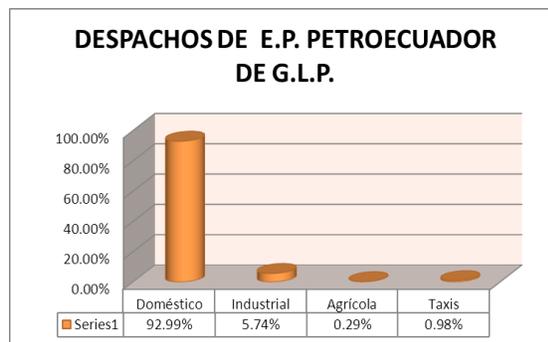
DESPACHOS DE E.P. PETROECUADOR DE G.L.P. POR SECTORES ECONOMICOS		
PLANTA ENVASADORA	Doméstico	166,561,225
	Industrial	10,273,967
	Agrícola	522,893
	Taxis	1,762,806
	<b>TOTAL</b>	<b>179,120,891</b>

**Despacho de GLP Petroecuador E.P.**

Tabla No.1



Fuente: E.P. PETROECUADOR - Gerencia de Comercialización  
Gráfica No. 1



Fuente: E.P. PETROECUADOR-Gerencia de comercialización  
Gráfica No. 2

Como podemos observar en las gráficas No. 1 y 2 que se envasó 166.561.225 de kilos de G.L.P esto representa el 92.99%, en cilindros de gas para uso doméstico.

Por tal motivo este proyecto se enfocará en el envasado de los cilindros de gas para uso doméstico donde se determinará el tamaño de muestra óptimo para asegurar el correcto envasado que cumpla con la normativa vigente.

### **1.1.1 Cadena de Comercialización de G.L.P**

La cadena de comercialización del Gas licuado de petróleo inicia desde la importación y/o producción nacional de las refinерías y de ahí es almacenado en las planta de almacenamiento y despacho. Este es transportado a las plantas envasadoras por medio de auto tanques, luego del envasado en los cilindros de gas de 15 kg., se transporta en plataforma, a los centros de acopio y depósitos de distribución donde los consumidores pueden acercarse a adquirir los cilindros de gas.



Fuente: Taller de Capacitación Agencia de Regulación y Control Hidrocarbурífico (Comercialización de GLP)

Gráfico No. 3

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El gas licuado de petróleo (G.L.P) es un producto de gran consumo en el Ecuador, el País destina un importante porcentaje de su gasto público para subsidiar este producto; por tal motivo el precio es bajo en comparación con otros países de Latinoamérica.

El costo de importación de los 15 kg. de gas para uso doméstico es de \$ 22.27.

Actualmente el precio oficial del cilindro de gas es de \$ 1.60, por lo cual el estado subsidia \$ 20.67 esto representa un 92.82%.

Descripción	Valor \$	% de Subsidio
Costo de Importación (Cil 15 Kg.)	\$ 22.27	92.82%
PVP (Cil 15 Kg.)	\$ 1.60	
Valor Subsidiado	\$ 20.67	

Fuente: Gerencia de Comercio Internacional EP. Petroecuador  
Taller de Capacitación ARCH ( Comercialización de GLP)

Tabla No. 2

Por esta razón existen instituciones del sector público que supervisan que las empresas envasadoras autorizadas cumplan las especificaciones de los reglamentos en el envasado de los cilindros de gas para uso doméstico en el Ecuador, para esto deben elegir una muestra de los cilindros para verificar si cumplen con la normativa vigente.

Este proyecto se enfocará a determinar un método para determinar el tamaño óptimo de muestra y la frecuencia a realizarla para garantizar a los consumidores finales de que los cilindros de G.L.P que están adquiriendo tengan el contenido que están comprando, para disminuir no conformidades de los consumidores y reducir el riesgo de incendio y/o explosión.

### **1.3 HIPOTESIS**

El procedimiento propuesto para analizar el proceso de envasado de los cilindros de gas de uso doméstico es un método confiable en cuanto al cumplimiento eficiente de las especificaciones legales.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Este proyecto de graduación tiene como finalidad proponer un método de muestreo estadístico para identificar el tamaño óptimo y la frecuencia a realizarse para asegurar el correcto envasado de los cilindros de gas de uso doméstico según lo que establece las leyes vigentes.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar un método para identificar el tamaño óptimo de la muestra y la frecuencia a realizarla para asegurar el correcto envasado del cilindro de gas doméstico en el proceso de llenado de una planta envasadora.

### **1.5.2. Objetivo Específico**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en el proceso de llenado y las actividades que se desarrollan en la planta envasadora de GLP.
- Presentar la legislación y regulaciones existentes a nivel nacional aplicables a las empresas que tienen planta de envasado de GLP.
- Determinar un método de muestreo para la correcta selección de los cilindros de gas doméstico para la verificación del cumplimiento de los requisitos legales.
- Validar estadísticamente la información recolectada.
- Realizar un análisis de la capacidad del proceso con los datos obtenidos luego de la toma de muestra de los cilindros, para comparar la variabilidad inherente con las especificaciones o requerimientos que determina la ley.

## **1.6 METODOLOGÍA**

Este estudio se lo aplicará en una planta envasadora de gas licuado de petróleo, en donde se desarrollará un método, el cual consiste en determinar un tamaño óptimo de muestras y la frecuencia a realizarla para garantizar a los consumidores finales de que los cilindros de GLP que están adquiriendo tengan el contenido que están comprando.

Luego de determinar el tamaño de muestra de los cilindros, se procederá a pesar los cilindros tabulándose los datos en una carta de control  $\bar{X} - R$  (medias – rango), se efectuará los cálculos para encontrar la media y el rango de cada uno de los subgrupos de la muestra obtenida, luego se aplicarán las fórmulas para obtener los límites de control Superior e Inferior y se determinará la capacidad de proceso de envasado

Utilizaremos el software estadístico Statgraphics y analizaremos la información proporcionada por este programa.

## **1.7 ESTRUCTURA DE LA TESIS**

La estructura que incluirá esta tesis de graduación es:

El capítulo I describe las generalidades del estudio, el planteamiento del problema, la hipótesis, justificación, los objetivos generales y específicos y la metodología a realizarse.

El capítulo II describe el marco teórico que se va a emplear para el desarrollo y mejora de la problemática de la tesis.

En el Capítulo III se describe el proceso actual del envasado de los cilindros de gas de uso doméstico, se menciona la institución que regula y controla que se cumpla las especificaciones que determina la ley y las sanciones por el incumplimiento.

En el capítulo IV se propondrá el método para la obtención de la muestra y la frecuencia a realizarse para asegurar el correcto llenado de los cilindros de gas de uso doméstico.

Además se tabularán los datos obtenidos del proceso de llenado de la planta envasadora, se realizará cartas de control y un análisis de la capacidad de proceso del envasado para determinar si la muestra obtenida cumple con la normativa vigente.

Finalmente en el Capítulo V llegaremos a las conclusiones luego del estudio que se realizará para recomendar mejoras.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 GAS LICUADO DE PETRÓLEO (G.L.P)**

Es la mezcla de hidrocarburos, en cuya composición predominan los hidrocarburos propano y butano, que habitualmente son gaseosos a temperatura ordinaria y presión atmosférica, tiene la propiedad de pasar al estado líquido al someterlo a una presión relativamente superior a la atmosférica, la cual es de gran ventaja para poder ser almacenado y transportado por su volumen reducido.

#### **2.2 PROPIEDADES DEL G.L.P2**

Las propiedades del gas licuado de petróleo son las siguientes:

- **ES INCOLORO**

Como en su estado líquido como en estado gaseoso, se hace visible cuando el gas líquido es librado al medio ambiente de una manera rápida, se produce una transformación porque se realiza un cambio de estado, de líquido a vapor. Se puede decir que es gas invisible mientras no esté saturado de humedad y vapor.

---

<sup>2</sup>[http://www.repsol.com/pe\\_es/productos\\_y\\_servicios/productos/glp\\_butano\\_y\\_propano/repsolgas/propiedades\\_del\\_glp/](http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/repsolgas/propiedades_del_glp/)

- **ES INODORO**

Por lo que para su comercialización se exige que sea mezclado con una sustancia odorizante. Los más usados son algunos sulfuros y/o mercaptanos que por su costo e intensidad del olor debe ser dosificado en aproximadamente 1 Kg. por cada 80,000 litros de gas licuado de petróleo, esta sustancia permite que en caso de fuga de GLP, ésta pueda ser fácilmente detectada.

- **MÁS PESADO QUE EL AIRE**

En su fase vapor es más pesado que el aire en aproximadamente dos veces, por tal razón cuando existe una fuga o es liberado por cualquier circunstancia al medio ambiente, éste tiende a buscar las partes o áreas cercanas más bajas, donde si no existe movimiento de aire, permanecerá inmóvil, con una gran probabilidad de ser el causante de una deflagración.

- **MÁS LIVIANO QUE EL AGUA**

En su fase líquida es más liviano que el agua, en aproximadamente la mitad de su peso, cuando existe derrame de gas líquido y este inunda bajo nivel de superficie y/o redes de conductos que contienen agua u otro fluido, el GLP en estado líquido permanecerá por encima del nivel superior, moviéndose conjuntamente con el flujo de agua y al mismo tiempo también estará

vaporizándose, de tal forma que existe alta probabilidad de que las condiciones se den para que haya deflagración, en el mismo lugar del derrame o en un sitio cercano o alejado de donde se derramo el GLP.

- **PODER DISOLVENTE**

El GLP en estado líquido son disolventes del caucho natural, grasas, aceites, pinturas, etc. En estado gaseoso disuelve parcialmente estas sustancias. El caucho sintético resiste perfectamente su acción, por lo que cuando se seleccionan los materiales que estarán en contacto directo con el gas tendrá que tenerse bien presente esta propiedad (para empaquetaduras, selladores, etc.).

- **NO ES TÓXICO**

Los gases licuados de petróleo no son tóxicos, la acción fisiológica sobre el organismo, producida por una posible inhalación, se traduce en una ligera acción anestésica; pero sí puede producir asfixia cuando la persona se encuentra expuesta en un lugar cerrado que contenga una atmósfera bien concentrada de G.L.P, en la cual prácticamente no exista oxígeno.

En cualquiera de los casos el paciente tiene que ser alejado para brindarle el auxilio adecuado.

## **2.3 CILINDRO PARA EL GAS LICUADO DE PETRÓLEO GLP3**

---

<sup>3</sup> Reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 024:2008, Transporte, Almacenamiento, Envasado y Distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en Cilindros y Tanques, primera edición.

Es el recipiente diseñado para contener Gas Licuado de Petróleo, formado por la base, el cuerpo del cilindro, el asa y el porta válvula, por su peso y dimensiones puede manipularse y trasladarse fácilmente.



Figura No. 1

### 2.3.1 Tara

**Es el peso del cilindro completamente vacío con su correspondiente válvula.**



Figura No. 2

## 2.4 PLANTA DE ENVASADO

Instalaciones y equipos, autorizadas por la autoridad competente, destinadas a envasar el GLP en cilindros.[3]



Figura No. 3

## **2.5 PLATAFORMA DE ENVASADO**

Es el área en donde se efectúan las operaciones de envasado, carga y descarga de los cilindros. En esta misma área se realizan las operaciones de control de la hermeticidad y peso del GLP envasado en los cilindros.[3]

## **2.6 CARRUSEL DE ENVASADO**

Es una plataforma giratoria diseñada para instalación estacionaria, que acelera el proceso de llenado de los cilindros de GLP, con balanzas dispuestas ordenadamente en su circunferencia.



Figura No.4

## **2.7 MUESTREO**

Es una técnica para determinar una muestra de una población, con esta muestra permitirá ahorrar y a la vez obtener resultados parecidos a los que se alcanzarían si se realizase un estudio de toda la población.

### **2.7.1 Muestreo aleatorio Simple**

Este muestreo consiste en seleccionar un grupo de  $n$  elementos de la población, de tal forma que cada muestra de tamaño  $n$  tenga la misma probabilidad de ser

seleccionada, por lo general, este tipo de muestreo se realiza eligiendo números de una tabla de números aleatorios.

## **2.8 CARTAS DE CONTROL**

Las cartas de control son una herramienta estadística importante utilizada para controlar gráficamente las actividades de los procesos en marcha, estas se dividen en dos grandes grupos: Para variables y para atributos.

Los diagramas de control para variables se usan para contrastar las características de calidad cuantitativas. Suelen permitir el uso de procedimientos de control más eficientes y proporciona más información respecto al rendimiento del proceso.

Las cartas de control para variable más usadas son:

- $\bar{X}$  de medias
- $R$  de Rango
- $S$  de desviaciones estándar y
- $\bar{X}$  de medias Individuales

Los diagramas de control por atributos son utilizados para contrastar características cualitativas, esto es características no cuantificables numéricamente, estas son:

- $p$  proporción o fracción de artículos defectuosos
- $np$  número de unidades defectuosas
- $c$  número de defectos
- $u$  número promedio de defecto por unidad

En este proyecto se utilizará las cartas de Control  $\bar{X} - R$ , porque son muy útiles cuando se producen varios artículos, partes o componentes durante un lapso de tiempo pequeño, en este caso el proceso de envasado de GLP en los cilindros de gas de uso doméstico, que es un proceso masivo porque se realiza miles de operaciones en el día. Además de la que carta de control  $\bar{X} - R$  nos permitirá controlar la variable “peso del gas”.

### **2.8.1 Límites de Carta de Control $\bar{X}$**

Los límites de control son determinados por la media y la desviación estándar, inicialmente no se conoce la  $\sigma$  (desviación estándar), por lo que se considerará la variabilidad dentro de muestras, a través de los rangos de los subgrupos, esta estimación está dada por

$$\sigma \approx \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Donde  $\bar{R}$  es la media de los rangos de los subgrupos y  $d_2$  es una constante que depende de  $n$ , el tamaño de subgrupo o muestra<sup>4</sup>. De esta manera, 3 veces la desviación estándar de las medias se estima con

$$3\sigma_x = 3 \left( \frac{\bar{R}/d_2}{\sqrt{n}} \right) = \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \bar{R} = A_2 \bar{R}$$

---

<sup>4</sup>  $d_2$  es la media del rango relativo,  $q = R/\sigma$  que es una variable aleatoria que establece la relación entre el rango de una muestra de una distribución normal y la desviación estándar de la distribución.

Se ha introducido la constante  $A_2$  para simplificar los cálculos, esta constante depende del tamaño del subgrupo de  $n$ . Con base a lo anterior los límites de control para la carta de control de  $\bar{X}$  son:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Límite central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

### **2.8.2 Límites de Carta de Control $R$**

Este límite se determina a partir de la media y la desviación de los rangos de los subgrupos, estos se estiman de la siguiente manera:

$$\mu_R = \bar{R} \quad \text{y} \quad \sigma_R = d_3 \sigma \approx d_3 \left( \frac{\bar{R}}{d_2} \right)$$

Donde  $\bar{R}$  es la media de los rangos de los subgrupos,  $d_3$  es una constante que depende del tamaño del subgrupo, como se desconoce la  $\sigma$  se puede estimar a través de  $\bar{R}/d_2$ , por lo que los límites de control para  $R$  se calculan:

$$LCI = \bar{R} - 3d_3 \left( \frac{\bar{R}}{d_2} \right) = \left[ 1 - 3 \left( \frac{d_3}{d_2} \right) \right] \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

$$\text{Limite Central} = \bar{R}$$

$$LCS = \bar{R} + 3d_3 \left( \frac{\bar{R}}{d_2} \right) = \left[ 1 + 3 \left( \frac{d_3}{d_2} \right) \right] \bar{R}$$

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

## 2.9 CAPACIDAD DEL PROCESO

La capacidad del proceso suele interpretarse como su aptitud para producir artículos de acuerdo con las especificaciones.

### 2.9.1 Índices de Capacidad

#### 2.9.1.1 Índice $C_p$

El índice de capacidad potencial del proceso compara el ancho de las especificaciones o variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real del proceso se define de la siguiente manera:

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

Donde  $\sigma$  representa la desviación estándar del proceso, y LSE y LIE son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad.

#### 2.9.1.2 Índices de capacidad para la especificación inferior y superior

Estos índices evalúan por separado el cumplimiento de las especificaciones inferior y superior, se calculan de la siguiente manera:

$$C_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad \text{y} \quad C_{ps} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$$

Estos índices toman en cuenta la  $\mu$  y calculan la distancia del proceso a una de las especificaciones, que representa la variación tolerada para el proceso de un solo lado de la media, a tal distancia se divide entre  $3\sigma$  porque solo se está tomando en cuenta la mitad de la variación natural del proceso.

### **2.9.1.3 Índices de capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ )**

Este índice toma en cuenta el centrado del proceso, se calcula de la siguiente manera:

$$C_{pk} = \left[ \frac{\mu - LIE}{3\sigma}, \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \right]$$

El índice  $C_{pk}$  es igual al valor más pequeño de entre  $C_{pi}$  y  $C_{ps}$ , esto quiere decir que el índice  $C_{pk}$  es igual al índice unilateral más pequeño.

## **2.10 LEGISLACIÓN VIGENTE**

El Estado Ecuatoriano a través de las leyes, reglamentos y normas vigentes establece en sus diferentes artículos las regulaciones en materia de hidrocarburos y sus derivados, además normativas que se deben aplicar en la construcción de plantas envasadoras, almacenamiento, comercialización y transporte de los hidrocarburos y sus derivados.

Las legislaciones vigentes en el República del Ecuador sobre materia de hidrocarburos y sus derivados que se aplicarán en esta tesis son:

- Ley de Hidrocarburos, Decreto Supremo No. 2967
- Reglamento de Aplicación de la Ley Reformatoria a la Ley de Hidrocarburos, (Decreto No. 546)
- Reglamento para la Comercialización del Gas Licuado, Decreto Ejecutivo No. 2282

## **2.11 INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)**

Es el organismo oficial del Ecuador para la normalización (creación o adaptación de normas), certificación y metrología.

Algunas normas y reglamentos INEN que se alinearán en este trabajo de graduación son las siguientes:

- Reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 024:2008, Transporte, Almacenamiento, Envasado y Distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en Cilindros y Tanques, primera edición.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327:2011, Revisión de Cilindros de para Gas Licuado de petróleo, primera edición.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

#### **3.1 PLANTA ENVASADORA DE G.L.P**

La planta envasadora de G.L.P en donde se desarrollará este estudio, inició sus actividades en el Ecuador en el año 2001. Se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, ocupa un área de 33,000 m<sup>2</sup>.

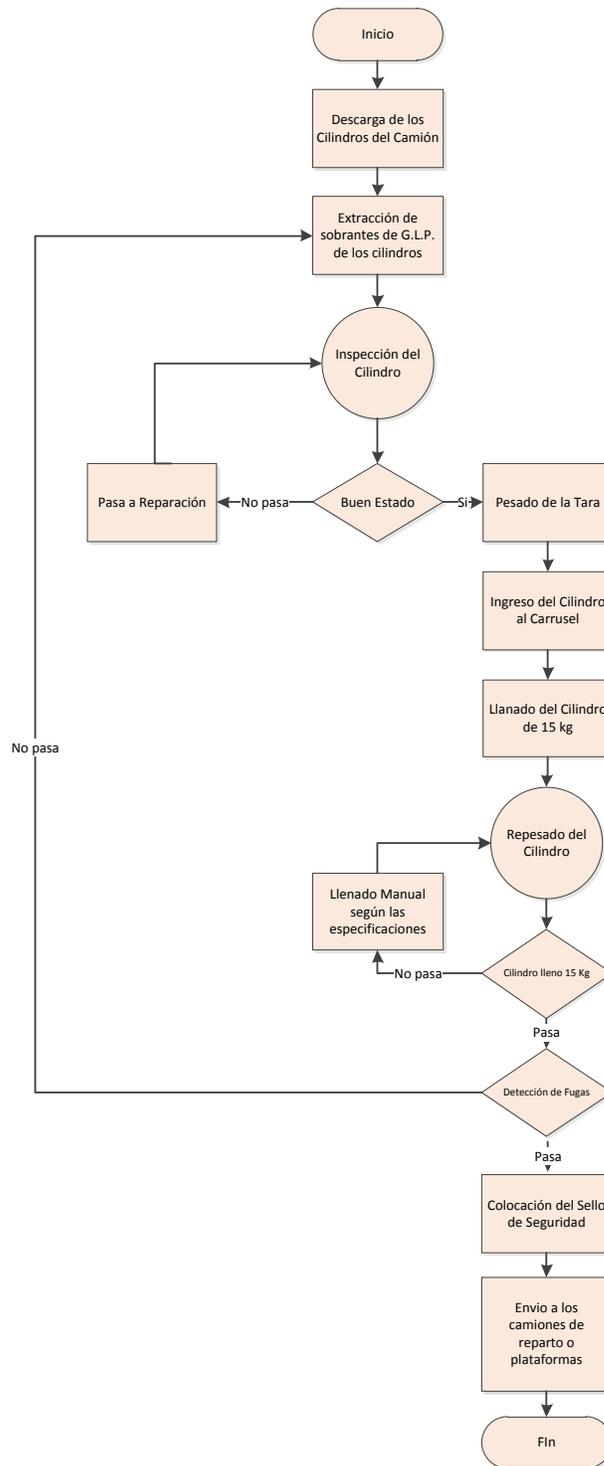
Los productos de gas licuado de petróleo que esta planta ofrece son gas envasado, gas en granel y gas canalizado.

En el gas envasado se encuentran los cilindros domésticos que son los cilindros clásicos de 15 kg y cilindro industrial se encuentra en presentaciones de 5, 15 y 45 Kg, gas en granel son tanques estacionarios y finalmente las redes de distribución de gas canalizado, para urbanizaciones.

La envasadora posee tres carruseles electrónicos de 24 cabezales cada uno, para el llenado de los cilindros de gas. Tiene una capacidad de producir por carrusel 1,200 cilindros de gas doméstico por hora, para llenado de cilindros de gas licuado de petróleo de 15 kg, pero realmente envasa promedio entre 950 y 1,000 cilindros por hora por problemas en el acoplamiento del pistón con la válvula del cilindro gas y porque ocasionalmente existen fugas en el momento del envasado.

Esta planta de almacenamiento y envasado de GLP, tiene implementado un sistema de gestión de la política integrada de seguridad, salud y medio ambiente basado en la estructura de procesos de la compañía.

### **3.2 FLUJO DEL PROCESO DE ENVASADO DE G.L.P**



Fuente: Elaboración Testista

Tabla No. 3

### **3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)**

El proceso de envasado de Gas licuado de petróleo inicia desde la descarga de los cilindros vacíos de los camiones, ésta puede ser manual o automática, luego se extrae los sobrantes de G.L.P de los cilindros, después ingresan al transportador de cadena y son verificados por un operador si cumple con las especificaciones de la Norma INEN 0327 (2011) Revisión de cilindros de acero al carbono para gas licuado de petróleo; si no se encuentran en buen estado pasan a reparación.

Si el tanque de gas de uso doméstico cumple con las especificaciones de la norma pasa por el transportador y es pesado en una balanza electrónica, los cilindros de gas tienen marcado el peso de la tara se comprueba dicho valor y se registra el peso de la tara o el cilindro vacío, luego los cilindros de gas automáticamente ingresan al carrusel para el envaso del GLP, este registra la secuencia y la tara comprobada del cilindro llenándolo, el cual las 24 estaciones que posee el carrusel de envasado tienen balanza que controlan el llenado de los cilindros de gas de uso doméstico de 15 Kg.



Figura No.5

Los cilindros nuevamente son pesados para la confirmación de los 15 Kg. de gas licuado de petróleo (G.L.P) que determina la ley, si el peso es menor o mayor a las especificaciones que indica la ley los operarios llenan o retiran el G.L.P de los cilindros.

Luego se realiza la comprobación de fugas, el cilindro pasa por una máquina detectora de fugas que expulsa de la línea principal a los cilindros que tienen fugas; al cilindro que no tiene fuga le coloca el sello de seguridad en la válvula. En el carrusel No. 1 existe una máquina paletizadora, en donde automáticamente se llenan los pallets con 35 cilindros; los palets se colocan por medio de un montacargas en la plataforma de un vehículo.

Los carruseles No. 2 y No. 3 no tienen máquina paletizadora, por lo que los cilindros son colocados en los camiones de reparto o plataformas manualmente.

### **3.3 INSTITUCIÓN REGULADORA DE HIDROCARBUROS<sup>5</sup>**

Mediante Registro Oficial No.244 del 27 de Julio del 2010, se publica la Ley de Hidrocarburos, en el cual indica en su Artículo 11 la creación de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, ARCH, como organismo técnico-administrativo, encargado de regular, controlar y fiscalizar las actividades técnicas y operacionales en las diferentes fases de la industria Hidrocarburífera, que realicen las empresas públicas o privadas, nacionales, extranjeras, empresas mixtas, consorcios, asociaciones u otras formas contractuales y demás personas

---

<sup>5</sup> Ley de hidrocarburos, Registro Oficial No.244 del 27 de Julio del 2010

naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que ejecuten actividades hidrocarburíferas en el Ecuador.

Las actividades que debe realizar la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, ARCH son:

- a. Regular, controlar y fiscalizar las operaciones de exploración, explotación, industrialización, refinación, transporte, y comercialización de hidrocarburos;
- b. Controlar la correcta aplicación de la presente Ley, sus reglamentos y demás normativa aplicable en materia hidrocarburíferas;
- c. Ejercer el control técnico de las actividades hidrocarburíferas;
- d. Auditor las actividades hidrocarburíferas, por sí misma o a través de empresas especializadas;
- e. Aplicar multas y sanciones por las infracciones en cualquier fase de la industria hidrocarburífera, por los incumplimientos a los contratos y las infracciones a la presente Ley y a sus reglamentos;
- f. Conocer y resolver sobre las apelaciones y otros recursos que se interpongan respecto de las resoluciones de sus unidades desconcentradas;

- g. Intervenir, directamente o designando interventores, en las operaciones hidrocarburíferas de las empresas públicas, mixtas y privadas para preservar los intereses del Estado;
- h. Fijar y recaudar los valores correspondientes a las tasas por los servicios de administración y control;
- i. Ejercer la jurisdicción coactiva en todos los casos de su competencia.
- j. Solicitar al Ministerio Sectorial, mediante informe motivado, la caducidad de los contratos de exploración y explotación de hidrocarburos, o la revocatoria de autorizaciones o licencias emitidas por el Ministerio Sectorial en las demás actividades hidrocarburíferas; y,
- k. Las demás que le correspondan conforme a esta Ley y los reglamentos que se expidan para el efecto.

### **3.4 SUPERVISIÓN DEL PESO DE G.L.P EN CILINDROS EN LAS PLANTAS ENVASADORAS<sup>6</sup>**

En el Decreto Ejecutivo No. 2282, Reglamento para Comercialización del Gas Licuado, Registro oficial 508 de 4 de febrero de 2002, especifica el reglamento para la actividades de adquisición de G.L.P al granel, su almacenamiento, envasado, transporte y distribución al consumidor.

---

<sup>6</sup> Decreto Ejecutivo No. 2282, Reglamento para Comercialización del Gas Licuado, Registro oficial 508 de 4 de febrero de 2002

La entidad que directamente regula, asegura el cumplimiento de las disposiciones legales y supervisa que se cumpla el reglamento es la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH). En este trabajo de graduación nos enfocaremos únicamente en el envasado de cilindros de 15 kg. de gas licuado de petróleo.

Los criterios de aceptación o rechazo de los cilindros de gas de uso doméstico para este proyecto son los siguientes:

- La clasificación, características y especificaciones del gas licuado de petróleo, de origen nacional o importado, deberán someterse a las normas aprobadas por el INEN y a las disposiciones del Reglamento para Comercialización del Gas Licuado.
- Las unidades de medida a utilizarse tanto para indicar las características como para las transacciones del G.L.P deberán expresarse empleando el sistema de medidas vigente en el Ecuador, sin perjuicio de agregar como información adicional los valores expresados en otro tipo de unidades usadas internacionalmente en la industria del petróleo.
- Las plantas envasadoras de GLP deberán contar con balanzas de la siguiente característica:
  - Una legibilidad de 50 gramos para recipientes de contenido neto de 15 kg.
- Las balanzas deberán estar debidamente calibradas y certificadas por el INEN o por empresas de servicios metrológicos calificadas. La calibración deberá realizarse cada seis meses.

- Las plantas envasadoras deberán contar con pesos patrones que deberán ser calibradas por lo menos una vez al año de manera similar a lo descrito anteriormente.
- El control del peso neto de los cilindros con GLP, será realizado por la ARCH, en las plantas envasadoras, medios de transporte, u otros centros de distribución, para lo cual podrá aplicar cualquier procedimiento
- El contenido neto obtenido de cada una de las muestras no podrá ser menor al 2.5% para los recipientes de 15 kg. los contenidos netos nominales establecidos.
- Por razones de seguridad, ningún recipiente podrá tener contenidos de gas licuado mayores al 2.5% del contenido neto nominal para recipientes de 15 kg.
- En caso de que los resultados obtenidos en el control efectuado excedan de las tolerancias establecidas en el artículo anterior se procederá a realizar inspecciones más exhaustivas aplicando técnicas de muestreo con el fin de decidir la comercialización de los lotes inspeccionados.
- El control se realizará de acuerdo con lo siguiente:
  - a. Control a cargo de las comercializadoras;
  - b. Control anual de los requisitos de calificación, autorización y registro; y,
  - c. Control de la calidad y peso del gas licuado de petróleo y sellos de seguridad.
- Los actos de verificación y control podrán ser realizados en cualquier momento, sin aviso previo al distribuidor:

- Los resultados de los actos de control a cargo de las comercializadoras serán puestos en conocimiento de la ARCH mediante reportes mensuales y cuando, según la importancia del caso, la comercializadora considere importante hacerlo.
- Las comercializadoras organizarán para cada año calendario su programa de verificación y control, y una copia del mismo será entregada en el mes de noviembre del año inmediato anterior a la ARCH.
- La Agencia de Regularización y Control Hidrocarburíferos, en cualquier momento, realizará el control de la adulteración en la calidad del producto, la falsedad del peso del producto, y la ruptura sin autorización previa de los sellos oficiales de seguridad y aplicará las sanciones.
- Si por efectos de este control, se llegare a establecer que la adulteración de la calidad y peso obedece a la falta de control de la comercializadora o a errores en el ejercicio del mismo, la ARCH aplicará las multas que correspondan tanto a la comercializadora como a la persona responsable de la infracción; sin embargo, en forma previa al establecimiento de la sanción, la ARCH hará conocer de este particular a la comercializadora otorgándole un término improrrogable de quince días a fin de que justifique o remedie su incumplimiento, para ello en la notificación se señalará específicamente el incumplimiento en que ha incurrido la comercializadora y le advertirá que de no justificarlo o remediarlo en el término señalado, se impondrá una multa.

### **3.5 SANCIONES POR INCUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA<sup>7</sup>**

La ley de Hidrocarburos menciona las sanciones por el incumplimiento de la normativa, como este proyecto se enfoca del envasado de gas licuado de petróleo aplica el Art. 78 de esta ley el cual indica “la adulteración en la calidad, precio o volumen de los derivados de petróleo, incluido el gas licuado de petróleo y los biocombustibles, será sancionado por el ARCH, la primera ocasión, con una multa de veinticinco a cincuenta remuneraciones básicas unificadas para los trabajadores en general; la segunda ocasión, con multa de cincuenta a cien remuneraciones básicas unificadas para los trabajadores en general y la suspensión de quince días de funcionamiento del establecimiento; y, la tercera ocasión con multa de cien a doscientas remuneraciones básicas unificadas para los trabajadores en general y la clausura definitiva del establecimiento.

Cuando los responsables de las irregularidades descritas en el inciso anterior sean las comercializadoras de combustibles, incluido gas licuado de petróleo y biocombustibles, las multas serán multiplicadas por diez.

Para efecto de determinar la calidad del combustible líquido derivado de hidrocarburos, incluido gas licuado de petróleo o biocombustible, PETROCOMERCIAL abastecedora, o quien haga sus veces, dará las facilidades necesarias para que el organismo calificado, de acuerdo con la Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad, certifique su calidad previa al abastecimiento a la comercializadora.

El certificado de calidad incluido el uso de trazadores de identificación inequívoca del combustible vendido en cada terminal, será otorgado por alguna de las

---

<sup>7</sup> Decreto Supremo No. 2967, LEY DE HIDROCARBUROS

verificadoras autorizadas a operar en el país y aplicando las normas nacionales e internacionales de calidad.

La muestra y el análisis deberán someterse a las normas internacionales vigentes para tales procesos.

El que deliberada y maliciosamente rompiere el sello de seguridad fijado por la ARCH en los surtidores de expendio de combustibles al público o de cualquier forma alterare los sistemas mecánicos, eléctricos o electrónicos, con el objeto de disminuir las cantidades de expendio, será sancionado con una multa de hasta veinticinco remuneraciones básicas unificadas para los trabajadores en general la primera ocasión; de veinticinco hasta cincuenta remuneraciones básicas unificadas para los trabajadores en general la segunda ocasión; y, de cincuenta hasta setenta y cinco remuneraciones básicas unificadas para los trabajadores en general la tercera ocasión. La multa se impondrá de forma motivada, utilizando criterios de valoración objetivos, como: gravedad de la infracción, negligencia, daño producido, alcance de la remediación, volumen de ventas, perjuicio al Estado y al consumidor y otros que se consideren pertinentes guardando proporcionalidad con la infracción, de conformidad con lo que se establezca en el Reglamento.

Se considera circunstancia agravante, que quien incurra en esta infracción sea el propietario o el administrador responsable de una estación de servicio; en este caso las multas se duplicarán. Tales propietarios o administradores no serán responsables por los actos maliciosos de terceros.

De las sanciones impuestas por el Director de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, se podrá apelar ante el Ministro del ramo. Para el cobro de las multas previstas en esta Ley, se otorga jurisdicción coactiva a la ARCH, de conformidad con lo dispuesto en el Código de Procedimiento Civil.

Para la apelación o interposición de cualquier otro recurso, se acompañará el documento que justifique el pago de la multa impuesta, caso contrario será denegado.

Para los efectos de este artículo y los siguientes, las autoridades, dignatarios, servidores, empleados y trabajadores de la ARCH que realizan funciones de control del cumplimiento de las normas de esta Ley, presentarán su declaración patrimonial juramentada al inicio y término de sus funciones, debiendo actualizarla anualmente. La omisión o incumplimiento de esta obligación será causal para la destitución, remoción o terminación del vínculo contractual con quien omitiere o incumpliere”.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. PROPUESTA PARA ESTABLECER UN PLAN DE MUESTREO**

#### **4.1 FORMATO PROPUESTO PARA PESO DE CILINDROS**

Para la verificar el cumplimiento de la normativa vigente, con respecto al envasado de los cilindros de gas de uso doméstico, se propondrá un formato para el registro de los pesos.

Este formato ayudará a llevar un mejor control en el pesado de los cilindros, en el encabezado se describirá el día, hora de inicio y fin en que se pesan los cilindros, asimismo el número del carrusel en donde se está obteniendo la muestra, además el nombre del operario, empleado de la envasadora de estudio y el nombre del técnico de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH).

Además en este formato se calculará la  $\bar{X} - R$  (media – rango), de los subgrupos de la muestra, finalmente existirá firmas de los responsables de esta operación.

A continuación se presenta el formato propuesto:

*“Determinación de un método para identificar el tamaño óptimo de la muestra en el proceso de llenado para asegurar el correcto envasado del cilindro de gas doméstico”*

*Maestría en Gestión de la Productividad y la Calidad*

Fecha:		Hora Inicio:							
Carrusel No.:		Hora Fin:							
Nombre Operador:									
Nombre Técnico ARCH:									
PESO DE CILINDROS									
	No.	Cilindro	Min. 1	Min. 2	Min. 3	Min. 4	Min. 5	?	R
1 muestra									
2 muestra									
3 muestra									
4 muestra									
5 muestra									
.									
.									
.									
.									
96 muestra									
Observaciones:									
Tecnico ARCH					Operador Responsable				

Fuente: Elaboración Tesista

Tabla No. 4

## **4.2 TAMAÑO DE MUESTRA Y FRECUENCIA DEL MUESTREO**

El método para determinar el tamaño de muestra, considerando que la planta envasadora llena en promedio de 24 cilindros en 1 minuto, es el siguiente: a cada cilindro que ingresa al carrusel, la computadora del sistema le asigna un cabezal identificado con un número del 1 al 24.

Se escogerán aleatoriamente 3 de los de los 24 cabezales de la primera vuelta del carrusel. Se conoce que los cabezales de las 24 estaciones del carrusel tienen la misma probabilidad de ser seleccionados (ver tabla No.5).

Se tomará durante cinco minutos, el peso de los cilindros que lleguen a los tres cabezales iniciales, esto quiere decir que un “lote” de 120 cilindros (24 bombonas por minuto en un intervalo de 5 minutos) se escogerá una muestra de 15 que corresponde a cinco cilindros (1 por cada minuto) de tres cabezales determinados.

Veamos el proceso:

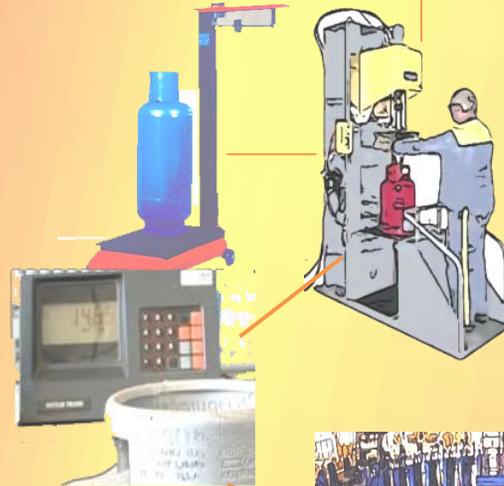
# PROCESO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

**1**  
Operador selecciona aleatoriamente 3 cabezales



Se escogerán aleatoriamente tres cabezales de los cilindros de los 24 de la primera vuelta del carrusel, para ello se generan tres números aleatorios

**2**  
Separa durante 5 minutos cilindros de cada cabezal seleccionado (Total 15 Cilindros)



Se escogerá una muestra de 15 que corresponde a cinco cilindros de tres cabezales determinados, esto quiere decir que el carrusel deberá dar cinco vueltas envasando probablemente 120 cilindros de 15 kg. luego se generará otros tres números aleatorios, aplicando la misma metodología descrita, y así continuamente

**3**  
Pesa cada cilindros de gas

**4**  
Registra el peso del cilindro

**5**  
Despues de 5 minutos se repite la selección de los números aleatorios



En el Decreto Ejecutivo No. 2282, Reglamento para Comercialización del Gas Licuado, indica que contenido neto obtenido de cada una de las muestras no podrá ser menor al 2.5% y que por razones de seguridad, no podrá ser mayor al 2.5% del contenido para recipientes de 15 kg.

Estas probabilidades se muestran a continuación:

Probabilidades				
f(x)		R	F(x)	Cabezal
0.00000	≤	R	< 0.04167	➡ 1
0.04167	≤	R	< 0.08333	➡ 2
0.08333	≤	R	< 0.12500	➡ 3
0.12500	≤	R	< 0.16667	➡ 4
0.16667	≤	R	< 0.20833	➡ 5
0.20833	≤	R	< 0.25000	➡ 6
0.25000	≤	R	< 0.29167	➡ 7
0.29167	≤	R	< 0.33333	➡ 8
0.33333	≤	R	< 0.37500	➡ 9
0.37500	≤	R	< 0.41667	➡ 10
0.41667	≤	R	< 0.45833	➡ 11
0.45833	≤	R	< 0.50000	➡ 12
0.50000	≤	R	< 0.54167	➡ 13
0.54167	≤	R	< 0.58333	➡ 14
0.58333	≤	R	< 0.62500	➡ 15
0.62500	≤	R	< 0.66667	➡ 16
0.66667	≤	R	< 0.70833	➡ 17
0.70833	≤	R	< 0.75000	➡ 18
0.75000	≤	R	< 0.79167	➡ 19
0.79167	≤	R	< 0.83333	➡ 20
0.83333	≤	R	< 0.87500	➡ 21
0.87500	≤	R	< 0.91667	➡ 22
0.91667	≤	R	< 0.95833	➡ 23
0.95833	≤	R	< 1.00000	➡ 24

Tabla No. 5

R: del Inglés "Random" =aleatorios

Por ejemplo en la primera muestra se generó los números 0.25308, 0.84195 y 0.97925 aleatoriamente, en la tabla de probabilidades corresponden a los cabezales 7, 21 y 24; luego de la primera vuelta del carrusel se pesara los cilindros de la estación 7, 21 y 24 durante el primer minuto, en el segundo minuto se continuará pesando las mismas estaciones, así sucesivamente hasta el quinto minuto.

				Probabilidades	
	No.	No. Aleatorio	Cilindro	f(x)	F(x)
1 muestra	1	0.25308	7	0.25001	0.29167
	2	0.84195	21	0.83334	0.87500
	3	0.97925	24	0.95834	1.00000

Tabla No. 6

Luego se generará otros tres números aleatorios, aplicando la misma metodología descrita, y así sucesivamente para el control diario del proceso de envasado de la planta envasadora de estudio.

En las 8 horas laborales que corresponden 480 minutos, en intervalos de 5 minutos se generan 3 números aleatorios finalmente se generarán 288 números aleatorios, obteniendo una muestra total de 1440 cilindros de gas diario para controlar el cumplimiento de las especificaciones legales.

El detalle se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} 8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} &= 480 \text{ minutos} \\ 480 \text{ minutos} / 5 \text{ minutos} &= 96 \text{ minutos} \\ 96 \text{ minutos} \times 3 \text{ No. aleatorios} &= 288 \text{ No. aleatorios} \\ 288 \text{ No. aleatorios} \times 5 \text{ muestras de cilindros} &= 1440 \text{ cilindros} \end{aligned}$$

Para comprobar la efectividad de la muestra obtenida se realizará una comparación con la tabla de muestreo MIL-STD-105D.

La MIL-STD-105D está integrada por una tabla maestra para inspección normal, reducida y rigurosa, así como una tabla para seleccionar un tamaño de muestra.

Para la selección de la muestra se utilizará la inspección normal, se pasa a rigurosa cuando se observa mala calidad del proveedor y se usa la reducida cuando la calidad del proveedor es buena, reduciendo los tamaños de muestra.

Como la capacidad de producir por carrusel es de 1,200 cilindros de GLP por cada lote podemos observar en la tabla No. 7, que se encuentra en el intervalo entre [501 a 1200], para el Nivel de Inspección General II corresponde el código de letras es J.

**CODIGO DE LETRAS DE TAMAÑO DE MUESTRA - TABLA MIL - STD - 105 D**

Tamaño de lote			NIVEL DE INSPECCION ESPECIAL				NIVEL DE INSPECCION GENERAL		
			S - 1	S - 2	S - 3	S - 4	I	II	III
2	a	8	A	A	A	A	A	B	
9	a	15	A	A	A	A	A	C	
16	a	25	A	A	B	B	B	D	
26	a	50	A	B	B	C	C	E	
51	a	90	B	B	C	C	C	F	
91	a	150	B	B	C	D	D	G	
151	a	280	B	C	D	E	E	H	
281	a	500	B	C	D	E	F	J	
501	a	1200	C	C	E	F	G	J	
1201	a	3200	C	D	E	G	H	L	
3201	a	10000	C	D	F	G	J	M	
10001	a	35000	C	D	F	H	K	N	
35001	a	150000	D	E	G	J	L	P	
150001	a	500000	D	E	G	J	M	Q	
500001	y	mas	D	E	H	K	N	R	

Tabla No.7

En la tabla No.8 que se muestra a continuación obtendremos el tamaño de muestra por lote:

PLANES DE MUESTREO UNITARIO PARA INSPECCIONES NORMALES ( TABLA MAESTRA ) - TABLA MIL - STD - 105 D

Tamaño de muestra en código de letra	Tamaño de muestra	NIVEL ACEPTABLE DE CALIDAD ( AQL ) - INSPECCION NORMAL																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
A	2															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	
B	3																			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
C	5															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
D	8														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
E	13														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
F	20														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
G	32														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
H	50														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
J	80														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
K	125														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
L	200														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
M	315														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
N	500														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
P	800														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
Q	1250														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
R	2000														0 1					1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45

 Usar el primer plan de muestreo debajo de la flecha      **Ac**      Número de aceptación  
 Usar el primer plan de muestreo arriba de la flecha      **Re**      Número de rechazo

TABLA No. 8

Como podemos observar en el código de la letra J el tamaño de muestra es 80, con un nivel aceptable de calidad 1.0, acepto el lote si 2 de los cilindros de gas no tienen el peso según las especificaciones, rechazo el lote si 3 de los cilindros de gas no poseen el peso según las especificaciones que indica la normativa.

Con el método propuesto, se escoge aleatoriamente 180 cilindros por lote, con este método de muestreo se está obteniendo una muestra 6 veces mayor a la del muestreo con la tabla militar MIL-STD-105D, por lo que es más efectivo.

Además no se eligió este tipo de muestreo, porque la ley indica que ningún cilindro tiene que tener su peso mayor o menor que las especificaciones, por lo que con el método de muestreo MIL-STD-105D, acepta que dos de los cilindros de gas no tengan el peso según las especificaciones.

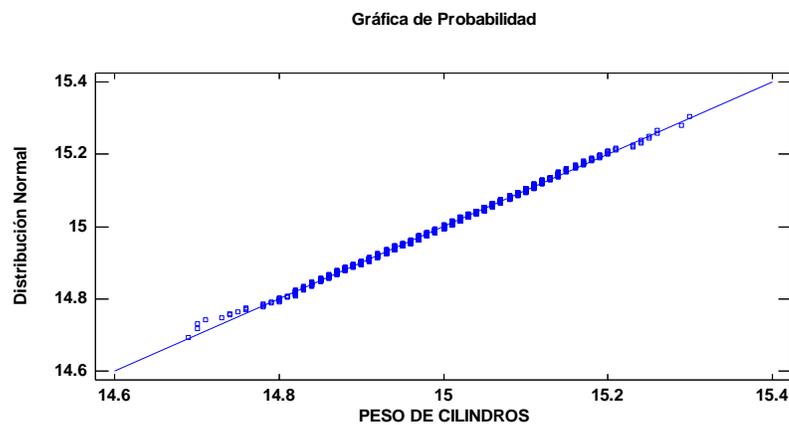
### **4.3 CONTROL DEL PESO DE CILINDRO**

Para monitorear y supervisar si el proceso de envasado de los cilindros de gas se encuentra bajo control se aplicará gráficas de control por variable, para ello se utilizará la grafica de control  $\bar{X} - R$  (medias – rango).

#### **4.3.1 Prueba de Normalidad de la muestra**

Primero identificaremos si los datos obtenidos de la muestra del pesado de los cilindros de gas tienen una distribución normal, para ellos realizaremos una prueba de normalidad, en este caso se aplicará el Estadístico W de Shapiro-Wilk, en el Software Statgraphics.

La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada con los cuartiles de los datos.



Como se observa en la gráfica los datos se ajustan a la linealidad de la recta.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.98678	<b>0.334273</b>

Tabla No. 9

La tabla No. 9 muestra los resultados de pruebas realizadas para determinar si los datos de la muestra obtenida de los pesos de los cilindros de gas tienen una distribución normal.

La prueba de normalidad del Estadístico W de Shapiro-Wilk indica que el 98.67% de los datos de la muestra que se obtuvo llevan una distribución normal y dado que el valor-P es 0.334273 por lo que es mayor a 0.05, podemos determinar que con el 95% de confianza los datos llevan una distribución normal.

#### 4.3.2 Carta de Control $\bar{X} - R$

Luego de que se obtiene los pesos de los cilindros de G.L.P, con las mediciones de cada subgrupo se calculará la Media y los Rangos muestral que contribuirán información sobre la variabilidad del proceso.

Se aplicará las siguientes formulas:

Media de los Subgrupos

$$\bar{X} = \frac{(\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_N)}{N}$$

Rango de los Subgrupos

$$R = \text{Max}(x) - \text{Min}(x)$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

Para la aplicación de las formulas, los datos se muestran en el Anexo 2, los resultados obtenidos son:

$$\bar{X} = 15.00 \text{ Kg.}$$

$$\bar{R} = 0.21 \text{ kg.}$$

Luego encontraremos los límites de control para  $\bar{X}$  y  $R$ , para el proceso de envasado los parámetros de las graficas son:

LIMITES DE CONTROL	
Media	Rango
$LCS = \bar{X} + A_2 \bar{R}$	$LCS = D_4 \bar{R}$
$LCI = \bar{X} - A_2 \bar{R}$	$LCI = D_3 \bar{R}$

Tabla No. 10

Aplicando las formulas los límites son de la gráficas de control para X- bar y el Rango son:

Límites de Control de la Media

$$LCS = 15.00 + (0.577)(0.21)$$

$$LCS = 15.121 \text{ Kg.}$$

$$LCI = 15.00 - (0.577)(0.21)$$

$$LCI = 14.879 \text{ Kg.}$$

### Limites de Control del Rango

$$LCS = 2.115(0.21)$$

$$LCS = 0.444\text{Kg}$$

$$LCI = 0$$

Con la carta de control de  $\bar{X} - R$  permite analizar el comportamiento del proceso de acuerdo a la tendencia central ( $\bar{X}$ ) y de acuerdo a la dispersión ( $R$ ).

Se hará uso del software Statgraphics para realizar las gráficas de control de la media y rango de los pesos de los cilindros de gas de uso doméstico.

Gráfico X-bar para PESO DE CILINDROS

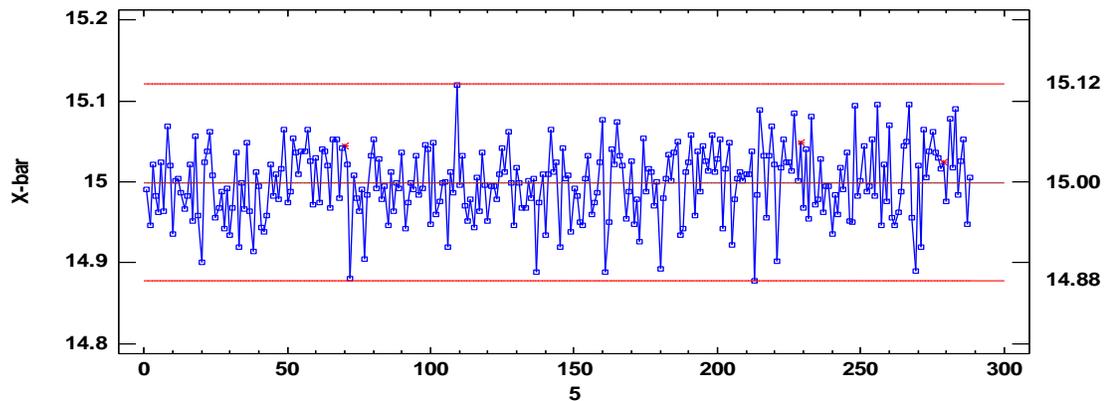


Gráfico No. 5

Gráfico de Rangos para PESO DE CILINDROS

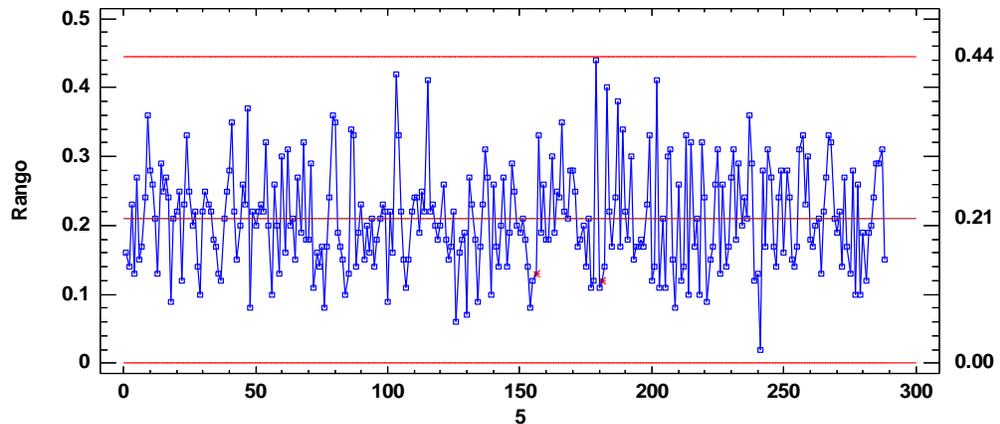


Gráfico No. 6

Como se puede observar en la gráfica de control para  $\bar{X}$  que el peso de los cilindros de G.L.P. están bajo control estadístico en cuanto a la tendencia central, ya que ninguno de los datos supera los límites de control, los pesos de los cilindros oscila de manera estable alrededor de 15 Kg.

Los límites de la gráfica de control para  $\bar{X}$  nos expresan la variación esperada de las medias muestrales; el límite inferior es de 14.88 kg y el límite superior es de 15.12 kg.

En la gráfica de control para **R** expresa que no hay puntos afuera de los límites, además el comportamiento de los puntos no sigue ningún comportamiento en especial, por lo tanto el proceso de envasado de los cilindros de gas de uso doméstico funciona de una manera estable en cuanto a la amplitud de la variación.

Además se puede observar en las gráficas de control para  $\bar{X}$  y **R** que el número de puntos por debajo y por encima de la línea central es casi igual.

#### 4.4 CAPACIDAD DEL PROCESO

Para considerar si que el proceso de envasado de G.L.P. funciona de una manera satisfactoria según las especificaciones que indica la legislación del Ecuador se realizará un análisis de la capacidad del proceso.

En el Decreto Ejecutivo No. 2282, Reglamento para Comercialización del Gas Licuado, Registro oficial 508 de 4 de febrero de 2002 indica que contenido neto obtenido de cada una de las muestras no podrá ser menor al 2.5% y que por razones de seguridad, no podrá ser mayor al 2.5% del contenido para recipientes de 15 kg.

Por tal motivo los límites de especificación son  $15 \pm 2.5\%$ , estos límites de especificación son:

$$LSE = 15 + 0.375$$

$$LSE = 15.375kg$$

$$LIE = 15 - 0.375$$

$$LIE = 14.625kg$$

Se utilizará el software statgraphics para el procesamiento de los datos de la muestra obtenida del peso de los cilindros de gas.

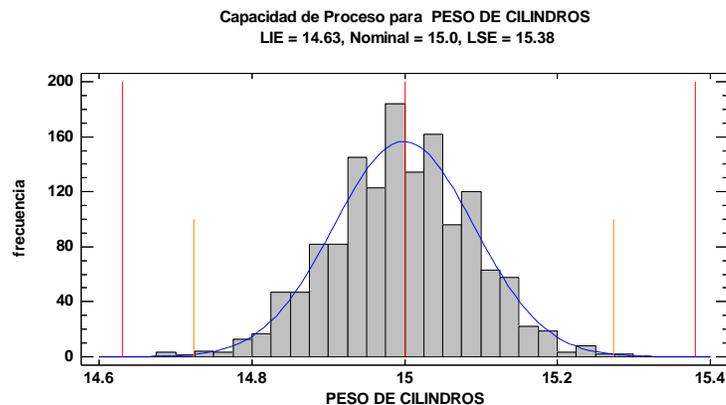


Grafico No. 7

El gráfico muestra que los datos llevan una distribución normal y que el proceso está bajo control y cumple con las especificaciones que indica la ley.

#### 4.4.1 ÍNDICES DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE ENVASADO

##### 4.4.1.1 Índice de capacidad potencial de proceso

Para realizar las mediciones especializadas para evaluar la capacidad del proceso se aplicará el Índice de capacidad potencial de proceso  $C_p$  el cual compara el ancho de las especificaciones o variación tolerada con la amplitud de la variación real del proceso.

Como desconocemos la desviación estándar  $\sigma$  la obtendremos de la siguiente manera:

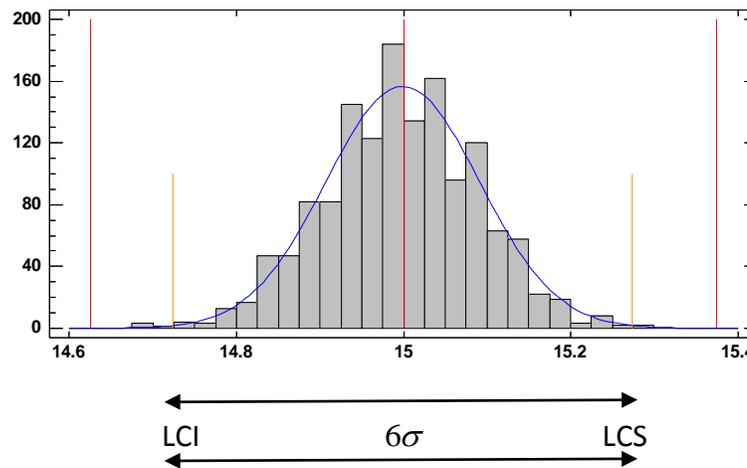


Grafico No. 8

La distribución normal tiene  $6\sigma$  (desviaciones estándar) que representa aproximadamente el 99.9% de área bajo la curva, por lo que la desviación estándar es igual al límite superior de control menos el límite inferior de control sobre 6.

$$6\sigma = LSC - LIC$$

$$\sigma = \frac{15.121 - 14.879}{6}$$

$$\sigma = 0.040 \text{ kg.}$$

Una vez que se obtuvo la desviación estándar calcularemos el índice de capacidad potencial de proceso

$$C_p = \frac{\text{Variación Tolerada}}{\text{Variación Real}}$$

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

$$C_p = \frac{15.375 - 14.625}{6(0.040)}$$

$$C_p = 3.125$$

El proceso de envasado es capaz de cumplir con las especificaciones, el índice de la capacidad del proceso es 3.125 mayor que 1.

#### **4.4.1.2 Índices de capacidad para la especificación inferior y superior**

Tomando en cuenta que el índice de capacidad potencial de proceso no considera a la media del proceso  $\mu$  (centrado del proceso) se evaluará por separado el cumplimiento de las especificaciones inferior y superior, calculan la distancia de la media del proceso a una de las especificaciones, a esa distancia se divide entre  $3\sigma$  porque solo se está considerando la mitad de la variación del proceso.

$$C_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma}$$

$$C_{ps} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pi} = \frac{15.00 - 14.625}{3(0.040)}$$

$$C_{ps} = \frac{15.375 - 15.00}{3(0.040)}$$

$$C_{pi} = 3.125$$

$$C_{ps} = 3.125$$

Los índices de capacidad para la especificación inferior y superior son mayores que 1 por lo tanto el proceso de envasado es capaz.

#### 4.4.1.3 Índices de capacidad real del proceso

Este índice si toma en cuenta el centrado del proceso, es igual al índice unilateral más pequeño.

$$C_{pk} = \text{Mínimo}(C_{pi}, C_{ps})$$

$$C_{pk} = \text{Mínimo}(3.125, 3.125)$$

$$C_{pk} = 3.125$$

El proceso de envasado de G.L.P. es realmente capaz en el cumplimiento de las especificaciones, los pesos de los cilindros de gas de uso doméstico tienen un peso adecuado.

Los índices de capacidad potencial y real son muy próximos esto quiere decir que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Al analizar el proceso de envasado de los cilindros de uso doméstico se puede concluir que el procedimiento es confiable en cuanto al cumplimiento eficiente de las especificaciones legales.
- Con este método de muestreo se elegirá aleatoriamente el cilindro de G.L.P. que se pesara, así se asegurará la objetividad en la selección de la muestra que se obtenga en la selección de los cilindros de gas evitando todo sesgo, que un operador elija de forma predeterminada un cabezal específico
- El método de muestreo propuesto es más eficiente en comparación la muestra que se obtuviera con la tabla militar MIL-STD-105D, con este método de muestreo se está obteniendo una muestra 6 veces mayor.

- En el Decreto Ejecutivo No. 2282, Reglamento para Comercialización del Gas Licuado, Registro oficial 508 de 4 de febrero de 2002, en su artículo 52, indica “Balanzas: Las plantas envasadoras de G.L.P deberán contar con balanzas de las siguientes características:

Una legibilidad de 50 gramos para recipientes de contenido neto de 15 kg”.

Esto quiere decir que la resolución ( capacidad de lectura) va de 50 a 50 gramos, si la especificación de la normativa indica que el contenido del cilindro es  $15 \pm 2.5\%$  kg., la legibilidad debería ser de 5 gramos.

- El peso de los cilindros G.L.P que se obtuvieron de la muestra, están bajo control estadístico ya que ninguno de los datos supera los límites de control.
- El peso de los cilindros de gas cumple con las especificaciones que indica la normativa vigente, tienen un peso adecuado, por lo que el proceso del envasado de la entidad de estudio es realmente capaz en el cumplimiento de las especificaciones.
- El proceso de envasado de los cilindros de gas se comporta dentro del rango normal por lo que los clientes reciben un producto o servicio que satisface sus necesidades.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Utilizar el método de muestreo propuesto en las plantas envasadoras para la verificación del peso de los cilindros y llevar un control estadísticos de los datos para determinar si el proceso de envasado cumple con las especificaciones que indica la normativa.
- Motivar a las plantas envasadoras de todo el país, que lleven un control estadístico del proceso de envasado para beneficio del consumidor final.
- Revisar la legislación vigente. Existe inconsistencia en la legibilidad de las balanzas con respecto al contenido neto de los cilindros.
- Considerar en la ley la media muestral y el rango como parámetros de control en lugar de un peso individual de un cilindro específico.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] ESTADÍSTICA HIDROCARBURIFERA, primer semestre 2012 (<http://www.she.gob.ec/portal/es/web/hidrocarburos/year-2012>).
- [2] [http://www.repsol.com/pe\\_es/productos\\_y\\_servicios/productos/glp\\_butano\\_y\\_propano/repsolgas/propiedades\\_del\\_glp/](http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/repsolgas/propiedades_del_glp/)
- [3] Reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 024:2008, Transporte, Almacenamiento, Envasado y Distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en Cilindros y Tanques, primera edición.
- [4] Ley de hidrocarburos, Registro Oficial No.244 del 27 de Julio del 2010.
- [5] Decreto Ejecutivo No. 2282, Reglamento para Comercialización del Gas Licuado, Registro oficial 508 de 4 de febrero de 2002.
- [6] Decreto Supremo No. 2967, LEY DE HIDROCARBUROS.
- [7] Gutiérrez H. (2010), Calidad Total y Productividad, 3era edición, McGraw Hill.
- [8] Montgomery D. (2004), Control Estadístico de Calidad, 3era edición, Limusa Wiley.
- [9] PAREDES BARRIOS, Julio Farnesio. Elaboración y Descripción del Procedimiento al Plan Nacional de Supervisión para controlar el peso del gas licuado de Petróleo en cilindros metálicos portátiles en las plantas envasadoras en el Ministerio de Energía Y Minas Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Mecánica Industrial. 2012

**A**

**N**

**E**

**X**

**O**

**S**

**ANEXO 1**  
**TABLA NUMERO ALEATOIOS**

Números Aleatorios											
0.25308	0.28328	0.03170	0.74358	0.73171	0.36976	0.69712	0.53256	0.02791	0.23025	0.92402	0.88976
0.84195	0.90135	0.72756	0.44631	0.08584	0.19047	0.17961	0.80427	0.43477	0.83571	0.22726	0.32166
0.97925	0.95119	0.10664	0.63515	0.66378	0.98360	0.37295	0.20688	0.91199	0.62564	0.86240	0.56608
0.59859	0.22856	0.27449	0.89747	0.89643	0.42423	0.69655	0.05178	0.35172	0.29696	0.15366	0.82633
0.97167	0.80713	0.57824	0.66651	0.01238	0.84584	0.33522	0.24445	0.84970	0.80476	0.03988	0.04437
0.93164	0.10920	0.09727	0.49535	0.18654	0.78983	0.13054	0.52748	0.40566	0.83381	0.66018	0.66455
0.39118	0.51032	0.37669	0.52423	0.06955	0.60817	0.58561	0.66774	0.53908	0.90320	0.34652	0.83629
0.35756	0.82534	0.94398	0.21163	0.49198	0.51890	0.37627	0.17909	0.77914	0.50287	0.89926	0.80373
0.65247	0.37568	0.98343	0.71094	0.45294	0.93949	0.15914	0.80401	0.48431	0.08552	0.99642	0.30615
0.18308	0.44954	0.10107	0.47778	0.84803	0.75816	0.78804	0.41162	0.24957	0.19018	0.31513	0.28824
0.15190	0.83899	0.36329	0.04781	0.20966	0.18797	0.37311	0.58660	0.20000	0.67497	0.34181	0.20957
0.41060	0.11325	0.57303	0.72784	0.81945	0.71770	0.85629	0.45402	0.77233	0.08721	0.74011	0.34347
0.18110	0.31657	0.35635	0.75857	0.85819	0.96758	0.64647	0.54555	0.81628	0.02427	0.17221	0.92031
0.62504	0.34102	0.86801	0.28022	0.16432	0.01271	0.69610	0.64103	0.06408	0.27381	0.96625	0.39864
0.97959	0.68095	0.23186	0.05889	0.04503	0.30285	0.73622	0.09003	0.95009	0.60486	0.91730	0.12346
0.45036	0.53003	0.44792	0.74820	0.72334	0.40712	0.94877	0.21021	0.02333	0.85361	0.11426	0.83180
0.39561	0.18944	0.09285	0.66980	0.62511	0.33952	0.39608	0.51007	0.13739	0.68123	0.53003	0.51643
0.49213	0.89156	0.35312	0.53669	0.13139	0.87548	0.22089	0.03154	0.95186	0.39893	0.90916	0.69065
0.48996	0.34151	0.23484	0.01172	0.40821	0.05419	0.28703	0.64118	0.36041	0.51340	0.07344	0.85276
0.23898	0.53616	0.08278	0.44331	0.83185	0.17691	0.29589	0.51715	0.86664	0.59364	0.78577	0.48585
0.35272	0.07149	0.75842	0.75261	0.06367	0.78841	0.58246	0.15473	0.96494	0.83766	0.37924	0.34817
0.49673	0.18454	0.39814	0.60506	0.30898	0.41775	0.06979	0.94165	0.04013	0.11444	0.14447	0.61411
0.78988	0.55416	0.74856	0.11104	0.09695	0.75409	0.52504	0.06806	0.26958	0.32508	0.62468	0.54033
0.17076	0.95969	0.76556	0.70858	0.66665	0.35529	0.15390	0.97472	0.07629	0.96516	0.00704	0.82543

**ANEXO 2**

<b>PESO DE CILINDROS</b>									
	<b>No.</b>	<b>Cilindro</b>	<b>Min. 1</b>	<b>Min. 2</b>	<b>Min. 3</b>	<b>Min. 4</b>	<b>Min. 5</b>	<b>media</b>	<b>Rango</b>
1 muestra	1	7	14,99	15,04	15,04	14,94	14,96	14,99	0,10
	2	21	15,00	15,00	14,88	15,01	15,06	14,99	0,18
	3	24	15,04	14,94	15,05	15,01	14,93	14,99	0,12
2 muestra	4	15	14,88	15,01	14,96	15,05	15,01	14,98	0,17
	5	24	15,04	14,94	14,89	15,20	14,88	14,99	0,32
	6	23	14,86	15,05	14,86	15,00	14,84	14,92	0,21
3 muestra	7	10	14,98	14,92	15,06	14,94	15,02	14,98	0,14
	8	9	14,97	15,01	15,09	15,05	15,02	15,03	0,12
	9	16	15,00	15,16	14,92	15,03	14,97	15,02	0,24
4 muestra	10	5	14,92	15,09	15,11	14,91	15,26	15,06	0,35
	11	4	15,00	15,03	15,13	15,01	14,97	15,03	0,16
	12	10	14,91	14,86	14,95	14,90	15,20	14,96	0,34
5 muestra	13	5	15,14	14,95	15,06	15,06	15,00	15,04	0,19
	14	16	14,92	14,97	14,93	14,93	14,99	14,95	0,08
	15	24	15,14	15,07	14,98	15,11	15,06	15,07	0,15
6 muestra	16	11	14,98	14,97	14,90	15,08	14,98	14,98	0,18
	17	10	14,93	14,91	15,03	14,99	14,97	14,97	0,12
	18	12	15,00	14,88	15,08	14,96	14,86	14,95	0,22
7 muestra	19	12	15,06	15,14	14,99	15,07	14,84	15,02	0,30
	20	6	14,94	15,05	15,05	15,00	15,06	15,02	0,12
	21	9	15,15	15,19	15,01	15,04	15,08	15,10	0,18

8 muestra	22	12	14,95	14,94	14,85	15,02	14,87	14,93	0,17
	23	19	14,88	15,14	14,95	14,98	15,04	15,00	0,26
	24	5	14,95	14,97	14,90	14,90	15,00	14,94	0,10
9 muestra	25	7	14,88	15,12	14,90	14,95	14,91	14,95	0,24
	26	22	14,95	14,94	14,88	15,00	15,02	14,96	0,14
	27	23	15,10	15,02	15,14	14,73	15,12	15,02	0,41
10 muestra	28	6	15,02	15,01	15,01	14,83	15,09	14,99	0,26
	29	20	14,99	15,07	15,04	15,15	14,88	15,03	0,27
	30	3	15,06	14,95	14,93	15,17	15,07	15,04	0,24
11 muestra	31	13	14,95	14,93	15,08	15,12	14,98	15,01	0,19
	32	20	14,92	15,14	15,02	14,95	15,12	15,03	0,22
	33	10	14,93	14,92	15,04	14,94	14,76	14,92	0,28
12 muestra	34	11	14,93	14,92	14,90	14,84	14,97	14,91	0,13
	35	21	15,09	15,07	14,92	14,86	14,95	14,98	0,23
	36	3	14,93	15,01	15,07	14,87	14,88	14,95	0,20
13 muestra	37	8	15,09	14,92	14,92	14,93	15,17	15,01	0,25
	38	9	15,03	15,20	15,02	14,93	15,00	15,04	0,27
	39	17	15,12	15,03	14,96	14,98	15,01	15,02	0,16
14 muestra	40	13	15,17	15,05	14,96	15,01	14,92	15,02	0,25
	41	5	15,19	14,93	15,08	15,05	15,01	15,05	0,25
	42	22	15,07	15,05	15,11	15,04	15,04	15,06	0,07
15 muestra	43	9	15,10	15,02	14,96	15,03	14,99	15,02	0,14

	44	13	14,83	14,95	14,94	15,05	14,90	14,93	0,21
	45	2	14,91	15,14	15,07	14,99	14,98	15,02	0,23
16 muestra	46	5	15,01	15,04	15,06	14,91	14,87	14,98	0,19
	47	14	14,75	15,11	14,89	15,23	15,00	15,00	0,48
	48	24	14,93	15,15	15,08	15,02	14,93	15,02	0,22
17 muestra	49	1	15,03	14,83	15,11	14,83	14,99	14,96	0,27
	50	18	14,96	15,00	14,98	15,04	14,99	14,99	0,08
	51	3	15,08	14,97	15,01	15,05	14,99	15,02	0,11
18 muestra	52	7	15,13	14,95	15,03	14,99	14,97	15,02	0,18
	53	14	14,94	14,94	15,00	15,04	14,98	14,98	0,10
	54	3	14,87	15,10	15,04	15,02	14,81	14,97	0,30
19 muestra	55	10	14,99	15,12	15,09	14,87	15,09	15,03	0,25
	56	23	15,05	15,08	15,02	15,09	14,99	15,05	0,10
	57	24	14,88	14,97	15,15	15,01	15,08	15,02	0,27
20 muestra	58	3	15,07	15,00	15,06	15,11	14,83	15,02	0,28
	59	9	15,09	15,00	14,99	15,03	15,10	15,04	0,12
	60	14	14,93	15,15	14,99	14,94	14,94	14,99	0,21
21 muestra	61	9	14,91	14,97	15,05	15,09	15,06	15,02	0,18
	62	21	15,01	15,10	15,01	15,07	15,06	15,05	0,09
	63	6	15,03	15,00	15,06	15,07	14,93	15,02	0,14
22 muestra	64	11	15,04	14,82	14,88	14,94	14,79	14,90	0,26
	65	3	14,94	15,07	14,84	14,99	15,10	14,99	0,26

	66	9	14,84	15,11	15,03	15,18	15,03	15,04	0,34
23 muestra	67	6	14,99	15,11	14,91	15,09	15,06	15,03	0,19
	68	2	14,92	14,86	15,03	14,97	14,97	14,95	0,18
	69	19	14,95	14,87	14,92	14,93	15,15	14,96	0,27
24 muestra	70	10	15,13	14,88	15,04	14,71	15,03	14,96	0,42
	71	18	14,87	14,84	15,04	14,97	15,08	14,96	0,24
	72	19	14,98	14,95	14,97	14,91	14,88	14,94	0,11
25 muestra	73	18	15,12	15,03	15,04	14,94	15,04	15,04	0,18
	74	11	14,97	15,08	15,00	15,02	14,91	15,00	0,17
	75	16	14,97	15,03	15,17	14,85	15,01	15,00	0,32
26 muestra	76	22	15,01	14,92	15,02	14,99	14,84	14,96	0,17
	77	16	14,89	14,98	14,90	14,99	15,00	14,95	0,11
	78	12	15,10	14,94	14,95	14,93	15,00	14,99	0,17
27 muestra	79	14	14,95	14,93	14,95	15,21	14,98	15,00	0,28
	80	6	15,16	14,97	14,86	14,87	14,99	14,97	0,30
	81	18	14,96	14,99	14,87	15,06	14,88	14,95	0,19
28 muestra	82	12	14,82	15,07	15,03	14,89	14,88	14,94	0,25
	83	2	15,01	14,94	14,99	14,99	15,02	14,99	0,07
	84	18	14,91	14,96	15,09	15,11	15,09	15,03	0,20
29 muestra	85	19	15,06	14,97	15,07	15,08	15,12	15,06	0,15
	86	7	15,08	15,06	14,92	15,05	15,14	15,05	0,22
	87	2	15,03	14,89	14,97	14,96	14,94	14,96	0,13

30 muestra	88	18	15,06	15,03	14,99	15,07	15,18	15,06	0,19
	89	17	15,01	14,95	14,89	15,00	15,06	14,98	0,17
	90	13	15,10	14,97	14,96	15,12	14,98	15,02	0,16
31 muestra	91	1	15,02	14,99	15,02	15,14	15,14	15,06	0,15
	92	11	14,84	15,01	15,05	14,79	14,86	14,91	0,25
	93	19	15,05	14,87	14,97	15,09	14,87	14,97	0,22
32 muestra	94	15	14,92	14,80	15,01	14,88	15,09	14,94	0,29
	95	3	14,96	14,97	14,97	15,02	14,93	14,97	0,09
	96	18	15,04	14,96	15,05	15,01	14,98	15,01	0,09
33 muestra	97	18	14,82	14,92	15,05	15,01	14,93	14,95	0,23
	98	3	14,91	14,85	14,95	14,96	15,08	14,95	0,22
	99	16	14,82	14,98	14,88	15,03	14,95	14,93	0,21
34 muestra	100	22	14,91	15,09	15,12	15,11	15,08	15,06	0,21
	101	1	15,09	15,03	14,94	15,08	15,07	15,04	0,15
	102	5	15,11	14,97	15,01	14,95	14,92	14,99	0,20
35 muestra	103	2	15,09	14,91	15,06	14,97	15,20	15,05	0,29
	104	12	14,86	15,05	14,89	14,97	14,93	14,94	0,19
	105	11	14,97	15,08	14,74	15,11	14,94	14,97	0,37
36 muestra	106	21	15,06	14,88	14,82	14,94	15,14	14,97	0,32
	107	6	15,08	15,24	15,05	14,98	14,90	15,05	0,34
	108	<b>20</b>	15,04	15,26	15,03	15,00	15,03	15,07	0,26
37 muestra	109	21	14,96	14,98	14,80	15,02	14,94	14,94	0,22

	110	4	15,05	15,01	15,12	15,07	15,08	15,07	0,11
	111	2	15,12	15,10	14,85	15,15	15,01	15,05	0,31
38 muestra	112	18	15,10	14,91	15,02	15,01	15,01	15,01	0,18
	113	16	14,90	14,94	14,87	14,96	14,93	14,92	0,09
	114	4	15,06	15,01	15,01	14,99	15,07	15,03	0,08
39 muestra	115	10	15,13	14,93	15,06	15,03	15,07	15,04	0,20
	116	20	14,82	15,12	14,96	15,14	15,04	15,02	0,32
	117	2	15,08	14,96	15,05	14,97	15,11	15,03	0,14
40 muestra	118	8	15,15	15,04	15,01	15,01	14,97	15,04	0,18
	119	3	14,91	14,93	14,97	14,97	15,00	14,95	0,09
	120	16	15,08	15,05	14,92	15,14	14,96	15,03	0,22
41 muestra	121	9	15,06	15,10	14,96	14,98	15,02	15,02	0,14
	122	5	14,81	15,02	14,83	14,91	14,88	14,89	0,22
	123	24	14,89	15,07	15,09	15,09	15,05	15,04	0,21
42 muestra	124	11	14,97	15,00	14,87	15,09	15,11	15,01	0,24
	125	21	15,05	14,98	15,00	15,06	15,29	15,07	0,31
	126	18	14,95	14,92	14,94	15,14	14,98	14,99	0,22
43 muestra	127	15	15,03	14,92	15,02	15,13	15,10	15,04	0,22
	128	13	14,84	15,00	15,11	14,80	15,00	14,95	0,32
	129	23	15,04	14,94	14,98	14,97	15,02	14,99	0,10
44 muestra	130	19	14,98	15,04	15,04	15,05	14,90	15,00	0,15
	131	5	15,09	15,04	15,03	15,11	14,78	15,01	0,33

	132	18	14,87	14,95	15,02	15,06	14,92	14,97	0,19
45 muestra	133	24	15,00	14,88	15,16	15,02	15,11	15,03	0,28
	134	1	15,01	14,87	15,07	15,07	15,00	15,01	0,21
	135	8	14,97	15,00	14,95	15,04	15,03	15,00	0,10
46 muestra	136	10	14,99	14,98	14,94	14,95	14,94	14,96	0,04
	137	9	15,01	15,00	15,14	14,98	15,17	15,06	0,19
	138	22	14,91	15,16	15,02	15,03	14,97	15,02	0,25
47 muestra	139	2	14,87	14,82	15,01	15,11	14,83	14,93	0,28
	140	5	14,93	15,04	15,07	15,12	14,84	15,00	0,28
	141	19	14,99	14,93	15,12	15,02	15,13	15,04	0,20
48 muestra	142	11	15,04	15,11	15,06	14,96	15,02	15,04	0,15
	143	19	14,94	15,03	14,85	14,70	15,06	14,92	0,37
	144	9	14,98	14,84	15,02	15,02	15,08	14,99	0,25
49 muestra	145	17	15,01	14,94	15,02	15,11	15,14	15,04	0,20
	146	5	15,00	15,17	14,90	14,92	14,96	14,99	0,27
	147	9	15,04	14,84	14,89	14,97	15,09	14,97	0,25
50 muestra	148	17	14,97	15,05	14,91	15,08	15,08	15,02	0,16
	149	9	14,82	15,04	14,88	14,97	15,02	14,94	0,22
	150	4	14,84	14,97	15,09	15,08	15,00	14,99	0,24
51 muestra	151	15	14,82	15,02	15,05	14,98	14,87	14,95	0,23
	152	10	15,03	14,91	15,06	15,06	15,03	15,02	0,15
	153	4	15,07	14,95	14,91	15,06	14,86	14,97	0,21

52 muestra	154	19	14,96	14,93	15,10	15,14	15,02	15,03	0,21
	155	9	14,96	15,12	15,07	15,05	14,92	15,03	0,20
	156	21	14,99	15,00	15,02	14,93	15,00	14,99	0,09
53 muestra	157	16	15,10	14,96	14,96	14,87	14,82	14,94	0,28
	158	17	15,00	15,05	14,84	14,97	14,97	14,97	0,20
	159	18	14,93	14,94	15,13	14,98	15,01	15,00	0,20
54 muestra	160	23	15,16	14,93	15,02	14,88	14,97	14,99	0,28
	161	10	14,82	15,10	15,10	14,91	15,03	14,99	0,28
	162	6	14,85	15,16	14,85	15,00	14,82	14,94	0,34
55 muestra	163	7	14,91	14,85	15,00	15,00	14,98	14,95	0,15
	164	8	15,04	15,00	15,07	14,83	15,01	14,99	0,24
	165	14	14,98	14,92	14,93	15,13	14,96	14,98	0,20
56 muestra	166	2	15,12	14,96	14,92	14,93	15,00	14,99	0,20
	167	13	14,96	14,98	15,02	15,00	14,92	14,97	0,10
	168	4	14,98	14,90	14,82	15,02	15,05	14,96	0,23
57 muestra	169	13	14,94	14,98	15,00	15,19	15,03	15,03	0,25
	170	20	14,99	14,91	14,87	14,93	15,17	14,98	0,30
	171	5	14,88	14,98	15,05	14,88	14,99	14,96	0,18
58 muestra	172	2	15,05	15,10	15,01	15,01	15,08	15,05	0,09
	173	6	14,96	15,02	15,06	15,10	14,95	15,02	0,14
	174	13	15,00	15,00	14,97	15,04	15,21	15,05	0,25
59 muestra	175	17	14,94	14,92	15,05	14,95	15,11	14,99	0,19

	176	5	15,00	15,08	15,07	14,96	14,94	15,01	0,15
	177	20	15,03	14,97	14,95	15,05	14,98	15,00	0,11
60 muestra	178	10	15,13	15,01	14,86	14,99	15,01	15,00	0,27
	179	15	15,01	15,11	14,98	14,97	15,30	15,07	0,33
	180	11	15,07	14,90	14,98	14,99	14,97	14,98	0,17
61 muestra	181	14	14,91	14,96	14,84	15,01	15,12	14,97	0,28
	182	16	15,03	14,97	15,02	14,96	15,11	15,02	0,14
	183	3	15,01	14,99	14,89	15,07	14,98	14,99	0,18
62 muestra	184	6	14,93	14,95	15,02	15,16	15,05	15,02	0,22
	185	13	14,94	15,09	14,89	14,96	14,85	14,95	0,25
	186	1	14,98	15,07	15,03	14,90	14,96	14,99	0,17
63 muestra	187	16	14,80	15,06	14,93	15,00	15,12	14,98	0,32
	188	13	14,90	14,87	14,89	15,00	14,80	14,89	0,21
	189	4	14,88	14,98	14,99	14,94	14,96	14,95	0,10
64 muestra	190	23	15,01	15,05	15,02	15,06	14,85	15,00	0,22
	191	2	14,90	15,02	15,02	15,05	14,99	15,00	0,15
	192	24	15,10	15,00	14,94	15,01	14,78	14,97	0,32
65 muestra	193	1	15,00	15,10	15,02	14,98	14,87	15,00	0,23
	194	11	15,15	15,05	15,02	15,02	15,08	15,06	0,13
	195	22	14,91	14,97	15,03	15,12	14,99	15,00	0,21
66 muestra	196	9	14,99	14,89	15,01	15,06	14,92	14,97	0,17
	197	21	15,14	14,95	14,99	14,69	15,11	14,97	0,46

	198	10	14,86	14,92	15,11	15,02	15,00	14,98	0,25
67 muestra	199	13	15,08	15,15	15,02	14,90	14,85	15,00	0,30
	200	19	14,90	15,05	14,90	14,93	15,07	14,97	0,17
	201	12	14,80	14,97	15,03	14,85	14,90	14,91	0,23
68 muestra	202	6	14,78	15,14	14,90	14,97	14,92	14,94	0,36
	203	5	15,02	14,91	15,02	14,94	14,86	14,95	0,16
	204	19	14,99	15,06	14,95	14,94	15,04	15,00	0,12
69 muestra	205	20	15,13	15,08	15,09	15,04	15,17	15,10	0,13
	206	2	15,09	15,02	15,01	15,03	15,03	15,04	0,09
	207	23	14,92	15,13	14,76	15,16	15,03	15,00	0,40
70 muestra	208	1	14,89	15,00	14,97	14,93	15,05	14,97	0,17
	209	4	14,92	14,98	15,04	15,00	14,85	14,96	0,19
	210	23	14,87	14,91	15,09	15,25	14,97	15,02	0,39
71 muestra	211	9	14,90	14,91	15,03	15,10	15,11	15,01	0,21
	212	21	15,04	14,94	14,91	15,10	15,12	15,02	0,21
	213	24	14,89	15,16	14,90	14,99	14,98	14,98	0,26
72 muestra	214	1	14,96	14,94	15,00	14,93	15,05	14,98	0,12
	215	7	15,00	15,08	15,11	15,06	15,09	15,07	0,11
	216	2	15,11	14,99	15,06	15,08	14,93	15,03	0,18
73 muestra	217	7	15,00	15,07	15,02	14,94	15,02	15,01	0,13
	218	20	14,96	14,89	15,08	14,97	15,10	15,00	0,22
	219	16	15,12	14,97	14,85	15,05	15,03	15,00	0,28

74 muestra	220	8	14,92	14,94	15,05	14,84	15,10	14,97	0,27
	221	20	15,00	15,05	15,12	14,98	15,09	15,05	0,14
	222	21	14,86	14,95	15,09	15,00	14,98	14,98	0,23
75 muestra	223	22	15,12	15,18	14,97	15,00	15,11	15,08	0,21
	224	13	15,00	14,96	15,15	15,02	14,89	15,00	0,26
	225	3	14,93	14,92	14,91	15,10	15,17	15,01	0,26
76 muestra	226	5	14,99	14,76	14,88	15,04	15,10	14,95	0,34
	227	17	15,12	15,06	14,91	14,87	14,97	14,99	0,25
	228	3	15,05	15,02	14,78	15,06	15,05	14,99	0,29
77 muestra	229	1	15,00	14,90	14,96	15,08	15,10	15,01	0,20
	230	7	14,89	15,02	14,93	15,19	15,00	15,01	0,30
	231	15	14,93	15,19	14,83	15,14	15,00	15,02	0,36
78 muestra	232	21	14,81	14,86	15,13	15,03	15,00	14,97	0,32
	233	17	15,18	14,88	14,92	14,96	15,05	15,00	0,30
	234	10	15,04	15,10	14,94	15,14	15,02	15,05	0,20
79 muestra	235	13	14,93	15,00	15,02	14,90	15,12	14,99	0,21
	236	15	15,03	14,96	15,03	15,08	15,03	15,03	0,13
	237	21	14,97	15,06	15,15	14,85	14,86	14,98	0,30
80 muestra	238	3	14,99	14,92	14,96	14,93	15,05	14,97	0,14
	239	8	15,05	14,83	15,04	14,94	15,03	14,98	0,22
	240	24	15,04	14,94	14,94	14,92	15,07	14,98	0,15
81 muestra	241	23	15,05	14,98	14,92	14,87	14,97	14,96	0,18

	242	6	15,03	14,93	15,06	14,95	15,05	15,00	0,13
	243	21	15,16	15,02	15,17	15,01	15,00	15,07	0,18
82 muestra	244	4	14,94	15,08	15,02	15,10	14,85	15,00	0,25
	245	1	15,14	15,02	14,96	15,00	14,96	15,02	0,18
	246	16	15,05	14,97	15,03	15,03	15,04	15,02	0,08
83 muestra	247	9	14,86	14,97	15,20	15,03	15,01	15,02	0,34
	248	22	14,89	14,94	15,07	15,11	15,02	15,00	0,23
	249	24	15,01	14,99	15,11	15,09	15,13	15,06	0,14
84 muestra	250	8	15,06	15,01	15,08	15,09	15,05	15,06	0,08
	251	9	15,03	14,92	14,97	14,94	15,02	14,98	0,11
	252	18	14,89	15,07	14,96	15,17	15,05	15,03	0,28
85 muestra	253	5	14,94	15,08	14,90	14,98	15,14	15,01	0,24
	254	24	15,11	15,01	15,25	14,91	15,10	15,07	0,34
	255	23	14,97	15,21	15,11	15,01	15,08	15,08	0,24
86 muestra	256	3	15,09	15,23	14,93	15,05	14,91	15,04	0,32
	257	13	15,20	15,07	15,15	15,02	14,97	15,08	0,23
	258	22	15,00	14,98	14,95	15,15	15,03	15,02	0,20
87 muestra	259	2	14,97	14,97	14,96	15,01	15,16	15,01	0,20
	260	19	15,01	15,14	14,96	15,10	15,14	15,07	0,18
	261	10	15,08	14,90	14,90	14,84	14,96	14,93	0,24
88 muestra	262	4	14,91	14,99	15,11	15,04	15,13	15,04	0,22
	263	15	14,99	14,91	14,90	14,94	15,06	14,96	0,15

	264	1	15,07	14,98	14,90	15,02	15,06	15,01	0,17
89 muestra	265	22	15,13	14,99	15,14	15,07	15,01	15,07	0,14
	266	8	15,10	15,15	15,02	15,00	15,06	15,06	0,15
	267	14	15,02	15,13	14,99	15,24	14,97	15,07	0,26
90 muestra	268	20	14,87	14,88	14,86	15,09	14,82	14,90	0,26
	269	2	15,19	15,07	14,93	15,08	14,98	15,05	0,26
	270	16	14,87	14,93	14,90	15,03	15,18	14,98	0,32
91 muestra	271	21	15,13	15,00	15,18	14,98	14,99	15,05	0,20
	272	20	15,08	14,97	15,04	14,99	15,09	15,04	0,13
	273	8	14,93	14,95	14,94	15,04	14,89	14,95	0,16
92 muestra	274	7	15,06	14,97	15,07	15,00	14,99	15,02	0,09
	275	6	14,99	14,87	15,06	15,06	14,94	14,98	0,19
	276	9	14,99	14,86	15,08	14,92	15,10	14,99	0,25
93 muestra	277	23	15,08	15,11	14,83	15,07	15,00	15,02	0,28
	278	10	14,98	14,86	14,93	15,10	15,23	15,02	0,37
	279	3	15,07	15,06	14,84	15,10	15,05	15,02	0,27
94 muestra	280	20	15,07	14,97	15,06	14,93	14,74	14,95	0,33
	281	13	15,18	14,92	14,91	15,04	14,96	15,00	0,27
	282	17	15,10	15,08	15,05	14,99	14,99	15,04	0,11
95 muestra	283	21	15,05	15,11	14,98	15,07	15,00	15,04	0,12
	284	12	14,92	14,85	14,89	14,97	15,01	14,93	0,15
	285	9	15,07	15,10	14,83	14,80	15,10	14,98	0,30

*“Determinación de un método para identificar el tamaño óptimo de la muestra en el proceso de llenado para asegurar el correcto envasado del cilindro de gas doméstico”*

*Maestría en Gestión de la Productividad y la Calidad*

96 muestra	286	15	15,05	14,96	15,01	15,01	14,98	15,00	0,10
	287	13	15,12	14,70	14,93	15,01	14,95	14,94	0,42
	288	20	14,92	15,10	14,92	15,24	14,99	15,03	0,32
								15,00	0,21

### **ANEXO 3**

- Decreto Ejecutivo No. 2282, Reglamento para Comercialización del Gas Licuado, Registro oficial 508 de 4 de febrero de 2002

### **ANEXO 4**

- Norma INEN 0327 (2011) Revisión de cilindros de acero al carbono para gas licuado de petróleo

### **ANEXO 5**

- Ley de hidrocarburos, Registro Oficial No.244 del 27 de Julio del 2010.