

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencia de la  
Producción.**

**“Montaje de un Patio para Calibración de Autotanques”**

**TESIS DE GRADO**

Previa obtención del título de:

**INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

Jonny Julio Fajardo Muñoz.

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2005

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ignacio Wiesner Director de tesis, por su invaluable ayuda.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

A MIS HIJAS.

## TRIBUNAL DE GRADUACION

---

Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Ignacio Wiesner.  
DIRECTOS DE LA TESIS

---

Ing. Julián Peña.  
VOCAL

---

Ing. Eduardo Orces.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Jonny Julio Fajardo Muñoz.

## **RESUMEN**

La presente tesis se basa en el montaje de un patio de Calibración Volumétrica para Auto tanques Mediante Patrones Volumétricos certificados y de esta manera transportar medidas con alta precisión de fluidos dentro del territorio nacional, independiente de la forma o tamaño del auto tanques.

En primer lugar se determina la necesidad de transportar volúmenes conocidos y precisos de fluidos para su comercialización y control. Se revisan las definiciones y fundamentos teóricos de calibración volumétricas y se hace una descripción de este tipo de patio de calibración de autotanques.

Se desarrolla el proceso de montaje del Patio de Calibración, tratando de establecer un modelo o guía para aplicaciones en el montaje de Patios similares en nuestro medio, estableciendo: cronogramas de ejecución de obra, grupos de trabajos, herramientas requeridas, equipos necesarios y tiempos de ejecución.

Se hace un análisis de resultados económicos tanto de la utilidad del equipo, costo del proyecto y su vida útil.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones sobre los trabajos efectuados.

# INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	V
INDICE DE TABLAS .....	VI
INDICE DE PLANOS.....	VII
INTRODUCCION.....	1

## **CAPITULO 1.**

<b>1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1 La necesidad de transportar volúmenes exactos de fluidos.....	3
1.2 Definición de patrones volumétricos estándares.....	4
1.3 Proceso de calibración con utilización de serafines certificados por INEN.....	6
1.4 Descripción del proyecto Patio de Calibración de Autotanques.....	8

## **CAPITULO 2.**

<b>2. MONTAJE DEL PATIO.....</b>	<b>13</b>
----------------------------------	-----------

2.1	Desarrollo del cronograma de trabajo y presupuesto referencial.....	13
2.2	Adquisición de equipos materiales y construcción de estructuras metálicas.....	16
2.3	Montaje de estructuras metálicas y acometidas de agua.....	35
2.4	Montaje de bombas y calibradores volumétricos.....	41

### **CAPITULO 3.**

<b>3.</b>	<b>EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO.....</b>	<b>44</b>
3.1	Costo del Proyecto.....	44
3.2	Recuperación de la inversión.....	46

### **CAPITULO 4.**

<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>50</b>
4.1	Conclusiones.....	50
4.2	Recomendaciones.....	51

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

## ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute.
ASTM	American Society for Testing Materials
Ds	Diámetro Superior.
DNH	Dirección Nacional de Hidrocarburos
EPP	Equipos de Protección Personal.
Gl	Galones.
GPM	Galón / min
Hz.	Hertz.
hp	Caballo de Potencia
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Lb	Libras
Mm	Milímetro.
Psi	Libra sobre pie cuadrado
Q	Caudal
SAE	Society American Engineers
Ton	Tonelada
V	Voltios

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Regleta de calibración.....	7
Figura 1.2	Patrón volumétrico de 500 galones.....	9
Figura 1.3	Patrón volumétrico de 50 galones.....	10
Figura 2.1	Curvas de bombas seleccionadas.....	34
Figura 2.2	Modelos de patrones volumétricos.....	36
Figura 2.3	Estructura de torre de calibración.....	38
Figura 2.4	Vigas soportes de torres de calibración.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Cronograma de trabajos de Montaje de Patio de calibración.....	14
Tabla 2	Presupuesto referencial.....	15
Tabla 3	Estado de Perdidas y Ganancias.....	47

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	PATIO DE CALIBRACIÓN.
Plano 2	TORRE DE CALIBRACIÓN
Plano 3	SISTEMA DE BOMBEO

## **APÉNDICES**

APÉNDICE A	Planos
APÉNDICE B	Reglamento de Operación y Seguridad del Transporte terrestre de combustible ( Excepto GLP) en automotores.
APÉNDICE C	Method for Liquid Calibration of Tanks.
APÉNDICE D	Measurement and Calibration of Tank Cars.
APÉNDICE E	Características Técnicas de Perfiles Estructurales.
APÉNDICE F	Datos técnicos de selección de bomba.

## **APÉNDICE A: PLANOS**

**APÉNDICE B:**

**REGLAMENTO DE OPERACIÓN Y SEGURIDAD DEL  
TRANSPORTE TERRESTRE DE COMBUSTIBLE  
(EXCEPTO GLP) EN AUTOMOTORES.**

## **APÉNDICE C**

### **METHOD FOR LIQUID CALIBRATION OF TANKS.**

## **APÉNDICE D**

### **MEASUREMENT AND CALIBRATION OF TANK CARS.**

## **APÉNDICE E**

### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PERFILES ESTRUCTURALES.**

## **APÉNDICE F**

**DATOS TÉCNICOS PARA LA SELECCIÓN DE BOMBA.**

## INTRODUCCION

En el año de 1999 se estableció una regulación de operación y seguridad en el transporte terrestre de combustible en automotores que consta en el registro oficial 135 donde se expide el decreto 184 del Ministerio de Energía y Minas.

Un requisito para las compañías o personas que se dedican al transporte de combustible en autotankers es obtener la autorización de la Director Nacional de Hidrocarburos (D.N.H.) detallando el combustible a transportar, la capacidad del tanque y el número de compartimientos, el terminal o depósitos del cual se abastecerá, los sectores que atenderá y las rutas que utilizará.

Entre otros requisitos las empresas deberán presentar un certificado de calibración del tanque y varilla de medición correspondiente, emitidos por una compañía inspectora calificada por la Dirección Nacional de Hidrocarburos.

El uso de patrones de calibración certificados no era de uso común en este medio, es por esta razón que acometimos este tipo de proyecto con responsabilidad, ya que su implantación es de beneficio directo para la comunidad.

Antes de la aplicación de este sistema las pérdidas estimadas por la Dirección Nacional de Hidrocarburos eran del 1 por ciento del total de volumen, y en algunos casos aislados eran muy superiores. Aparte de que se tienen sobre todo en las gasolinas pérdidas por evaporación que en casos llegan hasta el 0.1 por ciento del total de volumen dependiendo del día y hora de transporte, en el diesel estas evaporaciones son casi inapreciables. Estas han tenido una disminución considerable a través de los años y que hoy se consideran que son despreciables. Por lo que asumimos que tiene que ver con la aplicación de las técnicas de control volumétricos que aquí se trata.

# CAPITULO 1

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

### 1.1. La necesidad de transportar volúmenes exactos de fluidos.

La cantidad de combustible que se compraba o cargaba en el autotanque, en muchos casos no era igual a la que el autotanque dejaba o descargaba.

Al no contar con los medios adecuados de certificación de volúmenes, daba lugar a que oficiales, conductores o terceras personas manipulen las válvulas, en su intento de sustraer combustibles, ocasionando pérdida en la comercialización del mismo, y originando incidentes en el manipuleo de líquidos inflamables que en muchas ocasiones terminaban en accidentes fatales.

Esta situación obligo a que los comercializadores de combustibles solicitaran al estado poner en vigencia un sistema de regularización, o

certificación de volúmenes mediante normas nacionales o internacionales, con patrones volumétricos estandarizados, para todo tipo de autotanque que transporte combustibles y así tener mayor control y evitar manipuleos de terceros.

En el caso de los combustibles en la actualidad solo lo pueden distribuir comercializadoras autorizadas por la Dirección Nacional de Hidrocarburos (D.N.H).

## **1.2. Definición de patrones volumétricos estándares.**

Para poder medir el volumen exacto de líquido que contiene un recipiente fijo o móvil de cualquier capacidad, se crearon y diseñaron los patrones volumétricos estándar.

Estos patrones volumétricos tienen una forma que facilita el desalojo del fluido en el proceso de calibración, después que ha sido llenado hasta su volumen o su capacidad nominal.

Llevan normalmente termómetros que nos indican la temperatura a la que se realizó la medición y niveles para controlar que la posición del cuello de estos patrones este vertical al realizar esta operación.

También llevan un tubo de vidrio transparente y dos reglas que se pueden desplazar verticalmente y que son fijadas al momento que la entidad encargada de realizar la comprobación así lo certifique.

En nuestro país la entidad encargada de hacer esta regulación es el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Estos patrones según las normas API 2554 – ASTM D 1409 deben tener en su parte superior una forma de cono invertido. En su parte central, una forma de cilindro recto vertical.

En la parte superior tiene un cilindro vertical de un diámetro menor al cuerpo del patrón volumétrico, a lo largo de este cilindro se colocan dos reglas graduadas que en cuyo cero nos permite ver el volumen de referencia medido.

Se usa una regla para medición en galones y la otra para medición en litros comúnmente.

Este patrón, en la parte inferior de la forma cilíndrica tiene una forma cónica a 45<sup>o</sup> grados, la misma que facilita el desalojo rápido del fluido contenido y no permita que él líquido se adhiera a la pared interior del

recipiente, ni queden residuos de fluidos considerables que afecten a la calibración final.

Todo el conjunto esta soportado en tres patas, con mecanismos de nivelación independientes y distribuidas a 120° cada una.

### **1.3. Proceso de calibración con utilización de serafines certificados por INEN.**

Es necesario tener patrones volumétricos, ya sean importados o contruidos localmente. Existen de diversas formas dependiendo de su capacidad o formas de uso.

En el siguiente cuadro le mostramos diversas equipos existentes en el País. Ver figuras 1.2 y 1.3

Una vez obtenidos estos equipos pedimos el servicio de calibración al Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Este verificara su capacidad mediante métodos estándares establecidos por normas nacionales e internacionales y certificara la calibración por medio de la instalación de un sello en las regletas para que estas no puedan ser alteradas.



**FIGURA 1.1 REGLETA DE CALIBRACIÓN..**

De esta manera queda la cantidad medida a esa temperatura esta certificada.

Es de notar que este procedimiento realizado por el INEN, cumple con la Norma API STÁNDAR 2555, establecida en Septiembre de 1966 y Reafirmada en Octubre de 1992 para Métodos de calibración líquida de tanques.

Este método no es aplicable a líquidos que se adhieren a las paredes, para este tipo de fluidos se utilizan otros métodos de calibración.

#### **1.4 Descripción del proyecto patio de calibración de autotanques**

Definida la responsabilidad de certificar la cantidad exacta de volumen que manejan los autotanques, se estableció que es conveniente traer diseños de patios de calibración que cumplan normas internacionales (API) y de normas nacionales (INEN), para lograr este propósito.

Se necesita de un terreno de dimensiones no menores a los 300 m<sup>2</sup> , para nuestro caso el terreno fue 312.5 m<sup>2</sup>, y si se tiene una proyección de ampliación a largo plazo este no debe ser menor a los 500m<sup>2</sup>.



**FIGURA 1.2 PATRON VOLUMÉTRICO DE 500 GL.**



**FIGURA 1.3 PATRON VOLUMETRICO DE 50 GL.**

Se necesito construir una plataforma de hormigón, cuyas dimensiones de 20 m de longitud y 3 m de ancho.

La entrada al patio de calibración debe tener un ancho mayor o igual a 6 m para una mayor maniobrabilidad de los autotanques. dado que normalmente estos constan de un cabezal y un tanque con capacidad de almacenamiento de hasta los 48 m<sup>3</sup> (12000 galones); y una longitud total de 18 m.

En el patio se construyo una plataforma elevada, donde se instalan los patrones volumétricos a una altura de operación de 4m, la misma que es normativa para este tipo de automotores de transporte de fluidos.

La plataforma es de construcción metálica, con una área neta de operación de 16 m<sup>2</sup>, sostenida por cuatros columnas aserchadas ancladas sobre bases de hormigón armado.

Además se suministro e instalo un tanque reservorio de 40 m<sup>3</sup> (10.000 galones), aproximadamente de 2.33 m de diámetro y 9.30 m de longitud.

Este tanque almacena el agua que sirve para la calibración de los autotanques y a la vez actuara como reservorio de emergencia para cualquier corte o faltante de suministro de agua al patio de calibración.

Para el proceso de la calibración se instalo un sistema de bombeo, comandado por una bomba de agua de 2 hp.

Este sistema es capaz de llenar los patrones volumétricos desde el tanque reservorio o desde el mismo autotanque.

El sistema también es capaz de descargar el autotanque al tanque reservorio y viceversa.

La plataforma elevada esta protegida con una cubierta para que en caso de lluvias, estas no alteren la calibración de los autotanques y el operador trabaja con mayor comodidad y ergonomía.

Se asigno además un lugar u oficina con su respectiva mesa o banco donde se realizaran las marcas sobre las varillas de calibración.

## **CAPITULO 2**

### **2. MONTAJE DEL PATIO.**

#### **2.1. Desarrollo de cronograma de trabajo y presupuesto referencial.**

Se estima 8 semanas para la ejecución del montaje del patio de calibración. A grandes rasgos esta ejecución se dividió en tres partes: construcción civil, construcción eléctrica y; construcción y montaje mecánico.

Se establecieron 3 grupos de trabajos de 5, 3 Y 2 hombres cada grupo, con 8 horas diarias de trabajos para las 8 semanas proyectadas. Ver Tabla-1.

En la contratación de los empleados se indujeron charlas de seguridad personal y se los aprovisionó con equipos de protección personal (EPP).

El presupuesto referencial de esta obra esta indicada en la tabla 2.



**TABLA 2**

**PRESUPUESTO REFERENCIAL.**

**MONTAJE DE PATIO DE CALIBRACION:**

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	COSTOS
1	1	PLATAFORMA DE HORMIGON.	2,500.00
2	1	PLATAFORMA METALICA	5,000.00
3	1	PATRONES VOLUMETRICOS.	3,000.00
4	1	INSTALACION DE AGUA.	400.00
5	1	INSTALACIONES ELECTRICAS.	600.00
6	1	OFICINAS Y MESON.	2,000.00
7	1	BOMBA DE AGUA.	300.00
8	1	EXTRAS, CERRAMIENTO Y RELLENO.	6,200.00
			Σ 20.000.00

## **2.2. Adquisición De Equipos, Materiales Y Construcción de Estructuras Metálicas.**

Para el desarrollo de los trabajos fue necesario detallar un listado de equipos, tales como soldadoras eléctricas, equipos de oxicorte, amoladores, entre otros. Equipos contra incendio, extintores de polvo de 20 lb, por cada 50 metros cuadrado. Así también se verifico que los materiales para la construcción y montaje mecánico, cumplan con las normas requeridas.

Se comprobó en el sitio una fuente de energía eléctrica (110 – 220 V), con su respectiva línea a tierra. Una fuente de agua, industrial o potable con mínimo 40 psi de presión de salida.

También se verifico la disponibilidad de un montacarga de 5 Ton. Y 10 juegos de andamios en buenas condiciones, con sus respectivas tablas debidamente ajustadas.

Antes de iniciar la ejecución de los trabajos, se realizo un desbroce y limpieza final de todo el patio de calibración.

Así también se selecciono los equipos impulsores para el sistema de bombeo del proceso de calibración.

## **Análisis de estructuras metálicas**

### **Análisis de las vigas:**

El diseño consta de 2 vigas tipo unidas, semejando una sección rectangular, el material es acero SAE 1010 laminado en caliente.

La viga esta sometida a flexión debido al peso de la plataforma y los dos patrones volumétricos, los cuales se los va a detallar a continuación:

Peso de las planchas deslizantes de 3mm = 77 KgF = 754.6N;  
por cada 3m<sup>2</sup>

$$\text{Área del piso (A}_p\text{)} = (5.2) (3.22) = 16.744 \text{ m}^2$$

$$\text{Área hueca del piso (A}_h\text{)} = (0.94) (2.18) = 2.0492 \text{ m}^2$$

$$\text{Area total de las planchas (A}_t\text{)} = A_p - A_h = 16.744 - 2.0492$$

$$A_t = 14.6948 \text{ m}^2 = 15 \text{ m}^2$$

Por tanto el peso total de las planchas (W<sub>tp</sub>) es de:

$$W_{tp} = 5 (754.6 \text{ N}) = 3773 \text{ N.}$$

El peso del tanque (W<sub>t1</sub>) de  $\phi = 1.63 \text{ m}$  es de:

$$W_{t1} = 400 \text{ KgF} = 3920 \text{ N}$$

El tanque tiene una capacidad de 500Gl. = 1.8925 m<sup>3</sup>

$$\text{Peso del agua}(W_{a1}) = \rho \cdot V \cdot g = (1000 \text{ Kg/m}^3)(1.8925 \text{ m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$W_{a1} = 18546.5 \text{ N}$$

Por tanto el peso total del tanque completamente lleno es:

$$W_{tt1} = W_{t1} + W_{a1} = 3920 + 18546.5 = 22466.5 \text{ N}$$

El peso del tanque (W<sub>t2</sub>) de  $\phi = 0.63 \text{ m}$  es de:

$$W_{t2} = 100 \text{ KgF} = 980 \text{ N}$$

El tanque tiene una capacidad de 50 Gl. = 0.18925 m<sup>3</sup>

$$\text{Peso del agua}(W_{a2}) = \rho \cdot V \cdot g = (1000 \text{ Kg/m}^3)(0.18925 \text{ m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$W_{a2} = 1854.65 \text{ N}$$

Por tanto el peso total del tanque completamente lleno es:

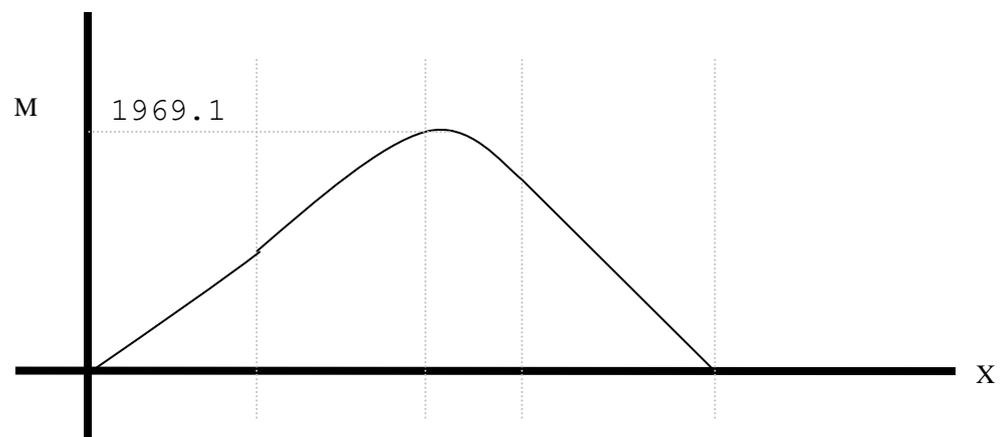
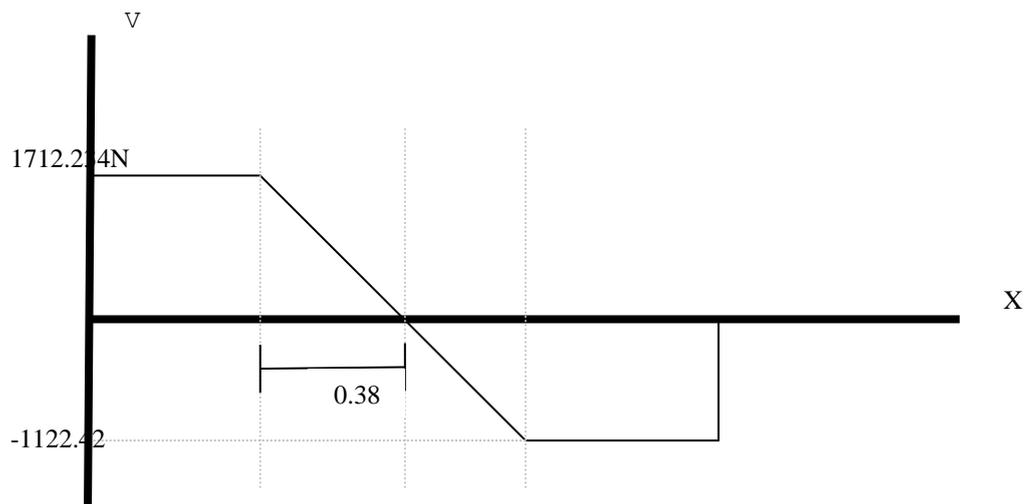
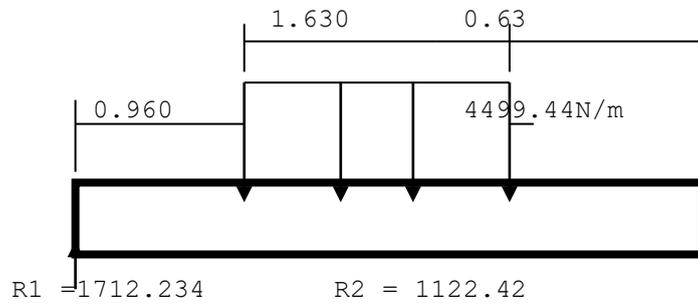
$$W_{tt2} = W_{t2} + W_{a2} = 980 + 1854.65 = 2834.65 \text{ N}$$

Asumimos que en la plataforma van a estar unas 10 personas de un peso de 100 Kg<sub>f</sub>, por tanto el peso total será:

$$W_{per} = 10(100 \text{ KgF})(9.8 \text{ N}) = 9800 \text{ N}$$

**Diseño estático:**  
**Viga que soporta el tanque de  $\phi = 0.63$  m**

TANQUE PEQUEÑO



Teniendo el material con el cual se va a trabajar y el Momento máximo que va a soportar el mismo que fue encontrado con la ayuda del diagrama de momento flector solo queda por asumir un factor de seguridad que para el presente caso va hacer de 2 y así tenemos:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$w = \frac{I}{c}$$

$$\sigma = \frac{S_y}{N}$$

Igualando ambas formulas y despejando w tenemos:

$$w = \frac{MN}{S_y}$$

$$w = \frac{1969.1(2)}{179 \times 10^6}$$

$$w = 2.20 \times 10^{-5} m^3 = 22 cm^3$$

Donde con  $w/2 = 11 cm^3$  buscamos en la tabla de perfiles estructurales tipo canales, y nos da el siguiente perfil:

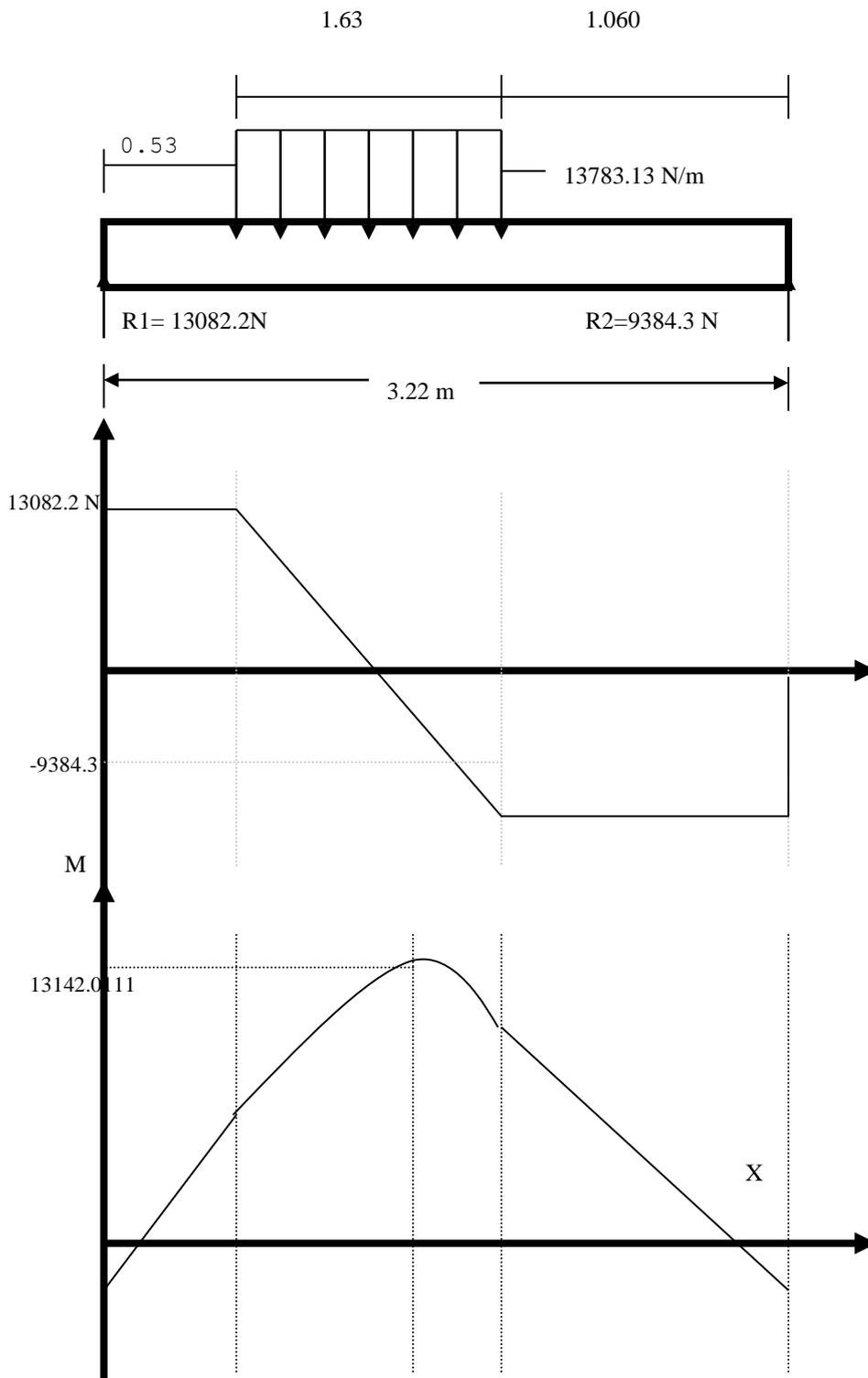
$$w = 11 cm^3 \quad \text{Peso} = 3.54 \text{ Kg/m}$$

$$H = 80 \text{ mm} \quad \text{Area} = 4.50 \text{ cm}^2$$

$$B = 40 \text{ mm} \quad I = 43.90 \text{ cm}^4$$

$$e = 3 \text{ mm}$$

**Viga que soporta el tanque grande de  $\phi = 1.63$  m**



Teniendo el material con el cual se va a trabajar y el Momento máximo que va a soportar el mismo que fue encontrado con la ayuda del diagrama de momento flector solo queda por asumir un factor de seguridad que para el presente caso va hacer de 1.2 y así tenemos:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$w = \frac{I}{c}$$

$$\sigma = \frac{S_y}{N}$$

Igualando ambas formulas y despejando w tenemos:

$$w = \frac{MN}{S_y}$$

$$w = \frac{13142.01(1.2)}{179 \times 10^6}$$

$$w = 8.81 \times 10^{-5} m^3 = 88 cm^3$$

Donde con  $w/2 = 44 cm^3$  buscamos en la tabla de perfiles estructurales tipo canales, y nos da el siguiente perfil:

$$w = 44.30 cm^3$$

$$H = 100 mm$$

$$B = 75 mm$$

$$e = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Peso} = 10.80 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Area} = 13.80 \text{ cm}^2$$

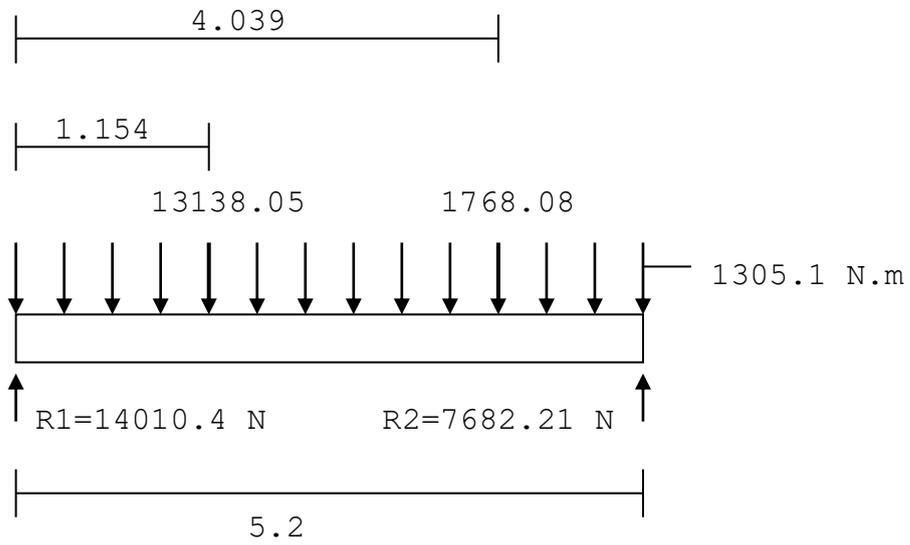
$$I = 222 \text{ cm}^4$$

Pero como son vigas que se encuentran debajo de las planchas que hacen la función de correas se podrá colocar el mismo tipo de viga que se calculo para el tanque pequeño. Para el calculo de esta viga se utiliza el sistema detallado a continuación donde se calcula el peso de la viga que se encontró anteriormente; así tenemos:

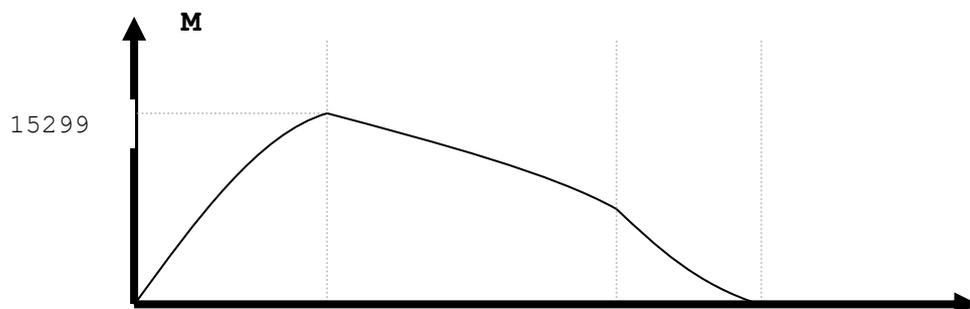
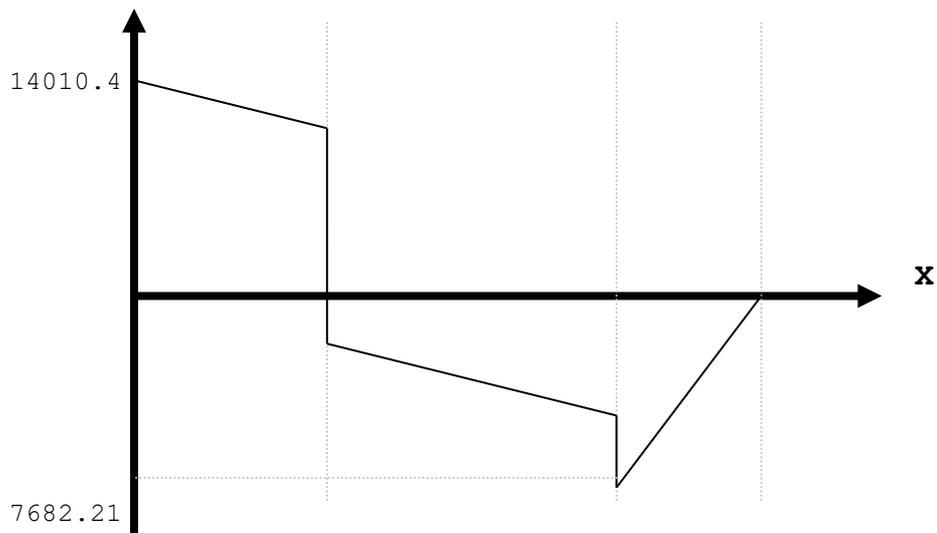
$$P = 3.54 \text{ Kg/m}(3.22\text{m})(9.8\text{N}) = 111.71\text{N}.$$

Cogiendo la mitad de este valor y le sumamos a las reacciones de los tanques. La fuerza distribuida de 1305.1 N / m a lo largo de la viga es la suma del peso de las planchas sumado el peso de las 10 personas. Teniendo el material con el cual se va a trabajar y el Momento máximo que va a soportar el mismo que fue encontrado con la ayuda del diagrama de momento flector solo queda por asumir un factor de seguridad que para el presente caso va a hacer de 1.5 y así tenemos:

### Viga principal.-



**V**



$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$w = \frac{I}{c}$$

$$\sigma = \frac{S_y}{N}$$

Igualando ambas formulas y despejando w tenemos:

$$w = \frac{MN}{S_y}$$

$$w = \frac{15299 (1.5)}{179 \times 10^6}$$

$$w = 1.28 \times 10^{-4} m^3 = 128.2 cm^3$$

Donde con  $w/2 = 64.1 cm^3$  buscamos en la tabla de perfiles estructurales tipo canales, y nos da el siguiente perfil:

$$w = 76.92 cm^3$$

$$H = 100 mm$$

$$B = 50 mm$$

$$e = 3 mm$$

$$\text{Peso} = 4.48 Kg/m$$

$$\text{Area} = 5.70 cm^2$$

$$I = 88.50 cm^4$$

Nota: Al escoger y analizar el otro lado de la viga nos da un momento máximo de 12769.12 Nm, por lo que se concluye que la parte crítica es la presentada en el análisis.

### **Análisis de las Columnas:**

Entrando a un poco a su descripción se dice que básicamente una columna es un elemento sometido a compresión y este tipo de cargas son las más críticas en relación a la tensión ya que producen pandeo.

El diseño práctico de columnas se hace primordialmente en fórmulas que se han desarrollado para ajustarse a la curva de resultados experimentales.

Las columnas básicamente se clasifican en tres grandes grupos:

- Columnas Largas.-La falla principal se da por pandeo.
- Columnas Cortas.-La falla principal se da por aplastamiento.
- Columnas intermedias.-En este tipo de columnas la falla es combinación de las dos anteriores.

Para empezar el diseño primeramente se debe calcular el peso total de la estructura; teniendo lo siguiente:

$$W_t = W_{\text{planchas}} + W_{\text{tanque grande}} + W_{\text{tanque pequeño}} + W_{\text{personas}} + W_{\text{viga-correas}} + W_{\text{principal}}$$

$$W_t = 3773N + 22466.5N + 2834.65N + 9800N + 9(111.71N) + \\ 2(11.10\text{Kg/m})(5.2\text{m})(9.8N) + 25(11.10\text{Kg/m})(3.22)(9.8N) =$$

$$W_t = 41711.4N$$

Como tenemos 4 columnas dividimos este peso total para 4 quedando:

$$W_{t1} = 10427.8N$$

En una situación de diseño, la carga que se espera en la columna se conocerá junto con la longitud que se requiere en la aplicación, para nuestro caso 4.4m, es decir; se debe de especificar lo siguiente:

1. La manera en que se conectara los extremos en la estructura, la cual afecta el empotramiento de los extremos. Para el presente caso es empotrado en ambos extremos.
2. La forma general de la sección transversal de la columna, se escogerá una lección construida, canales estructurales.
3. El material para la columna, que será el mismo que el de las vigas, es decir; SAE 1010 laminado en caliente.
4. El factor de diseño considerando la aplicación, se asumirá 3.

**Diseño: Se supone una columna larga**

Se aplica la formula de Euler:

$$I = \frac{P_{cr}(Kl)^2}{\pi^2 E}$$

$$I = \frac{NPd(Kl)^2}{\pi^2 E}$$

$$I = \frac{3(10427.8)[(0.5)(4.4)]^2}{\pi^2 (207 \times 10^9)}$$

$$I = 7.41 \times 10^{-8} m^4 = 7.41 cm^4$$

$$2I = 14.82 cm^4$$

Buscando en la tabla nos da un canal de:

$$I = 15.10 cm^4$$

$$H = 125 mm$$

$$B = 50 mm$$

$$e = 3 mm$$

$$\text{Peso} = 5.07 Kg/m$$

$$A = 6.45 cm^2$$

Encontramos luego el radio de giro,  $r$ ; que es igual a:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{15.10\text{cm}^4}{6.45\text{cm}^2}}$$

$$r = 1.53\text{cm} = 0.0153\text{m}$$

A continuacion hallamos  $Kl/r$  y  $C_c$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{(0.5)(4.4)}{0.0153} = 143.79$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 (207 \times 10^9)}{179 \times 10^6}} = 151.1$$

Como se puede ver  $Kl/r < C_c$

**Diseño: Se supone una columna corta**

La formula de J. B. Johnson se utiliza para analizar una columna corta; así tenemos:

$$P_{cr} = AS_y \left[ 1 - \frac{S_y (Kl/r)^2}{4\pi^2 E} \right]$$

$$P_{cr} = AS_y \left[ 1 - \frac{S_y (Kl/r)^2}{4\pi^2 E} \right]$$

$$P_{cr} = (6.45 \times 10^{-4})(179 \times 10^6) \left[ 1 - \frac{179 \times 10^6 (0.5(4.4)/0.0153)^2}{4\pi^2 (207 \times 10^9)} \right]$$

$$P_{cr} = (6.45 \times 10^{-4})(179 \times 10^6) [1 - 0.4529]$$

$$P_{cr} = 63118.1\text{N}$$

A esta carga debera empezar a pandearse la columna..

### **Selección de bomba:**

Uno de los equipos que se requiere para el patio de calibración es un elemento impulsor de fluidos, en este caso el fluido es agua, el mismo que sirve como medio de calibración. Aquí describiremos la selección de la bomba impulsora.

Asumiendo un tiempo de llenado de 5 minutos para cada patrón volumétrico de 500 galones, tenemos que:

$$V = 500 \text{ gal}$$

$$t = 5 \text{ min.}$$

Por lo tanto nuestro caudal será de:

$$\underline{Q = 100 \text{ gpm.}}$$

La longitud total de tubería es de:

$$L = 10 \text{ m.}$$

Es decir,

$$1 \text{ m} = 3.28 \text{ ft}$$

$$L = 10 \text{ m} \times 3.28 \text{ ft} / \text{m} = 32.8 \text{ ft.}$$

La viscosidad del agua ( Ssu):

Ssu = 1, a temperatura ambiente.

Con un caudal de 100 gpm, el diámetro mínimo de tubería es de 2 pulgadas.

Con diámetro de 2 pulgadas y una viscosidad de agua Ssu = 1, tenemos que las pérdidas por fricción son de 0.080 PSI / Feet.

Por lo tanto:

CPF= Caída de presión por fricción

CPF = L x Caída de presión por longitud

CPF = 32.8 ft x 0.080 psi / ft. = 2.6 psi en 10 m, es la caída de presión por fricción

De los 10 metros de tubería, 7 metros son de columna de agua [ CA ] que tiene que vencer.

Donde

CA= Caída de presión por columna de agua

CA= h x Caída de presión por Longitud

$$CA = 7 \text{ m} \times 3.28 \text{ Feet/m} = 23 \text{ Feet.}$$

Gravedad específica para el agua es = 1

Como:

$$CA = CPH \times 2.31 / \text{gravedad específica}$$

Entonces:

$$CPH = (23 \text{ Feet} \times 1) / 2.31 = 9.9 \text{ psi. , caída de presión por altura.}$$

Las pérdidas por accesorios CPA, son un 10% de la suma de pérdidas por cabezal más las de fricción.

$$9.9 + 2.6 = 12.5 \text{ el } 10\% \text{ es } 1.25, \text{ entonces;}$$

$$CPA = 1.25 \text{ psi, caída de presión por accesorios.}$$

Por lo tanto la presión requerida PR es:

$$PR = CPF + CPH + CPA$$

$$PR = 2.6 + 9.9 + 1.25 = 13.75 \text{ psi}$$

$$PR = 14.00 \text{ psi}$$

$$\text{Cabezal Total [ en Feet] } = \text{Psi} \times 2.31 / 1 = 32.34 \text{ Feet}$$

$$CT = 14 \times 2.31 / 1 = 32.34 \text{ psi.}$$

Del grafico de curvas tenemos que para 100 GPM y 32.42Feet, a más próxima es la curva C que nos da un diámetro de impulsor de 4.25 pulgadas y por tanto una bomba de 2 Hp con un motor eléctrico con enfriamiento por ventiladores forzada.

Se selecciono esta bomba centrifuga de 2 HP.

Por lo general as bombas centrífugas trabajan con una eficiencia del 55% . Para nuestro caso trabajaremos con una eficiencia del 65%.

#### **Patrones Volumétricos:**

Los patrones volumétricos, son equipos 100% importados y fueron adquiridos a una compañía local con amplia experiencia en la comercialización y manejo de este tipo de patrones de calibración.

Además estos equipos están bajo la aprobación de las normas ecuatorianas emitidas y reguladas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, el mismo que certifica su utilización como estándares volumétricos de calibración, en capacidades de cincuenta y quinientos galones respectivamente.

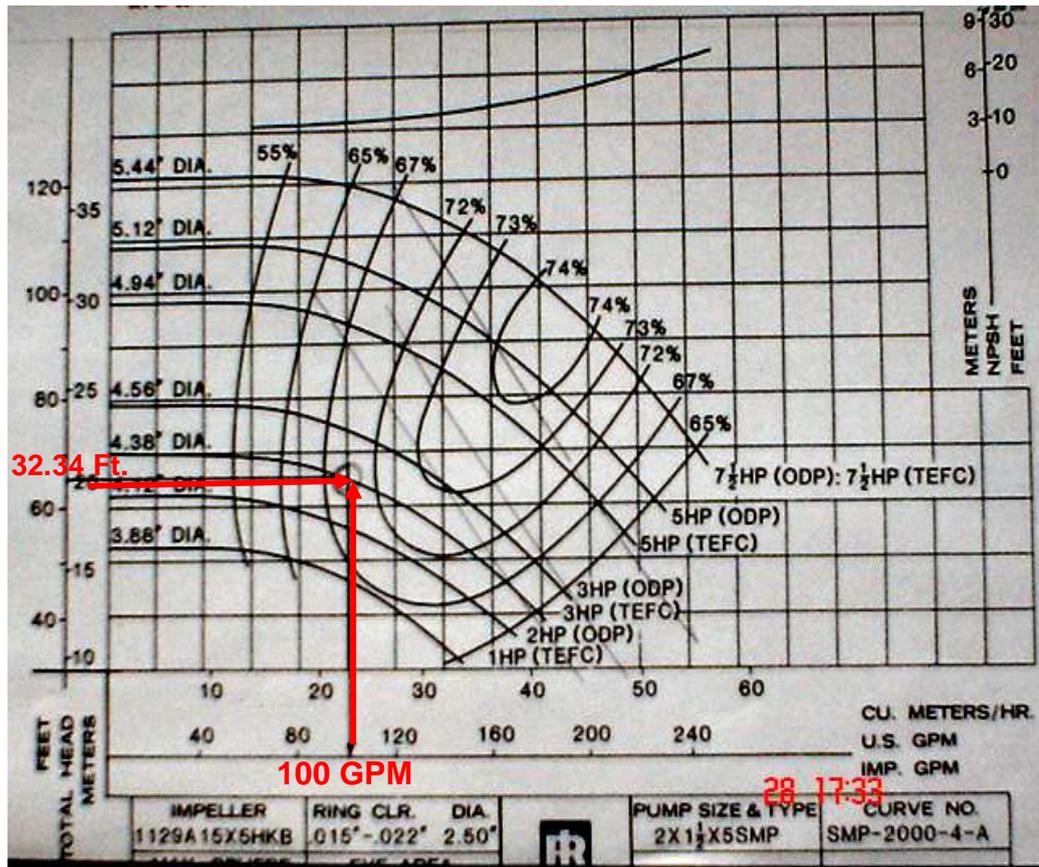


FIGURA 2.1 CURVAS DE LA BOMBA SELECCIONADA.

Los patrones volumétricos, generalmente son de forma cilíndrica en cuerpo principal base. En su parte superior se ubica el ingreso, con un  $D_s = 16$  pulgadas para el de 500 GL y de  $D_s = 5$  pulgadas para el de 50 GL de capacidades respectivamente, del fluido calibrante, que para nuestro caso es el agua. La entrada de agua también esta provista de una regleta de medición, la misma que es verificada por los técnicos del INEN, para luego certificarlas con un sello de garantía.

### **2.3. Montaje de Estructuras Metálicas y Acometidas de Agua.**

De acuerdo a los planos, se construyeron cercas metálicas de 300 mm x 100 mm x longitudes variadas.

Estas estructuras fueron construidas en acero SAE 1010, con canales de 100 mm x 50mm x 3 mm y ángulos de 30 mm x 30mm x 4 mm, para sus refuerzos.

Sus juntas fueron soldadas en su totalidad con electrodos E6011 bajo costuras corridas y reforzadas.

Posteriormente se trato toda la estructura con desoxidante para luego ser recubierta con pintura anticorrosiva. Dos manos reforzadas.



**FIGURA 2.2 MODELO DE PATRONES VOLUMÉTRICOS.**

Las columnas metálicas van soldadas a unas piezas hechas en planchas negras de 600 x 400 mm y de 10 mm de espesor.

Estas planchas negras tienen su vez cuatro patas, cada una, de gallina en varillas corrugadas de 12 mm y de 450 mm de longitud. Estas actúan como fijadores al fundirse en cada uno de los cuatro plintos de hormigón armado de 1000x1000x300 mm y una sobre base de 600x400x200 mm. Ver Plano-1

Una vez concluida la obra civil de las columnas metálicas, se procedió al montaje de las 4 vigas principales a 4.2 m del nivel del piso.

Instaladas estas cuatro vigas periféricas, procedemos a montar las vigas centrales del piso de la torre, separadas a 400 mm uniformemente entre ellas, dejando un espacio en el centro del piso de la torre; de 1 metro de ancho y 2 metros de largo, como boquete de maniobra en el proceso de calibración.

Así también se instalaran las columnas, estas consisten en dos canales de 80mm x 40 mm x 3 mm soldadas entre sus caras interiores, que soportaran la cubierta que protege a la torre de calibración.



**FIGURA 2.3 ESTRUCTURA DE TORRE DE CALIBRACIÓN.**

Esta cubierta metálica de Galvalume, esta asentada sobre correas de 80 mm x 40 mm x 15 mm x 3 mm y ajustadas con pernos autoroscantes de 3/16 x 3/4 pulgadas.

Posterior a la cubierta instalamos las barandas de seguridad en el perímetro de la torre de calibración, así mismo, se procede al montaje de las escaleras de acceso a la torre.

Sobre las zonas de uniones soldadas se hacen limpiezas manuales con cepillo y grata. Luego se realizan otras limpiezas químicas con un fosfatizante, para luego de secar y aplicar una mano reforzada de pintura anticorrosiva.

Una vez protegida toda la estructura base con pintura anticorrosiva, se procede a la instalación de las planchas metálicas antideslizante de 2.44 m x 1.22 m x 3 mm.

En acero A36, con su cara posterior debidamente pintada. Estos elementos están soldadas a las vigas centrales y periféricas en su parte posterior, con cordón continuo y electrodo E6011. Ver Figura 2.4.



**FIGURA 2.4 VIGAS SOPORTES DE TORRE DE CALIBRACIÓN.**

#### **2.4. Montaje de Bombas y Calibradores Volumétricos.**

Una vez seleccionada la bomba impulsadora de fluido para calibración, procedemos a su montaje sobre una base de hormigón armado de 0.50 m x 0.40 m x 0.20 m. con la asistencia de 4 pernos Hytli de 9.5 mm x 82.5 mm (3/8 x 3 1/4 pulgadas).

La bomba debe quedar lo mas nivelada posible antes de darle el ajuste final a las tuercas. Ver Plano 2

El sistema de tuberías de 2 pulgadas de diámetro en hierro galvanizado está dispuesta de tal manera que la bomba sirva para cargar los patrones volumétricos y estos a su vez el autotanque. También el sistema para evacuar él liquido del autotanque y retornarlo al tanque reservorio para otra nueva operación.

Todo esto se logra con ayuda de válvulas de compuertas de 2 pulgadas, filtros en las líneas de succión con sus respectivos válvulas cheques tanto para el tanque reservorio y retorno de autotanques.

En el proceso de montaje de patrones volumétricos, se realizo con sumo cuidado, estos equipos ya están calibrados por el INEN y no

pueden ser golpeados ni sufrir deformaciones de su forma original, por que se descalibrarían.

Los patrones volumétricos, pesan aproximadamente 500 kilos, y fueron elevados a la torre de calibración, a 5 m, con la ayuda de un montacarga de 5 ton.

En el lugar ya instalado, procedimos a la nivelación de la entrada superior por medio de lanas metálicas de diferentes calibres, colocandolas en la parte inferior de las patas logrando un nivel en dos posiciones desplazadas a noventa grados, este procedimiento lo repetimos con los dos patrones volumétricos y así logramos un correcto montaje de estos equipos nivelados.

El procedimiento de calibración tanto del INEN para certificar los patrones Volumétricos, y el procedimiento de estos para calibrar los autotanques, es el mismo con la diferencia que el INEN entrega los patrones con un sello para que no puedan ser alterados y las verificadoras entregan una varilla de bronce marcada indicando los volúmenes en cada marca y por cada compartimiento que tiene el autotanque.

El procedimiento de calibración consiste de llenar de liquido un patrón verificado de menor volumen hasta la marca de referencia y

vaciarlo en el tanque o patrón a calibrar o certificar dejando que él líquido se vierta en su totalidad.

Se repite la operación hasta llenar los patrones o compartimientos del autotanque.

Es de notar que cuanto más fina sea la calibración mas onerosos serán los costos por cuanto el tiempo que se empleara será mayor. Los patrones volumétricos serán de menor capacidad.

Por ejemplo si una empresa quiere que su autotanque se lo calibren solo con corridas de 50 galones deberá pagar un precio mayor que otro que lo calibren con corridas de 500 galones.

## **CAPITULO 3**

### **3. EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO.**

#### **3.1. Costo del proyecto.**

En el montaje del patio de calibración, el costo del proyecto debe ser realista y ajustado, con miras a tener resultados positivos, por lo tanto debemos ser prácticos y objetivos para iniciarnos en la empresa, con bases firmes y luego a través de la experiencia proyectarnos, por lo que no consideramos necesario ni justificable la compra de un activo fijo para la instalación del patio de calibración de auto tanques.

Nuestro interés técnico y optimista desde el punto de vista económico del proyecto para su financiamiento, se necesitaría r de un terreno con las dimensiones descritas anteriormente, la instalación de serafines ( patrones volumétricos) , la construcción de una plataforma metálica, plataforma de hormigón , colocación de un tanque estacionario y una bomba centrífuga.

Además de una oficina y un mesón donde golpear para marcar la varilla, todo esto con la aplicación que la técnica recomienda.

A continuación se detallan los costos de cada uno de los rubros necesarios en este proyecto

### **Ingresos**

Los estudio de mercadeo para este tipo de inversión demuestra que del 100% de los Autotanques existentes en nuestro país, solo se espera captar el 30% de ese mercado, el mismo que equivale a 400 unidades con un costo promedio de \$ 160,00 cada vez que acuden al patio a calibrar su unidad, determinando de esta forma los ingresos proyectados en \$ 64.000,00 anuales. ( ver figura )

### **Costos y gastos**

El montaje del Patio de Calibración requiere de varios Gastos necesarios para funcionar así tenemos: Arriendo del Local \$ 6.000.00 , Servicios Básicos \$ 1900, Mantenimiento de Equipos \$1.000, Depreciaciones de Activos Fijos \$ 2.000,00 Seguros \$ 1.000,00 .

También requerimos de la contratación de personal operativo y administrativo, para efectuar sus operaciones necesita dos

guardianes, dos operadores generando un pago anual de sueldo por \$ 3.500,00 cada uno, más beneficios de ley que suman \$ 4.000,00. Para el personal administrativo contaremos con una secretaria cuya remuneración anual es de \$3.600,00, un Gerente \$ 12.000,00 ,mas beneficios de ley \$ 7.500,00 del personal administrativo.

La suma de todos los costos y gastos es de \$ 46.000,00

### **Utilidad proyectada.**

Es la diferencia entre los Ingresos y Egresos, si los ingresos son mayores existe utilidad caso contrario seria una perdida.

## **3.2 Recuperación de la Inversión**

### **Rentabilidad de los ingresos sobre los costos y gastos**

El procedimiento mas inmediato y burdo para calcular la rentabilidad consiste en sumar todos los ingresos, dividir este resultado por la suma de todos los egresos y a este cociente restarle la unidad

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} - 1 \quad (1)$$

**TABLA 3**  
**ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS DEL PROYECTO.**

Descripción.	Costo. (US\$)	Observaciones.
INGRESOS: 400 u x \$ 160 c/u	64.000,00	Anual
COSTOS Y GASTOS.	46.000,00	Anual
GASTOS OPERATIVOS	11.900.00	Anual
Arriendo	6.000.00	Anual
Luz	300,00	Anual
Agua	800,00	Anual
Comunicación	800,00	Anual
Mantenimiento de Equipos.	1.000,00	Anual
Depreciaciones	2.000,00	Anual
Seguros.	1.000.00	Anual
PERSONAL OPERATIVO:	11.000.00	Anual
2 Guardias.	3.500.00	Anual
2 Operadores	3.500.00	Anual
Beneficios Sociales.	4.000.00	Anual
PERSONAL ADMINISTRATIVO:	23.100.00	Anual
1 Gerente	12.000,00	Anual
1 Secretaria	3.600,00	Anual
Beneficios Sociales.	7.500.00	Anual
UTILIDAD PROYECTADA:	18.000.00	Anual

### Rentabilidad de la utilidad sobre la inversión

Este procedimiento equivale a dividir las ganancias del proyecto por la inversión requerida

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Inversión}} \quad (2)$$

En el proyecto de inversión ilustra, la rentabilidad así calculada resulta igual a:

Rentabilidad de los ingresos sobre los costos y gastos

$$\text{Rentabilidad} = \frac{64.000,00}{46.000,00} - 1 = 0.39 \text{ o } 39\% \text{ en } \text{él termino de un año}$$

Esto quiere decir que los gastos equivalen al 39% del total de ingresos.

Rentabilidad de la utilidad sobre la inversión

$$\text{Rentabilidad} = \frac{18.000,00}{20.000,00} = 0.90 \text{ o } 90\% \text{ en } \text{él termino de un año}$$

Esto quiere decir que la utilidad equivale al 90% del total de la inversión en equipos,

En conclusión, vistos estos índices, podemos decir que el proyecto es viable, rentable y factible, porque cumple con las expectativas financieras.

# CAPITULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

1. El patio de calibración cumple con todas las normas nacionales e internacionales en la ejecución de sus trabajos de calibración.
2. La inversión no es muy grande y su recuperación la hace a corto plazo.
3. El mantenimiento y operatividad es simples y con mínimos costos.
4. El patio esta proyectado para 15 años de funcionamiento sin cambiar los patrones volumétricos estándares.

## **4.2 Recomendaciones**

1. Se recomienda un sistema más rápido de vaciado del autotank ya calibrado. Esto disminuiría el tiempo global de calibración, y por tanto genera mas ingresos.
2. Se recomienda hacer el proceso una sola vía, o sea ingresa por un lado y sale por otro.
3. Todo el patio debería ser techado, pero con buena ventilación.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. ANDREW PYTEL Y FERDINAND L., Resistencia de Materiales, cuarta edición, México,1982.
2. INGERSOLL-RAND PUMP. Catalogo de bombas. Impreso en USA, 1987.
3. JOSEPH E. SHIGLEY – LARRY D. MITCHELL, Diseño en Ingeniería Mecánica. México. Editorial McGraw – Hill, Cuarta Edición, Tercera Edición en Español. 1986
4. JUVINALL, ROBERT C. Fundamento de diseño para Ingeniería Mecánica. Primera Edición. Editorial Limusa SA. México DF. 1991.
5. MARKS; Manual del Ingeniero Mecánico Novena Edición, México, MCGRAW-Hill, 1995.

6. ROBERT NORTON, Machine Design, an Integrated Approach, Prentice Hall Inc. Catalogo de Bombas. USA. 1985
  
7. ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S. A., Segunda Edición. 1989.
  
8. SCHUHMANN JR REINHARDT, Metallurgical Engineering - Engineering Principles, Vol. 1, (Addison- Wesley Publishing Company, Inc; U.S.A. 1952)