

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

HOJA ELECTRÓNICA PARA CALIBRACIÓN DE
TANQUES HORIZONTALES Y VERTICALES
UTILIZANDO LAS NORMAS INTERNACIONALES API-
ANSI

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:
Ingeniero en Petróleo

Presentado por:
Dayana Michelle Camacho Figueroa
Vicente Armando García Haro

GUAYAQUIL – ECUADOR
2021

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Antecedentes	17
1.2. Descripción del Problema.....	18
1.3. Justificación de la Investigación.....	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.5. Marco Teórico	20
1.5.1. Hidrocarburos.....	20
1.5.2. Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos	20
1.5.2.1. Tanques Verticales.....	20
1.5.2.2. Tanques Horizontales	21
1.5.2.3. Clasificación de tanques según sus extremos/techados.....	21
1.5.3. Calibración	23
1.5.4. Herramientas.....	24
1.5.5. Mediciones	25
1.5.5.1. Medición de Espesores.....	25
1.5.5.2. Medición de Longitudes Verticales.....	25
1.5.5.3. Medición de las Circunferencias.....	25
1.5.5.4. Medición de los Volúmenes Muertos.....	26
1.5.6. Norma API	26
1.5.7. Norma ANSI.....	26
1.5.8. Tabla de calibración	26
1.5.9. Error Absoluto y Error Relativo.....	27
1.5.10. Python	27
2. METODOLOGÍA	28
2.2. Secciones de trabajo	29
2.3. Tanques objetivos	32
2.3.1. Placa informativa de tanques objetivo	32
2.4. Mediciones	33
2.4.1. Mediciones de Tanques Horizontales.....	34
2.4.1.1. Circunferencia de anillos.....	35
2.4.1.2. Tipos de Extremos	35
2.4.1.3. Accesorios	36
2.4.1.4. Inclinación.....	36
2.4.1.5. Medición de longitud.....	37
2.4.1.6. Medición de los volúmenes muertos.....	37

2.4.1.7.	Tipo de Unión.....	37
2.4.1.8.	Temperaturas.....	37
2.4.2.	Mediciones de tanques verticales.....	38
2.4.2.1.	Medición de Circunferencia de anillos	38
2.4.2.2.	Medición de Volúmenes Muertos/accesorios.	38
2.4.2.3.	Medición de Longitudes Verticales internas/Verticalidad	38
2.4.2.4.	Tipo de Unión.....	39
2.4.2.5.	Espesores de tanques	40
2.4.2.6.	Inclinación.....	40
2.4.2.7.	Temperaturas.....	41
2.5.	Ingreso de datos del programa	42
3.	Análisis y resultados.....	44
3.1.	Resultados de Método Volumétrico y Método de Encintado	44
3.1.1.	Circunferencia de Anillos por Método de Encintado.....	45
3.1.2.	Espesores de planchas	45
3.1.3.	Volúmenes muertos.	47
3.2.	Resultados de tabla de aforo	47
3.3.	Análisis de tabla de aforo resultante.	47
3.4.	Análisis de costo	49
4.	Conclusiones y Recomendaciones.	50
4.1.	Conclusiones	50
4.2.	Recomendaciones	51
5.	Referencias.....	52
6.	ANEXOS:.....	54

ABREVIATURAS

ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
ARCH	Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero
ASTM	American Society for Testing and Materials
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
NFPA	National Fire Protection Association
UL	Underwriters Laboratories
ULC	Underwriters Laboratories of Canada

SIMBOLOGÍA

°C	Grados Celsius
Cm ³	Centímetros Cúbicos
°F	Grados Fahrenheit
ft	Pies
Gal	Galones
L	Litro
m	Metro
plg	Pulgada
Psi	Libras por Pulgada Cuadrada

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Flujograma General 1	28
Ilustración 2 Flujograma Fase 1	29
Ilustración 3 Flujograma Fase 2	30
Ilustración 4 Flujograma Fase 3	31
Ilustración 5 Flujograma Fase 4	31
Ilustración 6 Mediciones Tanques Verticales. 1 y Tanques Horizontales. 1	34
Ilustración 7 Vista superior del tanque	39
Ilustración 8 Vista superior del tanque	41
Ilustración 9 Interfaz- Pestaña 1	42
Ilustración 10 Interfaz- Pestaña 2	42
Ilustración 11 Interfaz- Pestaña 3	43
Ilustración 12 Interfaz- Pestaña 4	43
Ilustración 13 Interfaz- Pestaña 5	44
Ilustración 14 Análisis de costo.....	49
Ilustración 15 Código realizado.....	54
Ilustración 16 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 1.	55
Ilustración 17 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 2.	55
Ilustración 18 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 3.	56
Ilustración 19 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 4.	56
Ilustración 20 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 5.	57
Ilustración 21 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 6.	57
Ilustración 22 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 7.	58
Ilustración 23 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 8.	58
Ilustración 24 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 9.	59

Índice de Tablas

Tabla 1 Tanques Verticales según su Techado 1	22
Tabla 2 Tanques Horizontales según sus Extremos 1.....	22
Tabla 3 Instrumentos de Medición 1	25
Tabla 4 Tanque horizontal Tk-503 S.M.....	32
Tabla 5 Tanque Vertical Diesel TQ-N1.....	33
Tabla 6 Circunferencia de anillos	35
Tabla 7 Espesores de tanques.....	35
Tabla 8 Accesorios.....	36
Tabla 9 Inclinación.....	36
Tabla 10 Medición de longitud	37
Tabla 11 Tipo de Unión.....	37
Tabla 12 Temperaturas	37

Tabla 13 Medición de Circunferencia de anillos	38
Tabla 14 Medición de Volúmenes Muertos/accesorios.....	38
Tabla 15 Medición de Longitudes Verticales internas	39
Tabla 16 Medición de Longitudes Verticales externas.....	39
Tabla 17 Tipo de Unión.....	39
Tabla 18 Espesores de cuerpo vertical	40
Tabla 19 Espesores de Base del tanque	40
Tabla 20 Inclinación de tanques verticales.....	41
Tabla 21 Temperaturas	41
Tabla 22 comparativa de mediciones de circunferencia de anillos de tanques horizontales.....	45
Tabla 23 comparativa de mediciones de circunferencia de anillos de tanques verticales.....	45
Tabla 24 comparativa de mediciones de espesores de tanques horizontales	46
Tabla 25 comparativa de mediciones de espesores de planchas de cuerpo vertical de tanques verticales	46
Tabla 26 comparativa de mediciones de espesores de planchas de base de tanque vertical	47
Tabla 27 Análisis de tabla de aforo resultante.....	48
Tabla 28 Análisis de tabla de aforo resultante.....	48
Tabla 29 Análisis de tabla de aforo resultante.....	48
Tabla 30 Costos promedios de calibración.....	49
Tabla 31 Aforo tanque vertical A.....	60
Tabla 32 Aforo tanque vertical B.....	60
Tabla 33 Aforo tanque vertical C.....	60
Tabla 34 Aforo tanque horizontal.....	60

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Javier y Olga y a mi hermana Nahomi, por siempre darme ánimos para cumplir mis metas ante toda adversidad.

A mis tíos Lucio y Rosa, por llenarme de valor en esa noche de fin de año diciéndome que era su orgullo, y alentarme a continuar con mis estudios

A mis amigos Jhon Henry y Josue, por llenar mis días de felicidad durante estos años en la universidad.

A Joel, Wacho, Ángeles, Heyton, Peton, Blass Freddy por siempre hacerme ver el lado divertido de la vida.

A mi querida Syoly que siempre está conmigo y me cuida desde el cielo.

A Vicente por ser de gran apoyo en mis últimos semestres y arriesgarse a hacer este proyecto juntos.

A Carlos, por ser mi motivación e inspiración en este proyecto, por haber compartido juntos todos estos años llenos de amor y felicidad, y por ayudarme en todo momento de forma incondicional.

A mis niños Lucas, Renata, Olivia y Lisa, por desvelarse conmigo en mis noches de estudio, pero en especial a mi querida Julieta, porque a pesar de que ya no estas físicamente, sé que me has acompañado en esta loca etapa de mi vida.

Dayana Camacho Figueroa.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi familia que a pesar de que ahora solo seamos 3, son mi pilar en todo momento de mi vida; sobre todo a los que me faltan por que a pesar de la ausencia los tengo presentes cada día en todo lo que hago, recordando sus consejos, enseñanzas y anécdotas; a ti padre, abuela y Memé.

A mis amigos que me han acompañado estos años en las buenas y malas, por brindarme su apoyo, tiempo y momentos gratos que Siempre llevaré en mi pensamiento con cariño, a ustedes Lucas, André, Roberto, Tito, Daniel, Jorge, Daniela, Mafer, Cindy, Kevin, Joss.

A Cookie, Pelusa, Sasha y Lunita que con su ternura y cariño alegran mis días más pesados; por pasar cada madrugada conmigo sin importar nada.

A maya, por mostrarme un aspecto diferente de la vida, uno más alegre; por su apoyo incondicional en todo momento y la paciencia inmensa que ha tenido a lo largo de este tiempo, a ti Michelle.

Vicente Armando García Haro.

AGRADECIMIENTOS

Totalmente agradecida con los profesores que tuve durante mi carrera universitaria.

A mis tutores Andrés Guzmán, Danilo Arcentales.

Al ingeniero Sagnay por su interés y apoyo en nuestro proyecto.

A mis amigos Josué Burgos y Jhon Henry Mosquera por ser mi equipo técnico en este importante trabajo.

A Vicente por ser pilar fundamental en el proyecto, siempre estar dispuesto a trabajar y demostrarme que tengo mucha paciencia.

A los ingenieros Jorge y Fidel Canelos, representantes de la empresa Control Internacional del Ecuador por permitirnos desarrollar nuestro proyecto.

Dayana Camacho Figueroa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecido con los ingenieros Fidel Canelos y Jorge Canelos por todo el apoyo que me brindaron al realizar mi proyecto, sus consejos y ánimos que valoraré siempre.

A la empresa Control Internacional y todo su equipo de trabajo por su preocupación y apoyo

Agradezco a mis tutores Danilo Arcentales y Andrés Guzmán por sus consejos, apoyo y tiempo dedicado.

Un agradecimiento especial Jhon Henry Mosquera y Walter Josue Burgos por la compañía, apoyo y ánimos que nos brindaron día a día en todo momento.

Agradezco a Michelle por ser un ejemplo de persona y apoyarme en las peores situaciones a lo largo de la realización de este proyecto, nunca cambies.

Vicente Armando García Haro.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Dayana Michelle Camacho Figueroa* y *Vicente Armando García Haro* damos mi nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Dayana Michelle
Camacho Figueroa

Vicente Armando
García Haro

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO
JAVIER SAGNAY
SARES**



Firmado electrónicamente por:
**DANILO ANDRES
ARCENTALES
BASTIDAS**



Firmado electrónicamente por:
**ANDRES EDUARDO
GUZMAN VELASQUEZ**

MSC. Sagnay Sares Fernando Javier.

PROFESOR DE LA MATERIA

**MSC. Arcentales Bastidas Danilo Andrés.
MSC. Guzmán Velásquez Andrés Eduardo.**

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La calibración de tanques es una actividad necesaria para poder saber el stock de producto que tiene almacenado la empresa operadora. En el presente trabajo se busca dar a la comunidad una herramienta gratuita de calibración para su libre uso, creando así una hoja electrónica considerando dos normas internacionales a la vez, para disminuir el porcentaje de error que se puede llegar a tener en los resultados de las tablas de aforo finales, ya que un error tan minúsculo puede incluso representar miles de galones que no estarían en stock y por ende fuera del balance económico.

Se seleccionó el tipo de calibración geométrico que a la vez usa el método de encintado para poder realizar las mediciones manuales necesarias que exigen las normas y luego ingresarlas en el programa, que se encarga de realizar los cálculos y generar la tabla de aforo resultante. Entre las herramientas usadas tenemos: master-tape, cinta con plomada, medidor de espesores, etc. El programa fue realizado con Python dado su ventaja de contar con librerías de libre acceso.

Se comparó los valores resultantes de la tabla de aforo con una certificada y se obtuvo un porcentaje de error despreciable que permitió validar nuestro programa.

Se concluyó que el programa es una herramienta funcional, practica, de fácil uso y acceso que permite disminuir costos y tiempo.

Palabras Clave: Normas, programa, gratuidad, practico.

ABSTRACT

Tanks calibration is a necessary activity to know the stock of product that the operating company has stored. This project seeks to give the community a free calibration tool for free use, thus creating an electronic sheet that considers two international standards at the same time, to reduce the% of error that can be experienced in the results of the final gauging tables, because a minimal error could represent thousands of gallons that would not be in stock.

The type of calibration that has been selected was the geometric calibration which at the same time uses the taping method to be able to carry out the necessary manual measurements required by the standards and then input them into the project, that is responsible for performing the calculations and generating the resulting gauging table. One of the most important tools that are used, are: master-tape, plumb tape, thickness gauge, etc. This program was made with Python because of its free access libraries.

The resulting values from the gauging table were compared with a certified one and a negligible error percentage was obtained that allowed our program to be valid.

In conclusion, this project is a functional, practical, friendly, and accessible tool that helps to reduce costs and time.

Keywords: Standards, project, free, practical.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la industria hidrocarburífera representa un pilar económico hasta la fecha indispensable, permitiendo la existencia de empresas que suplan las necesidades requeridas en los procesos de extracción, tratamiento y al refinar el crudo, entre los diferentes servicios que ofrecen estas empresas están: fabricación de tanques de almacenaje, soportes y ductos, mantenimiento y reparación de tanques, calibración/aforo de tanques, etc.

Para las empresas certificadoras, la calibración de tanques es uno de sus principales servicios; un proceso donde encontramos la relación entre el volumen del producto respecto a la altura del mismo respecto al tanque en donde lo almacenan. Debemos considerar que para todo calculo existirá siempre un grado de incertidumbre como que va de la mano a un margen error, que en este caso se trabajan y consideran como corrección al momento de calcular los volúmenes que pueden afectar al real, por ejemplo: la deformación de la estructura del mismo tanque sea por daños externo o presión hidrostática en el interior causado por el mismo producto, cambios por termodinámica, correcciones por mediciones de elementos muertos, este proceso de calibración está dictaminado por normas internacionales sean ISO (7707-1, 7707-2, 7707-3, 7707-4, 7707-5), API (MPMS 2.2A) ANSI, etc.

Las calibraciones de tanques de almacenamiento son una medida estrictamente necesaria para realizar un correcto uso de cualquier tipo de tanque, sea horizontal, vertical o esférico en la industria petrolera*. Esta actividad es certificada por normas internacionales como las propuestas en este proyecto, que son: API y ANSI, las cuales definen el proceso de cómo llevar a cabo la calibración tomando en cuenta diferentes características tanto físicas como químicas del producto que se almacena y como del tanque.

Entre los aspectos principales en cuanto a consideración de las normas se refiere, son: punto de inflamación, densidad y grado API del producto. Respecto al tanque se consideran dimensiones, grosor de planchas, cantidad de cordones que forman el tanque, estructura interna, inclinación o asentamiento, nivel y prueba de presión de las líneas.

Existe un proceso claro y conciso a seguir para llevar a cabo este trabajo; así mismo se indica la instrumentaria que se necesita para realizar mediciones manuales en el tanque, la cual debe estar calibrada y certificada ya que ningún dato que provenga de un instrumento de medir sin calibración podrá ser aceptado; estos datos obtenidos son digitalizados en una hoja electrónica que realizará los cálculos y correcciones. En la actualidad se busca mejorar estos procesos de calibración creando programas más amigables con el usuario que se basen en los procesos predeterminados que las normas internacionales exijan.

Se debe tener en cuenta que cada tanque tiene una tabla de calibración única, la cual debe ser actualizada según la norma de forma anual y, en caso de no cumplir con algún aspecto físico o químico el tanque a calibrar no estaría dentro de las especificaciones, por lo que no podría ser calibrado hasta que cumpla los requerimientos técnicos.

1.1. Antecedentes

En el área de producción surgió una necesidad mayor de stock para el crudo y sus derivados por consecuencia de la pandemia como se pudo apreciar a mediados del 2020 donde por la poca capacidad de almacenaje, el petróleo cayó en su valor por debajo del “0\$”; es por esto que la opción de una hoja electrónica gratuita para las empresas que tengan tanques y que requieran ponerlos en operación es viable. Otros trabajos han abarcado este tema con la perspectiva de mejorar ya softwares existentes en base a una sola normativa o mejorar la forma de trabajo y obtención de datos para calibrar, mientras que nuestra opción busca tener las relaciones de dos normas internacionales a la vez (ANSI, API) para a su vez con una comparación poder tener un error menor en los resultados.

Trabajos científicos de apoyo:

“METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y CONTROL DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS TABLAS DE AFORO DE TANQUES ESTACIONARIOS ATMOSFÉRICOS VERTICALES PARA ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS BASADO EN LA NORMA TÉCNICA INTERNACIONAL API MPMS CAPITULO 2.2-A PARA

AUTOMATIZAR EL PROCEDIMIENTO DE APROBACIÓN DE TABLAS DE CALIBRACIÓN EN LA FISCALIZACIÓN, JOSÉ LUIS HUERTAS LUNA, 2015.

El trabajo científico de apoyo muestra la viabilidad de generar un software de calibración basados en una única normativa (API) que sirva como apoyo a las entidades de control (ARCH) para poder validar sus resultados y así un error mínimo en la elaboración de tablas de aforo, concluyendo con la importancia que tienen las calibraciones de los tanques para tener un control correcto del volumen de hidrocarburo almacenado.

“REDISEÑO Y MEJORA DEL SOFTWARE DE CALIBRACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS USANDO LAS NORMAS API MPMS E ISO APLICABLES, PARA LA EMPRESA PETROAFIN S.A.”, CHANGOLUISA CODENA, JONATHAN DAVID GRIJALVA ROMAN, JOSEPH GABRIEL, 2019.

EL trabajo científico de apoyo tiene como objetivo principal actualizar un software ya existente de una empresa reguladora con la norma vigente al momento (API), agregando métodos actuales de calibración para poder comparar los resultados finales con datos ya existentes validados, reduciendo el error de la tabla de aforo obtenida.

1.2. Descripción del Problema

En momentos emergentes como en la actualidad debido al COVID-19 se debe tener presente que, la industria del petróleo, a pesar de la situación no puede detener su ritmo de productividad con facilidad a consecuencia de la pandemia.

La industria hidrocarburífera, en pro de evitar la baja del precio del crudo como sucedió en abril del 2020 donde llegó a costar -37,63\$, se ve en la necesidad de aumentar su capacidad de almacenamiento, por lo que se ha recurrido a llevar a operar tanques que se tienen fuera de servicio para no poner en riesgo la economía y las industrias; para ello se necesita tener una herramienta precisa, gratuita y de uso inmediato, que junto con una tabla de aforo actualizada, permita hacer uso de un tanque fuera de servicio y así evitar problemas futuros.

La exactitud en este tema es un factor crucial, ya que a diferencia de otros el margen de error es ínfimo; un dato obtenido a raíz de una mala medición podría representar grandes pérdidas económicas al presentar una tabla de calibración errada, lo que representa un volumen falso respecto a cualquier altura. Un ejemplo podemos poner a un tanque de Petro Ecuador con capacidad de 120.000 barriles con unas dimensiones de 23m de diámetro y 5m de altura, al tomar de forma errónea una medición podemos causar pérdidas significativas de dinero, como en este caso 1mm equivale a 11 barriles lo que al costo del crudo de hoy (44.99\$) serían 494.89\$ lo que en 1cm se convertiría la pérdida en 110 barriles, 4.948,9\$.

1.3. Justificación de la Investigación.

Analizando la problemática de falta de *stock* consideramos que debido a la pandemia y por la baja actividad hidrocarburífera se consideró la posibilidad de poner en actividad tanques que se tenían fuera de uso; al considerar esto pensamos que sería de mucha utilidad tener una hoja de calibración bajo dos normativas internacionales, tales como la norma API y ANSI, para la calibración de los tanques mencionados y tener así una mejor idea del *stock* del producto.

Teniendo en cuenta la afectación económica que la pandemia conlleva decidimos ofrecer esta herramienta virtual de forma gratuita para que pueda ser usado por la empresa operadora sin representar un gasto extra.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar una hoja digital gratuita hacia los diferentes sectores de la industria petrolera, para calibración de tanques horizontales y verticales, la cual tendrá como objetivo el análisis de muestras de hidrocarburos y sus derivados (Diesel, gasolina, bunker).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar una hoja electrónica, amigable con el usuario para la calibración de tanques de almacenamiento.
- Implementar en el programa las normas internacionales API y ANSI.

- Comparar el error absoluto y relativo obtenido de las normas: ANSI y API verificando la exactitud de estas.
- Combinar la información adquirida, para lograr resultados con mayor precisión y exactitud.

1.5. Marco Teórico

1.5.1. Hidrocarburos

Los hidrocarburos son considerados hasta la actualidad, recurso natural indispensable en la tierra ya que es base energética en más del 80% del planeta gracias a como está estructurada su cadena de carbono y a los procesos de variación de presión y temperatura que ha sufrido el material orgánico que lo conforma a través de los años.

1.5.2. Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos

En la actualidad existe una demanda elevada de material hidrocarburífero como combustibles y lubricantes, ocasionando a su vez una necesidad de poder almacenar los mismo. En nuestra industria la capacidad de almacenamiento de producto es inmensurable ya que por pozos hablamos de miles de barriles, por ende, millones de galones, como dice (EWP, Introduction to Storage Tanks, 2008) “de aquí la importancia del almacenamiento de hidrocarburos como paso previo o posterior a un proceso de producción”.

Los tanques de almacenamiento contienen líquidos orgánicos, líquidos no orgánicos, vapores por lo que en ellos rigen diferentes normas como ASTM, API, NFPA, STI, UL, ULC, normas internacionales que dictaminan desde el proceso de elaboración, instalación hasta el material del que está hecho incluso el diseño respecto a diferentes aspectos a considerar.

1.5.2.1. Tanques Verticales

Los tanques tipo verticales tienen la característica de funcionar a una presión casi similar a la atmosférica y también a presiones internas hasta 2.5 Psi (Process Fabricators INC., n.d.). Estos tanques

cuentan con válvulas de venteo en el área superior, para que al momento de descargar se eviten presiones de llenado o absorción.

1.5.2.2. Tanques Horizontales

Este tipo de tanques tiene muchas aplicaciones de almacenamiento y procesamiento de líquidos por los cuales suelen ser muy usuales en la industria del Ecuador.

Para evitar el desgaste por la corrosión se proporciona recubrimientos según sea necesario. Tiene una capacidad máxima de 50000 gal.(Process Fabricators INC., n.d.)

Estos tanques son cilíndricos, por lo general se fabrican con chapas de acero al carbono específicamente para la industria petrolera, otro uso que se les da es como depósitos para productos que serán comercializados en un futuro, cuando existe una limitante de altura en el sitio donde los colocarán.(González Dorta, 2018).

1.5.2.3. Clasificación de tanques según sus extremos/techados.

Según su Techado	Techo Fijo	Diseñados para almacenar contenido no volátil tales como: diésel, agua, petróleo crudo, etc. Trabajan con una cámara de aire para evitar la acumulación de vapores que se generan en el interior de los tanques, permitiendo que la presión interior sea similar a la presión atmosférica(Hägg & Sandberg, 2017)
	Techo flotante	Su techo no se encuentra fijo a la estructura, por lo que este se encontrará dependiente del nivel de fluido. Tienen como objetivo disminuir el espacio existente entre el nivel de fluido y el tope del techo, con el fin de reducir al máximo la liberación de componentes ligeros encontrados en los fluidos de almacén. Permiten almacenar fluidos volátiles a temperatura y presión atmosférica tales como: crudo ligero, alcohol, nafta, gasolina, etc.

	Sin Techo	Son empleados para contenidos que no tiene mucha relevancia si se contaminan o se evaporan, como ejemplo se tiene el agua residual, agua contra incendios, etc.(González Dorta, 2018)
--	------------------	---

Tabla 1 Tanques Verticales según su Techado 1

Según sus extremos	Extremos Elípticos	Diseñado para recipientes que van a laborar bajo presión, tienen una interacción de radio de bombeo y rebordeo de principalmente 2:1. Estas cabezas poseen la virtud de ser más eficientes cuando se los somete a su máxima resistencia a presiones extremas accidentales.
	Extremos Toriesféricos	Estos extremos están propensos a presiones manométricas que van desde los 0.35 [kg/cm ²] hasta 14[kg/cm ²]. Los extremos toriesféricos muestran una buena resistencia a las presiones manométricas altas.
	Extremos planos	Tanques cuyos extremos tienen un proceso de fabricación muy simple. Este tipo de tanques se emplean en el almacenamiento de combustibles líquidos.
	Extremos Semielípticos	Sus extremos resultan ser muy resistentes a exposición a altas presiones, gracias a su verdadera estructura efectiva en su área geométrica.
	Extremos Cónicos	Extremos de tanques que únicamente se emplean en tanques horizontales cilíndricos, requiere de mayor exactitud en el doblado de las planchas.

Tabla 2 Tanques Horizontales según sus Extremos 1

1.5.3. Calibración

Partiendo de la estructura y forma de los tanques usados para almacenar productos hidrocarbúricos que tienen una forma cilíndrica, pero no son cilindros perfectos considerando el proceso de fabricación y deformación de materiales y el deterioro de los mismo con el pasar del tiempo por factores que inciden como la temperatura, presión interna, y fuerzas externas que pueden provocar la deformación de las estructuras y como consecuencia a su vez la variación de la capacidad volumétrica del tanque

Al calibrar un tanque obtenemos una tabla de aforo donde nos muestra la relación volumen vs altura, siendo las unidades del primer factor en [gal], [L], o [cm³] mientras el segundo factor puede estar en [ft], [m], esta tabla de aforo es el resultado de cálculos con datos obtenidos de forma manual a partir de equipos de medición, como: cinta de medición, plomada, estación total, flexómetro, nivel, medidor de espesor, herramientas que deben estar calibradas a su vez por una autoridad reguladora para evitar así un error alto.

Se deben tomar mediciones de la geometría del tanque que se calibrará n diferentes puntos de altura, lo que nos dará una idea de que tanto se reduce o aumenta el volumen respecto a las partes internas extras del tanque.

Tenemos que considerar las correcciones respecto a la temperatura, presión, deformaciones por la presión hidrostática, deformación de los materiales ya que van cediendo, presión interna del trabajo, etc.



El error como menciona (Adere, 2012): "Para la determinación de los datos existe un error máximo permitido establecido para cada parámetro, el error máximo en +/- será igual a:

- Para tanques cilíndricos verticales que hayan sido calibrados mediante el método geométrico el error máximo será de 0.2% del volumen indicado.

- Para tanques horizontales o inclinados cilíndricos calibrados por método geométrico o volumétrico será el máximo de 0.3% del volumen indicado.

Para tanques esféricos que hayan sido calibrados mediante método geométrico el error máximo permitido será de 0.5% del volumen establecido.

1.5.4. Herramientas

Instrumentos de Medición		
Cinta con Plomada	La cinta de acero permite saber la medida de producto que tiene el tanque una vez introduciéndolo.	
	La plomada es el peso que se pone en el extremo saliente de la cinta para que ayude por su peso a que caiga y toque el fondo del tanque al colocarlo dentro de él.	
Cinta de Fibra de Vidrio	Permite encintar al tanque para la toma de medidas de las circunferencias por anillos.	

<p>Nivel de Burbuja</p>	<p>Instrumento que permite determinar si la base del tanque presenta una inclinación lo suficientemente pronunciada como para afectar el proceso de aforo.</p>	
<p>Flexómetro</p>	<p>Es usado principalmente para determinar las mediciones de “desde” y “hasta” de los accesorios que los tanques poseen</p>	
<p>Medidor de espesores</p>	<p>Nos permite de forma ultrasónica encontrar los espesores que las planchas que conforman el tanque tienen.</p>	

Tabla 3 Instrumentos de Medición 1

1.5.5. Mediciones

1.5.5.1. Medición de Espesores

Los espesores de las láminas que conforman el tanque deben ser tomados con dispositivos de medición ultrasónicos calibrados, estas mediciones según la norma deben ser tomados en las juntas de las placas según el número de juntas, las mediciones que se obtuvieron en la construcción del tanque pueden ser consideradas como reales.

1.5.5.2. Medición de Longitudes Verticales

De mediciones Verticales se deben realizar o medir: la altura de cada anillo, altura interna efectiva, altura de escotilla/manhole, altura del tanque, altura referencial de aforo. (Solé, 2009)

1.5.5.3. Medición de las Circunferencias

Las mediciones circunferenciales del tanque de almacenamiento de hidrocarburo deben ser muy precisas, y se deben

tomar dos mediciones por cada placa, al 20% y al 80% de su altura correspondiente.

1.5.5.4. Medición de los Volúmenes Muertos

Al referirnos a volúmenes muertos, se relaciona a todo tipo de objeto que se encuentra tanto en la parte interna como externa del tanque de almacenamiento debido a que alteran su aforo, por ejemplo: techo flotante, manholes, soportes internos, boquilla de medición, etc.

1.5.6. Norma API

Los estándares API son acreditados por el “American National Standards Institute, (ANSI)” siendo que esta norma no sea solo conocida por su rigor técnico sino además por su acreditación de terceros, dándoles así aceptación en regulaciones estatales y federales en su país como internacionales fuera del mismo.

El “American Petroleum Institute” (API), es parte fundamental para los estándares de establecimiento y mantenimiento de la industria mundial de Hidrocarbúfera; permitiéndoles fabricar e inventar de manera consistente, promoviendo a la vez la aceptación de productos y prácticas a nivel global desde 1924.(American Petroleum Institute, 2012)

1.5.7. Norma ANSI

El “American National Standards Institute” por sus siglas en inglés (ANSI) se encarga de supervisar el desarrollo de estándares de procesos, sistemas, productos y servicios en Estados Unidos; es parte de la ISO (International Organization for Standardization) así como de **IEC** (International Electrotechnical Commission).

Esta organización es el lazo entre los estándares nacionales americanos con los internacionales, permitiéndoles que los productos que esta organización certifique puedan usarse en todos los países.

1.5.8. Tabla de calibración

La tabla de aforo es el resultado de una calibración de un tanque mostrando la relación de la altura del producto vs el volumen total del

mismo. Estas tablas pueden ser presentadas en [cm] o [plg]; el error de los resultados no puede ser mayor a 0.05%. Estas tablas son indispensables para nuestra industria según la normativa del estado para poder tener un tanque en eso de cualquier tipo, la misma debe actualizarse constantemente, no puede tener más de 5 años como no puede ser actualizada antes del año. A los dueños de tanques les sirve como herramienta para tener una idea correcta del stock de almacenamiento de producto que tiene y en base a eso hacer cálculos de costos respecto a volumen.

1.5.9. Error Absoluto y Error Relativo

Si medimos una cierta cantidad física y su valor "real" es x_0 , obtenemos Para medir x , llamaremos medida al error absoluto:

$$\Delta x = x - x_0$$

Por lo general, se asume $|\Delta x| \ll |x_0|$. El error absoluto nos proporciona una medida de desviación, En otros términos el valor "verdadero", es absoluto. Pero, a veces nos interesa destacar la importancia relativa de la desviación. Para ello, se utiliza el error relativo. El error relativo es Definido como el cociente entre el error absoluto y el valor "verdadero":

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_0}$$

Expresado como porcentaje, se multiplicará por cien. Cuando señalamos el valor de una medida En un orden de magnitud, siempre tendremos que señalar el mismo grado de incertidumbre, para este Acompañaremos el resultado de la medición del mismo error absoluto para indicar el resultado el camino:

$$x \pm \Delta x$$

(Corchete, 2008)

1.5.10. Python

Es un lenguaje de scripting orientado a objetos, independiente de la plataforma, listo para ejecutar cualquier tipo de programa, desde aplicaciones de Windows hasta servidores web e incluso páginas web Python. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que se puede ejecutar sin compilar el código fuente, lo que aporta ventajas como velocidad de

desarrollo y desventajas como menor velocidad.(Team & Van Rossum, 2020)

2. METODOLOGÍA

El proceso que realizaremos en este trabajo académico constara de 4 pasos principales los cuales se desglosaran a la vez en diferentes procesos a seguir de forma ordenada, como lo será planteado a continuación en el Error! Reference source not found.; iniciando por la selección de los tanques objetivos a calibrar seguido de la toma de datos según la metodología planteada en las diferentes normas utilizadas.

Una vez realizadas las diferentes mediciones internas y externas, considerando los diferentes aspectos que los tanques tanto verticales como horizontales que pueden tener, se procede a colocar los datos en la hoja de cálculo creada, la misma que describiremos su creación en el inciso que corresponda en este capítulo, por ultimo analizaremos la tabla de aforo resultante del programa creado para poder hacer una comparación entre los resultados obtenidos y los ya existente de los tanques seleccionados de una empresa certificadora.

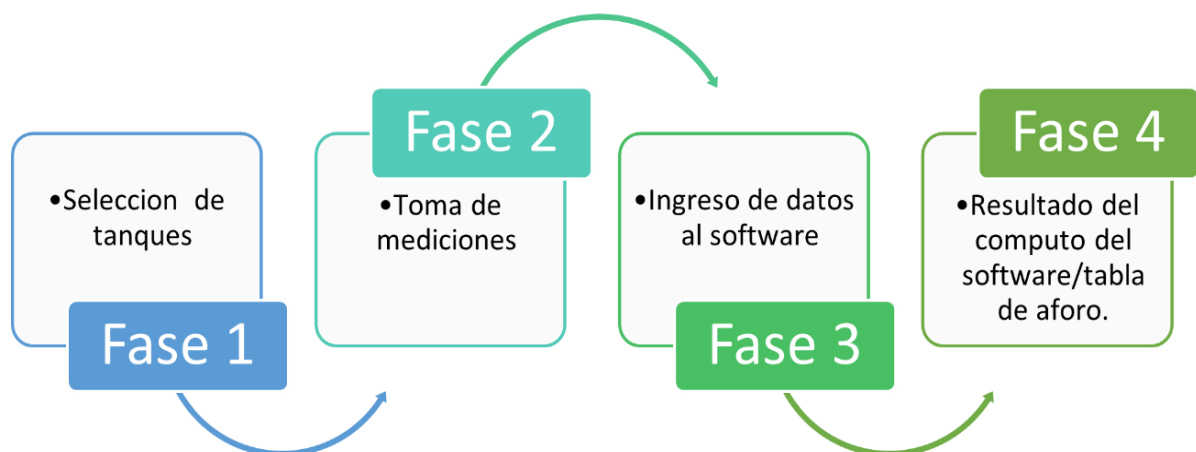
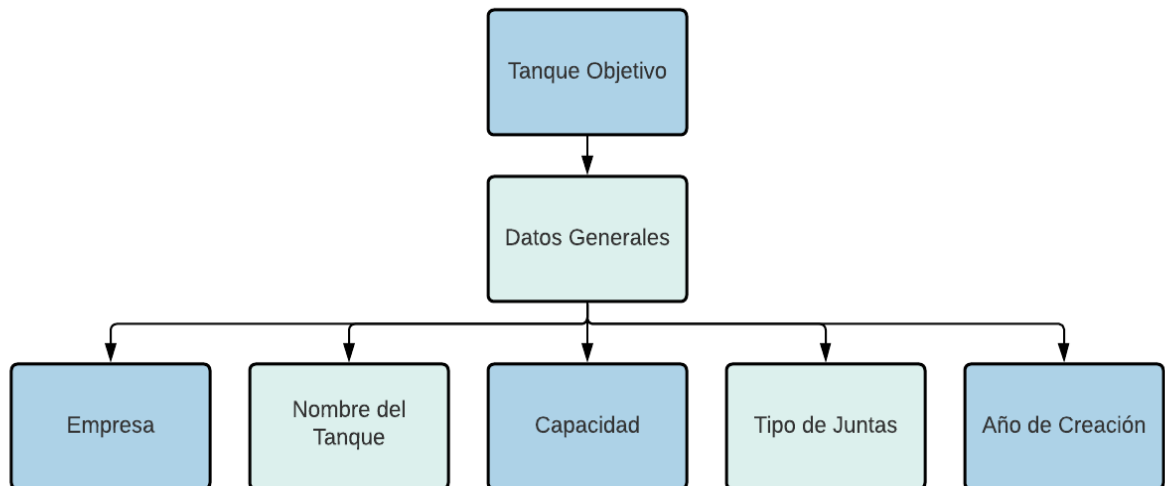


Ilustración 1 Flujoograma General 1

2.2. Secciones de trabajo

En esta primera fase nos enfocaremos en qué tipo de trabajo haremos y a que tanque realizaremos, una vez escogido el tanque sea vertical u horizontal, procedemos a tomar los datos que el formato en conjunto con la norma solicite, como se lo explica en Error! Reference source not found.



Fase I

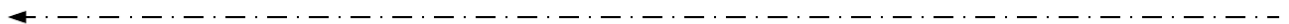
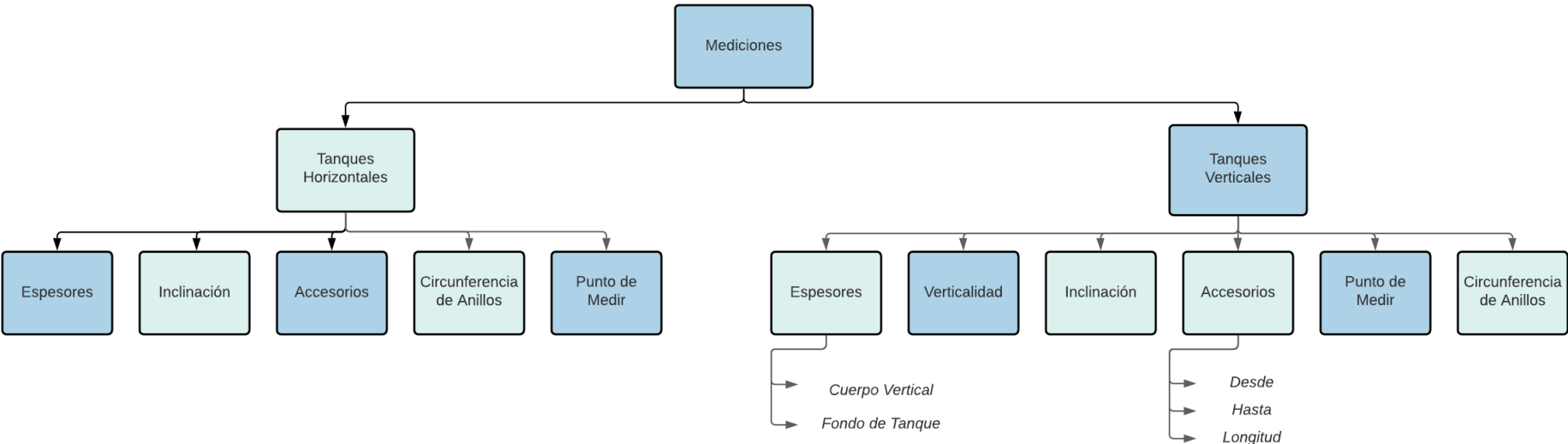


Ilustración 2 Flujograma Fase 1

En el Error! Reference source not found. donde realizaremos las mediciones a los tanques ya seleccionados, tendremos en cuenta la diferencia de datos que nos exige la norma, ya que para horizontales hace hincapié en las cabezas mientras que para los verticales su importancia radica en la estructura interna y su inclinación.



Fase II

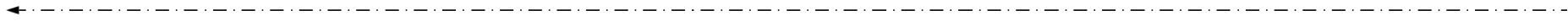
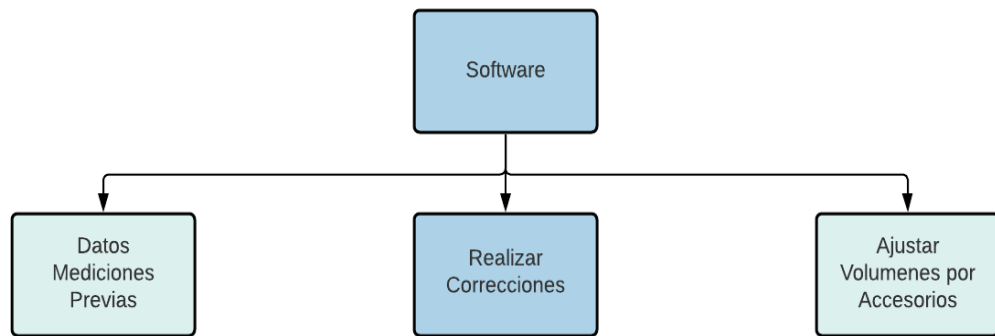


Ilustración 3 Flujograma Fase 2

En el Error! Reference source not found. Procedemos a ingresar todos los datos que adquirimos en las mediciones de campo; el programa como está propuesto y explicado en el siguiente inciso solicita los datos para poder realizar tanto los cálculos como sus correcciones, donde también considera los volúmenes muertos (Deadwood) o accesorios.



Fase III

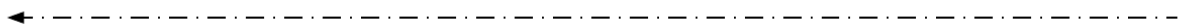
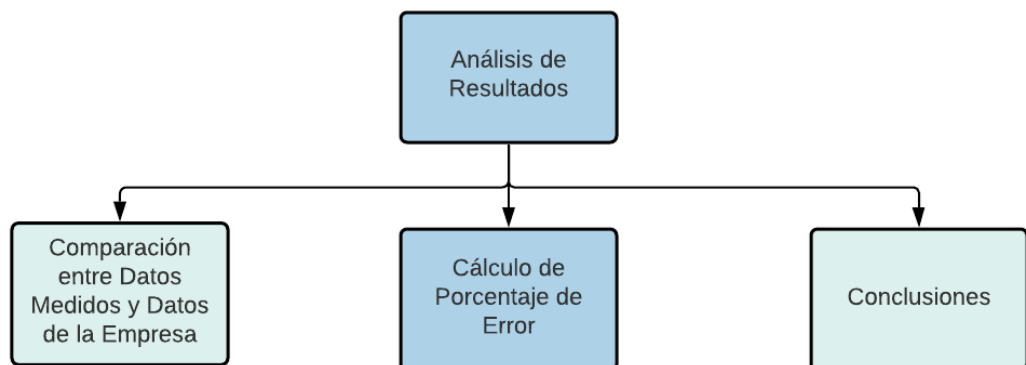


Ilustración 4 Flujoograma Fase 3

Nuestro Error! Reference source not found. tiene como finalidad mostrar la tabla de aforo resultante de nuestra hoja de calibración, donde podremos hacer la comparativa entre nuestra tabla obtenida y una real dada por una empresa certificada; a su vez el % de error que esta tabla tiene respecto a la real y actual.



Fase IV

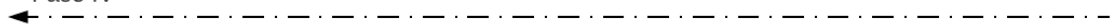


Ilustración 5 Flujoograma Fase 4

2.3. Tanques objetivos

Los tanques objetivos en los que realizaremos el estudio son de la compañía “*Tecnoquality*” y “*Soderal*”, ubicadas en La provincia de Santa Elena, en el cantón Santa Elena, frente a la estación de servicio Del Sol/Primax y En la provincia del Guayas en el cantón Marcelino Maridueña Av. San Carlos.

2.3.1. Placa informativa de tanques objetivo

Cada tanque de almacenamiento debe tener por normativa su respectiva placa informativa donde especifica los datos generales y principales del mismo que la agencia reguladora de hidrocarburos especifica y solicita; estas placas deben ser visibles y entre los datos que debe mostrar están: tara, capacidad de almacenamiento, presión de diseño, presión de prueba, fecha de fabricación, presión de trabajo, norma técnica de construcción. (Hägg & Sandberg, 2017)

Las placas que corresponden a los tanques objetivos de este trabajo se muestran a continuación:

Tanque Horizontal Tk-503 S.M escogido como objetivo de este trabajo para llevar a cabo una calibración por el método planteado de encintad y realizar las mediciones correspondientes.

Ubicación:	Planta Soderal-Marcelino Maridueña
Nombre de tanque	Tk-503 S.M
Tipo de tanque	Cilíndrico Horizontal
Capacidad	11.733 [Galones] / 279.35 [Barriles]
Fecha de Fabricación	16/10/2015

Tabla 4 Tanque horizontal Tk-503 S.M

Tanque Vertical Diesel TQ-N1 escogido como objetivo de este trabajo para llevar a cabo una calibración por el método planteado de encintad y realizar las mediciones correspondientes.

Ubicación:		Tecnoquality-Santa Elena
Nombre de tanque	Diesel TQ-N1	
Tipo de tanque	Cilíndrico Vertical	
Capacidad	46.554 [Galones] / 1108.42 [Barriles]	
Fecha de Fabricación	10/2/2008	

Tabla 5 Tanque Vertical Diesel TQ-N1

2.4. Mediciones

Una calibración de tanque se puede realizar por 3 métodos distintos, se escogerá el método según convenga.

- Método Volumétrico
- Método Geométrico
- Método Gravimétrico

En este trabajo escogeremos el Método Geométrico, el cual consiste en una combinación de mediciones directas e indirectas tanto en la superficie como en el interior del tanque para poder hacer un modelo geométrico del mismo, el método se puede dividir a su vez en:

- Método de encintado
- Método de línea óptica
- Método de triangulación óptica
- Método Electro-óptico de medidas internas
- Método Electro-óptico de medidas externas

De los métodos presentados se escogió el “Método de encintado” el mismo que cumple con la norma ISO 7507-1, API MSM 2.11, ANSI 23.2 y que en base a mediciones tomadas por equipos calibrados como los planteados en el capítulo 1 en el cuadro “Error! Reference source not found.”, estas medidas sirven para calcular de forma geométrica la capacidad volumétrica del tanque, cada medición para reducción de incertidumbre se debe corregir, a su vez se debe tomar en cuenta cualquier tipo de accesorio que pueda restar o incrementar el volumen real del tanque.

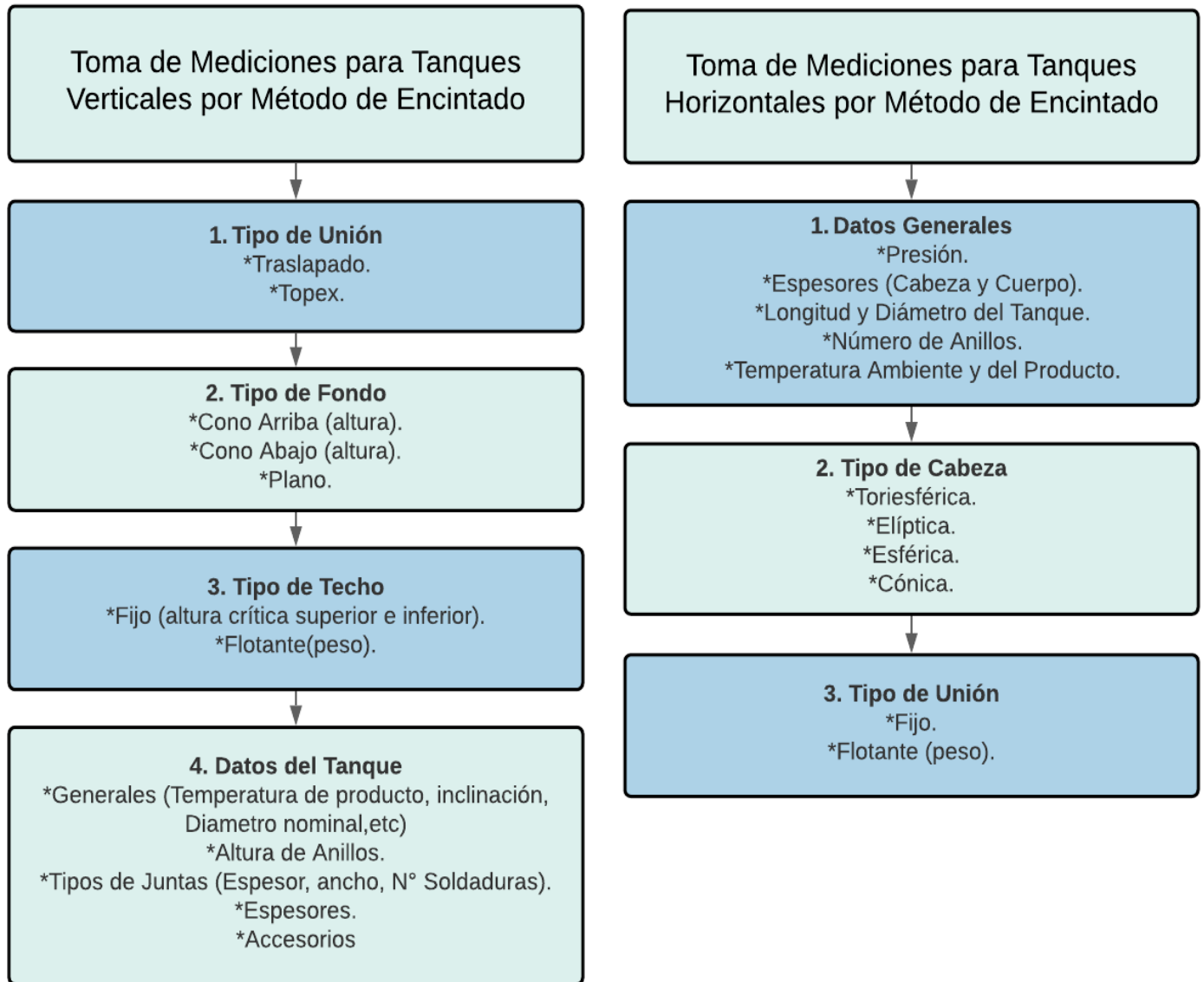


Ilustración 6 Mediciones Tanques Verticales. 1 y Tanques Horizontales. 1

2.4.1. Mediciones de Tanques Horizontales

A diferencia de los tanques verticales, hay un énfasis en los extremos de estos tanques como una ausencia en la necesidad de realizar mediciones de alturas por anillos. Este tipo de tanque en la industria hidrocarbúrfica es el menos común para almacenar petróleo, pero por el contrario es el más usado para derivados de este.

2.4.1.1. Circunferencia de anillos

Para los procedimientos de medición, se debe utilizar una cinta circunferencial de longitud suficientemente larga para rodear completamente el tanque, y se tomarán medidas de la circunferencia total. En todos los casos, la cinta a utilizar debe aplicarse a la superficie del tanque en los lugares prescritos por el procedimiento de envoltura (al 20% y al 80% de la longitud de cada anillo; es decir, la longitud requerida de la cinta debe aplicarse en una condición correcta y apretado por la aplicación de la tensión adecuada.

Numero de anillos	Medición [cm]
1	8913.00
2	8917.00
3	8918.00

Tabla 6 Circunferencia de anillos

La estructura de un tanque horizontal respecto a uno vertical varia en la unión de las juntas ya que no son armadas de forma secuencial al mismo nivel, por lo que se debe realizar un análisis del espesor de las planchas de forma independiente de cada una como de sus extremos y hacer un promedio de ellas; considerar una medida con pintura o recubrimiento de los tanques y de ser posible una sin cobertura.

Medición	Con pintura [mm]	Sin pintura [mm]
1.00	57.00	52.10
2.00	57.10	51.90
3.00	56.80	52.10
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Tabla 7 Espesores de tanques

2.4.1.2. Tipos de Extremos

Para la calibración de los tanques horizontales se debe calcular el volumen de la parte cilíndrica y de las cabezas por separado, dependiendo el tipo de cabeza con las que fueron fabricados, el

volumen que ocupan estas cabezas dependerá de la geometría que tengan.(Gerencia de planeación y suministro, 2088)

- Cabeza Toriesférica
- Cabeza elíptica
- Cabezas esféricas
- Cabezas cónicas

Nuestro tanque Tk-503 S.M muestra unos extremos que concuerdan con la definición y forma de cabeza esférica; para este tipo de extremos se procede a medir su largo y su altura, para esto se usa un Nivel.

2.4.1.3. Accesorios

La medición de accesorios corresponde a la variación de volumen que es alterado por líneas, estructuras extras internas, manholes, líneas etc. Ciertos accesorios pueden restar como sumar unidades al volumen real del tanque. En nuestro caso, el tanque Tk-503 S.M muestra solo 2 tipos de accesorios, ambos con la posibilidad de restar volumen real al tanque.

Accesorios	Mediciones para considerar [cm]
Punto de medir	15.00
4 tubos de 2" x 30 [cm]	19.00

Tabla 8 Accesorios

2.4.1.4. Inclinación

La inclinación para tanques verticales se mide con ayuda del principio de vasos comunicantes que dice "(CITAR)"; permitiéndonos así ver respecto un extremo con otro que tan desnivelado está el tanque y con cálculo de geometría por Pitágoras sacar el Angulo de inclinación del mismo.

Inclinación del Tanque	
Punto de referencia 1.50	
Puntos de medición	Medida [cm]
1	150.00
2	149.00

Tabla 9 Inclinación

2.4.1.5. Medición de longitud

De preferencia esta medida se realiza encima del tanque ya que la cinta debe estar extendida en su totalidad y tocar el todo momento al tanque.

Longitud del tanque [cm]
7342.00

Tabla 10 Medición de longitud

2.4.1.6. Medición de los volúmenes muertos

Al referirse a “volúmenes muertos” o también llamados Deadwood se trata de todo tipo de objeto que se encuentre dentro o fuera del tanque y altere su capacidad.

2.4.1.7. Tipo de Unión

El tipo de Soldadura es esencial conocer ya que esto podrá afectar directamente la geometría del tanque y a la vez su volumen o capacidad.

Tipo de Unión
Tope

Tabla 11 Tipo de Unión

Nuestro tanque Tk-503 S.M muestra unas uniones de soldadura de tipo “Tope” donde las planchas están juntas soldadas por una sola línea de cordones, los mismos que pueden tener de 1-3 [mm] de ancho.

2.4.1.8. Temperaturas

Las temperaturas son consideradas al momento de hacer las correcciones por expansión del producto dentro del tanque; debemos tener en cuenta que son distintas generalmente la temperatura que tiene el producto que del tanque que lo almacena.

Temperatura Ambiente/Producto	Temperatura del Metal
32°C	30°C

Tabla 12 Temperaturas

2.4.2. Mediciones de tanques verticales

2.4.2.1. Medición de Circunferencia de anillos

La persona encargada de tomar las mediciones del tanque de almacenamiento debe establecer donde se van a tomar cada una de las medidas de la circunferencia del recipiente. Se debe recordar que las medidas se realizan al 20 y 80% bajo la parte superior de cada lamina, nunca deben ser tomadas sobre los cordones, ya que interrumpe la medición.

Numero de anillos	Medición [cm]
1	17909.2
2	17879.1
3	17868.8

Tabla 13 Medición de Circunferencia de anillos

2.4.2.2. Medición de Volúmenes Muertos/accesorios.

Al referirse a “volúmenes muertos” o también llamados Deadwood se trata de todo tipo de objeto que se encuentre dentro o fuera del tanque y altere su capacidad.

	Manhole [cm]	Viga de soporte en centro de estructura de 4" [cm]	Purga 1" x1 [cm]	Líneas 2" x3 [cm]
Desde	8	694	5	5
Hasta	24.5		8	8
Longitud	175.2		-	-

Tabla 14 Medición de Volúmenes Muertos/accesorios.

2.4.2.3. Medición de Longitudes Verticales internas/Verticalidad

Las mediciones verticales se harán dependiendo del diámetro del tanque, ya que con diámetros pequeños no se necesitan más de 4 mediciones, pero en tanques de mayor capacidad y a la vez dimensiones, se necesitan de 5-7 mediciones. Estas mediciones son internas en el tanque y nos permite ver el asentamiento de este, al estar lleno de producto este cambia su estructura, tendiendo a ensancharse en la parte baja o en los primeros anillos.

Las medidas de verticalidad se toman respecto a un punto de referencia dentro del tanque marcado generalmente entre 1.5 cm a 2.0 cm y por medio de vasos comunicantes podemos ver en los puntos marcados el nivel que tiene el tanque, y a su vez donde se asienta más.

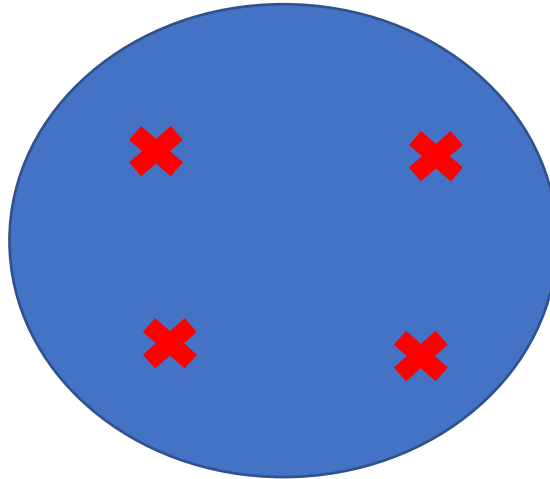


Ilustración 7 Vista superior del tanque

Verticalidad	
Puntos	Medida [cm]
Referencia	150
1	148.6
2	148.4
3	147.8
4	147.2

Tabla 15 Medición de Longitudes Verticales internas

Longitud Vertical Externa
6.94

Tabla 16 Medición de Longitudes Verticales externas

2.4.2.4. Tipo de Unión

El tipo de Soldadura es esencial conocer ya que esto podrá afectar directamente la geometría del tanque y a la vez su volumen o capacidad.

Tipo de Unión
Tope

Tabla 17 Tipo de Unión

Nuestro tanque Diesel TQ-N1 muestra unas uniones de soldadura de tipo “Tope” donde las planchas están juntas soldadas por una sola línea de cordones, los mismos que pueden tener de 1-3 [mm] de ancho.

2.4.2.5. Espesores de tanques

Los espesores en un tanque vertical deben ser tomada tanto en su cuerpo vertical como en su base, por normas de estructura ISO-75071, las planchas de los primeros anillos de los tanques no deben ser de menos de 3” de espesor mientras la base no puede ser menor a 5” de espesor; esto permite al tanque soportar las presiones que se generan al estar lleno de producto y el asentamiento que esto provoca en la base del tanque.

Espesores de cuerpo vertical		
Medición	Con pintura [mm]	Sin pintura [mm]
1	42.0	44.2
2	42.6	44.5
3	41.8	43.2

Tabla 18 Espesores de cuerpo vertical

Espesores de Base del tanque	
Medición	Medición en [mm]
1	53.2
2	53.0
3	52.8

Tabla 19 Espesores de Base del tanque

2.4.2.6. Inclinación

La inclinación para tanques verticales se tomará en mínimo 4 puntos de medir y esta cantidad dependerá de las dimensiones de diámetro que tenga el tanque, para el tanque que presentamos en nuestro tanque serán necesarias 4 medidas, tomadas como se lo explica en el grafico **Ilustración 8 Vista superior del tanque**

El principio que usamos para esta medición es la de “Vasos Comunicantes” que nos permite ver respecto a una medida de altura como referencia, que tanto varían los otros puntos y así por cálculos geométricos sacar la inclinación del tanque

Inclinación de tanques verticales	
Referencia	150.0 cm
Puntos de medición	Medidas [cm]
1	150.0
2	149.8
3	149.1
4	148.8

Tabla 20 Inclinación de tanques verticales

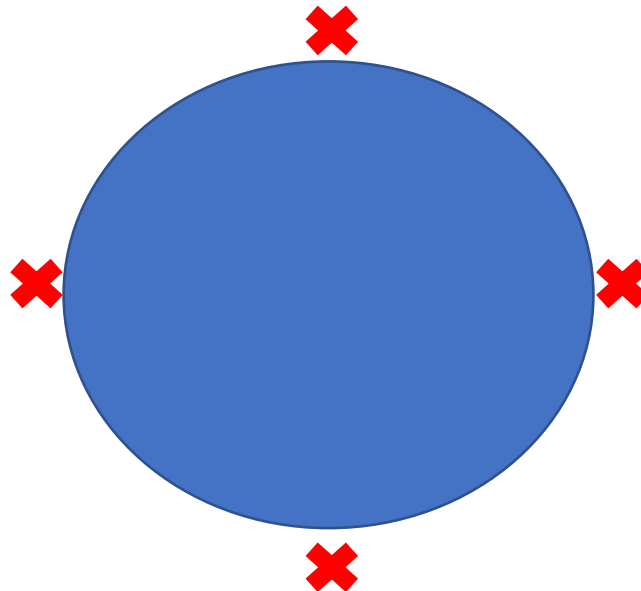


Ilustración 8 Vista superior del tanque

2.4.2.7. Temperaturas

Las temperaturas son consideradas al momento de hacer las correcciones por expansión del producto dentro del tanque; debemos tener en cuenta que son distintas generalmente la temperatura que tiene el producto que del tanque que lo almacena.

Temperatura ambiente/producto	
31°C	29°C

Tabla 21 Temperaturas

2.5. Ingreso de datos del programa

Mostramos a continuación capturas de la interfaz realizada en Python donde inicialmente se pide al usuario ingresa los datos que realizamos en el paso previo.

En la **Error! Reference source not found.** solicitamos datos generales de la calibración a realizar, tales como fecha, capacidad, locación, etc.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo volumen incremental	Calculo de volúmenes muertos	Tabla de aforo final
Información General								
Fecha de calibración: <input type="text"/>								
Propietario: <input type="text"/>								
Nombre del Campo: <input type="text"/>								
Localización: <input type="text"/>								
Material del Tanque: <input type="text"/>								
Capacidad Nominal: <input type="text"/>								
Codigo del tanque: <input type="text"/>								
<input type="button" value="Siguiete"/>								

Ilustración 9 Interfaz- Pestaña 1

Nuestra **Error! Reference source not found.** solicita al usuario los datos de fondo, techo, temperatura, grados API a 60°F del tanque a calibrar.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo volumen incremental	Calculo de volúmenes muertos	Tabla de aforo final
Fondo del Tanque								
Tipo de Fondo <input type="text"/>								
Altura del cono <input type="text"/> m								
Techo del Tanque								
Tipo de Techo <input type="text"/>								
Peso del Techo <input type="text"/> lb								
Altura Critica Inferior <input type="text"/> cm								
Altura Critica Superior <input type="text"/> cm								
Densidad del fluido <input type="text"/> lb/gal								
Datos								
Diametro Nominal: <input type="text"/> in								
Altura del liquido: <input type="text"/> ft								
Temp. del liquido <input type="text"/> °F								
Temp. Ambiente: <input type="text"/> °F								
Grados API a 60°F: <input type="text"/>								
Altura platina de Aforo: <input type="text"/> mm								
Inclinación Tanque: <input type="text"/> mm								
Corrección de la cinta master: <input type="text"/>								

Ilustración 10 Interfaz- Pestaña 2

En esta pestaña **Error! Reference source not found.** colocaremos los datos obtenidos de la medición de campo de las circunferencias por anillo especificado en promedio de sus dos mediciones tanto a 20% como a 80% de los mismos; así de los espesores de las planchas en promedio por anillo.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo volumen incremental	Calculo de volúmenes muertos	Tabla de aforo final																								
<p>Datos de circunferencias</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 33%;">Diametro promedio</th> <th style="width: 33%;">Circunferencia promedio al 20% y 80%</th> <th style="width: 33%;">Datos de espesores</th> </tr> <tr> <td>Anillo 1 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 1 <input type="text"/> ft</td> <td rowspan="10"> <p>Espesor promedio al 20% y 80%</p> Anillo x1 <input type="text"/> in Anillo x2 <input type="text"/> in Anillo x3 <input type="text"/> in Anillo x4 <input type="text"/> in Anillo x5 <input type="text"/> in Anillo x6 <input type="text"/> in Anillo x7 <input type="text"/> in Anillo x8 <input type="text"/> in Anillo x9 <input type="text"/> in Anillo x10 <input type="text"/> in </td> </tr> <tr> <td>Anillo 2 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 2 <input type="text"/> ft</td> </tr> <tr> <td>Anillo 3 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 3 <input type="text"/> ft</td> </tr> <tr> <td>Anillo 4 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 4 <input type="text"/> ft</td> </tr> <tr> <td>Anillo 5 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 5 <input type="text"/> ft</td> </tr> <tr> <td>Anillo 6 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 6 <input type="text"/> ft</td> </tr> <tr> <td>Anillo 7 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 7 <input type="text"/> ft</td> </tr> <tr> <td>Anillo 8 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 8 <input type="text"/> ft</td> </tr> <tr> <td>Anillo 9 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 9 <input type="text"/> ft</td> </tr> <tr> <td>Anillo 10 <input type="text"/> m</td> <td>Circunferencia 10 <input type="text"/> ft</td> </tr> </table>									Diametro promedio	Circunferencia promedio al 20% y 80%	Datos de espesores	Anillo 1 <input type="text"/> m	Circunferencia 1 <input type="text"/> ft	<p>Espesor promedio al 20% y 80%</p> Anillo x1 <input type="text"/> in Anillo x2 <input type="text"/> in Anillo x3 <input type="text"/> in Anillo x4 <input type="text"/> in Anillo x5 <input type="text"/> in Anillo x6 <input type="text"/> in Anillo x7 <input type="text"/> in Anillo x8 <input type="text"/> in Anillo x9 <input type="text"/> in Anillo x10 <input type="text"/> in	Anillo 2 <input type="text"/> m	Circunferencia 2 <input type="text"/> ft	Anillo 3 <input type="text"/> m	Circunferencia 3 <input type="text"/> ft	Anillo 4 <input type="text"/> m	Circunferencia 4 <input type="text"/> ft	Anillo 5 <input type="text"/> m	Circunferencia 5 <input type="text"/> ft	Anillo 6 <input type="text"/> m	Circunferencia 6 <input type="text"/> ft	Anillo 7 <input type="text"/> m	Circunferencia 7 <input type="text"/> ft	Anillo 8 <input type="text"/> m	Circunferencia 8 <input type="text"/> ft	Anillo 9 <input type="text"/> m	Circunferencia 9 <input type="text"/> ft	Anillo 10 <input type="text"/> m	Circunferencia 10 <input type="text"/> ft
Diametro promedio	Circunferencia promedio al 20% y 80%	Datos de espesores																														
Anillo 1 <input type="text"/> m	Circunferencia 1 <input type="text"/> ft	<p>Espesor promedio al 20% y 80%</p> Anillo x1 <input type="text"/> in Anillo x2 <input type="text"/> in Anillo x3 <input type="text"/> in Anillo x4 <input type="text"/> in Anillo x5 <input type="text"/> in Anillo x6 <input type="text"/> in Anillo x7 <input type="text"/> in Anillo x8 <input type="text"/> in Anillo x9 <input type="text"/> in Anillo x10 <input type="text"/> in																														
Anillo 2 <input type="text"/> m	Circunferencia 2 <input type="text"/> ft																															
Anillo 3 <input type="text"/> m	Circunferencia 3 <input type="text"/> ft																															
Anillo 4 <input type="text"/> m	Circunferencia 4 <input type="text"/> ft																															
Anillo 5 <input type="text"/> m	Circunferencia 5 <input type="text"/> ft																															
Anillo 6 <input type="text"/> m	Circunferencia 6 <input type="text"/> ft																															
Anillo 7 <input type="text"/> m	Circunferencia 7 <input type="text"/> ft																															
Anillo 8 <input type="text"/> m	Circunferencia 8 <input type="text"/> ft																															
Anillo 9 <input type="text"/> m	Circunferencia 9 <input type="text"/> ft																															
Anillo 10 <input type="text"/> m	Circunferencia 10 <input type="text"/> ft																															

Ilustración 11 Interfaz- Pestaña 3

Como mencionamos anteriormente el tipo de soldadura es importante ya que afecta directamente al volumen del tanque; en esta sección **Error! Reference source not found.** colocaremos que soldadura se utilizó para cada anillo como la altura de los mismo respecto al piso.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo volumen incremental	Calculo de volúmenes muertos	Tabla de aforo final																																												
<p>Datos de juntas</p> <p>TIPO: Soldada</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 33%;">Datos de alturas</th> <th style="width: 33%;">Numero</th> <th style="width: 33%;">Ancho</th> <th style="width: 33%;">Espesor</th> </tr> <tr> <td>Anillo h1 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n1 <input type="text"/></td> <td>w1 <input type="text"/> in</td> <td>t1 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h2 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n2 <input type="text"/></td> <td>w2 <input type="text"/> in</td> <td>t2 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h3 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n3 <input type="text"/></td> <td>w3 <input type="text"/> in</td> <td>t3 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h4 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n4 <input type="text"/></td> <td>w4 <input type="text"/> in</td> <td>t4 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h5 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n5 <input type="text"/></td> <td>w5 <input type="text"/> in</td> <td>t5 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h6 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n6 <input type="text"/></td> <td>w6 <input type="text"/> in</td> <td>t6 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h7 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n7 <input type="text"/></td> <td>w7 <input type="text"/> in</td> <td>t7 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h8 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n8 <input type="text"/></td> <td>w8 <input type="text"/> in</td> <td>t8 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h9 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n9 <input type="text"/></td> <td>w9 <input type="text"/> in</td> <td>t9 <input type="text"/> in</td> </tr> <tr> <td>Anillo h10 <input type="text"/> in</td> <td>Anillo n10 <input type="text"/></td> <td>w10 <input type="text"/> in</td> <td>t10 <input type="text"/> in</td> </tr> </table>									Datos de alturas	Numero	Ancho	Espesor	Anillo h1 <input type="text"/> in	Anillo n1 <input type="text"/>	w1 <input type="text"/> in	t1 <input type="text"/> in	Anillo h2 <input type="text"/> in	Anillo n2 <input type="text"/>	w2 <input type="text"/> in	t2 <input type="text"/> in	Anillo h3 <input type="text"/> in	Anillo n3 <input type="text"/>	w3 <input type="text"/> in	t3 <input type="text"/> in	Anillo h4 <input type="text"/> in	Anillo n4 <input type="text"/>	w4 <input type="text"/> in	t4 <input type="text"/> in	Anillo h5 <input type="text"/> in	Anillo n5 <input type="text"/>	w5 <input type="text"/> in	t5 <input type="text"/> in	Anillo h6 <input type="text"/> in	Anillo n6 <input type="text"/>	w6 <input type="text"/> in	t6 <input type="text"/> in	Anillo h7 <input type="text"/> in	Anillo n7 <input type="text"/>	w7 <input type="text"/> in	t7 <input type="text"/> in	Anillo h8 <input type="text"/> in	Anillo n8 <input type="text"/>	w8 <input type="text"/> in	t8 <input type="text"/> in	Anillo h9 <input type="text"/> in	Anillo n9 <input type="text"/>	w9 <input type="text"/> in	t9 <input type="text"/> in	Anillo h10 <input type="text"/> in	Anillo n10 <input type="text"/>	w10 <input type="text"/> in	t10 <input type="text"/> in
Datos de alturas	Numero	Ancho	Espesor																																																	
Anillo h1 <input type="text"/> in	Anillo n1 <input type="text"/>	w1 <input type="text"/> in	t1 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h2 <input type="text"/> in	Anillo n2 <input type="text"/>	w2 <input type="text"/> in	t2 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h3 <input type="text"/> in	Anillo n3 <input type="text"/>	w3 <input type="text"/> in	t3 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h4 <input type="text"/> in	Anillo n4 <input type="text"/>	w4 <input type="text"/> in	t4 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h5 <input type="text"/> in	Anillo n5 <input type="text"/>	w5 <input type="text"/> in	t5 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h6 <input type="text"/> in	Anillo n6 <input type="text"/>	w6 <input type="text"/> in	t6 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h7 <input type="text"/> in	Anillo n7 <input type="text"/>	w7 <input type="text"/> in	t7 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h8 <input type="text"/> in	Anillo n8 <input type="text"/>	w8 <input type="text"/> in	t8 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h9 <input type="text"/> in	Anillo n9 <input type="text"/>	w9 <input type="text"/> in	t9 <input type="text"/> in																																																	
Anillo h10 <input type="text"/> in	Anillo n10 <input type="text"/>	w10 <input type="text"/> in	t10 <input type="text"/> in																																																	

Ilustración 12 Interfaz- Pestaña 4

Los datos de volúmenes muertos o Deadwood son considerados como accesorios que pueden tanto aumentar como disminuir la capacidad de almacenamiento de los tanques, por ejemplo, un manhole suele restar volumen, mientras una viga de soporte interna aumenta el volumen real del tanque.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo volumen incremental	Calculo de volúmenes muertos	Tabla de aforo final																																	
<p>Datos de volumen muerto</p> <p>Numero de accesorios</p> <p style="text-align: center;">1</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Desde</th> <th style="width: 33%;">Hasta</th> <th style="width: 33%;">V. muerto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Accesorio a1 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a2 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a3 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a4 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a5 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a6 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a7 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a8 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a9 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> <tr> <td>Accesorio a10 <input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> cm</td> <td><input type="text"/> bbl</td> </tr> </tbody> </table>									Desde	Hasta	V. muerto	Accesorio a1 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a2 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a3 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a4 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a5 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a6 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a7 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a8 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a9 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl	Accesorio a10 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl
Desde	Hasta	V. muerto																																							
Accesorio a1 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a2 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a3 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a4 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a5 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a6 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a7 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a8 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a9 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							
Accesorio a10 <input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> bbl																																							

Ilustración 13 Interfaz- Pestaña 5

3. Análisis y resultados.

En esta sección presentaremos todos los resultados de nuestro trabajo respecto a la metodología planteada y los lineamientos establecidos en las secciones anteriores, con el fin de poder realizar un análisis comparativo entre las tablas de calibración de los mismos tanques llevadas a cabo por una empresa certificadora (Control Internacional del Ecuador S.A); también presentamos con datos reales el impacto económico que puede llegar a tener una empresa por una calibración hecha fuera de las normativas.

3.1. Resultados de Método Volumétrico y Método de Encintado

Con el método de encintado propuesto como base de nuestras mediciones y de nuestra calibración a realizar observamos que es el punto donde existe mayor incertidumbre, si bien es cierto en ambas situaciones se usaron equipos calibrados y certificados de medición, al ser un método manual, está expuesto a errores humanos y notamos que, a mayor circunferencia de anillo de

tanques, estos datos varían más respecto a los obtenidos por la empresa certificadora.

Respecto a las mediciones llevadas a cabo con equipo electrónico como lo fue la sonda para medir espesores, observamos una variación ínfima entre los datos a comparar.

3.1.1. Circunferencia de Anillos por Método de Encintado.

El método de encintado es el más común para realizar las calibraciones al menos por el método Geométrico, este proceso, aunque con mayor incertidumbre que los demás es a la vez el que menos inversión requiere y el que menos tiempo necesita. Mostramos la comparativa entre los datos obtenidos por nosotros en nuestro trabajo de tesis y los previos por la empresa certificadora. (Gerencia de planeación y suministro, 2088)

Medición	Promedio Control Internacional	Promedio Trabajo de Tesis	%Error
N° de Anillo	Base [cm]	Base [cm]	Base
1	8914.50	8913.80	0.01
2	8915.97	8917.64	0.02
3	8917.22	8918.37	0.01
4	8914.79	8915.02	0.00
Promedios	8915.6	8916.2	0.01

Tabla 22 comparativa de mediciones de circunferencia de anillos de tanques horizontales.

Medición	Promedio Control Internacional	Promedio Trabajo de Tesis	%Error
N° de Anillo	Base [cm]	Base [cm]	Base
1	1789.8	1790.1	0.01
2	1789.5	1790.2	0.03
3	1786.5	1787.1	0.03
4	1784.4	1786.0	0.08
Promedios	1787.55	1787.52	0.03

Tabla 23 comparativa de mediciones de circunferencia de anillos de tanques verticales.

3.1.2. Espesores de planchas

En la medición de espesores no vemos mayor variación de datos entre los planteados y los previos, debido al uso de una herramienta digital exacta que

presenta menor incertidumbre que cualquier otra medición obtenida de foram manual.

Medición	Promedio Control Internacional		Promedio Trabajo de Tesis		%Error	
	Con pintura [mm]	Sin pintura [mm]	Con pintura [mm]	Sin pintura [mm]	Con pintura	Sin Pintura
1	57	52.1	57	52.1	0.00	0
2	57.2	51.9	57.1	51.9	0.17	0
3	56.8	52.2	56.8	52.1	0.00	0.191570881
4	57.2	52.1	57.1	52	0.17	0.19193858
5	57.05	52.1	57.1	52.2	0.09	0.19193858
6	57.1	52.1	57	52	0.18	0.19193858
7	56.9	52	56.9	52	0.00	0
Promedios	57.03	52.07	57	52.04	0.05	0.057614749

Tabla 24 comparativa de mediciones de espesores de tanques horizontales

Medición	Promedio Control Internacional		Promedio Trabajo de Tesis		%Error	
	Con pintura [mm]	Sin pintura [mm]	Con pintura [mm]	Sin pintura [mm]	Con pintura	Sin Pintura
1	44.1	42.1	44.2	42	0.23	0.237529691
2	44.5	42.5	44.5	42.6	0.00	0.235294118
3	43.3	41.8	43.2	41.8	0.23	0
4	43.9	42.7	43.9	42.8	0.00	0.234192037
5	44.3	42.9	44.2	42.9	0.23	0
6	44.2	42.8	44.2	42.8	0.00	0
Promedios	57.03	42.46	44.03	42.48	22.80	0.047103156

Tabla 25 comparativa de mediciones de espesores de planchas de cuerpo vertical de tanques verticales

Medición	Promedio Control Internacional	Promedio Trabajo de Tesis	%Error
N°	Base [mm]	Base [mm]	Base
1	53.10	53.20	0.19
2	53.00	53.00	0.00
3	52.80	52.80	0.00
4	53.20	53.10	0.19
5	53.10	53.10	0.00
6	53.00	52.90	0.19
7	52.60	52.60	0.00
8	52.90	52.90	0.00

9	53.30	53.40	0.19
10	53.20	53.10	0.19
11	52.90	52.90	0.00
Promedios	57.0	57.0	0.05

Tabla 26 comparativa de mediciones de espesores de planchas de base de tanque vertical

3.1.3. Volúmenes muertos.

En la medición de volúmenes muertos no encontramos cambios ya que por más que se usó una herramienta de forma manual, estas medidas no requieren mayor extensión de la misma, comparándola con la master tape usada para las otras mediciones.

3.2. Resultados de tabla de aforo

Nuestra tabla de aforo en comparación con la tabla previa certificada de la empresa Control Internacional S.A, muestra un error despreciable de 0.03% en promedio, lo que nos permite confiar en nuestro proyecto en base a dos normas.

Los valores correspondientes de volumen por [cm] se muestran en la última interfaz, tanto en galones como en litros.

3.3. Análisis de tabla de aforo resultante.

Para comparar estos datos procederemos a seleccionar 10 alturas (cm) fijas separadas en 3 secciones (baja, media, alta) del tanque para realizar una tabla en conjunto con los mismos datos, pero de la tabla validada, calculando y mostrando el 0.03% de error que obtuvimos; realizamos esta metodología de comparación ya que la tabla resultante de aforo presenta los valores en galones y litros por cada [cm] del tanque lo que haría tedioso y poco práctico su análisis. El programa en su última interfaz muestra un cuadro donde al ingresar el [cm] que deseamos saber este nos arrojará el volumen correspondiente a esa altura, para una mejor apreciación de la tabla logramos que el programa genere a la vez un documento con la tabla completa [cm] a [cm].

	Altura [cm]	Volumen Empresa Certificadora [gal]	Volumen Trabajo de Tesis [gal]	% Error
Parte Baja del Tanque	50	12765	12770	0,0391696
	62	15829	15834	0,03158759
	70	17865	17868	0,01679261
	94	23971	23972	0,00417171
	120	30586	30584	0,00653894
	156	39745	39738	0,01761228
	189	48141	48130	0,02284955
	208	52969	52959	0,01887897
	217	55256	55241	0,02714637
	230	58558	58542	0,02732334
Promedio	-----	-----	-----	0,0212071

Tabla 27 Análisis de tabla de aforo resultante.

	Altura [cm]	Volumen Empresa Certificadora [gal]	Volumen Trabajo de Tesis	% Error
Parte Media del Tanque	257	65418	65398	0,03057263
	291	74055	74032	0,031058
	315	80153	80126	0,03368558
	331	84218	84189	0,03443444
	352	89553	89521	0,03573303
	380	96666	96631	0,03620715
	399	101489	101452	0,03645715
	415	105545	105506	0,03695106
	435	110615	110563	0,0470099
	460	116953	116907	0,03933204
Promedio	-----	-----	-----	0,0361441

Tabla 28 Análisis de tabla de aforo resultante.

	Altura	Volumen Empresa Certificadora [gal]	Volumen Trabajo de Tesis	% Error
Parte Alta del Tanque	493	125319	125368	0,03910022
	519	131910	131856	0,040937
	552	140276	140217	0,04205994
	581	147627	147564	0,04267512
	599	152187	152123	0,04205353
	612	155477	155411	0,04245001
	635	161297	161230	0,04153828
	658	167117	167049	0,04069006
	671	170406	170337	0,04049153
	690	175214	175144	0,03995115
Promedio	-----	-----	-----	0,04119468

Tabla 29 Análisis de tabla de aforo resultante.

Observamos que en promedio Obtuvimos un porcentaje de error de, al comparar nuestros datos con los de una empresa certificadora que a la vez nos sirvió para validar nuestro programa, en la parte alta del tanque es donde encontramos mayor % de error debido a la base de nuestras mediciones que es el eje de todo, ya que son tomadas de forma manual, existe esta posibilidad de error al realizar los cálculos.

3.4. Análisis de costo

La industria petrolera es conocida por sus altos costos de operación e implementación, en las diferentes áreas, como la analizada en nuestro trabajo donde observamos los costos que manejan diferentes empresas incluso el gobierno para realizar las actividades de calibración para cualquier tipo de tanque, con una media de:

Capacidad de tanques [gal]	Costo promedio
0-50.000	500 \$
51.000-100.000	700\$
>100.000	950\$

Tabla 30 Costos promedios de calibración.

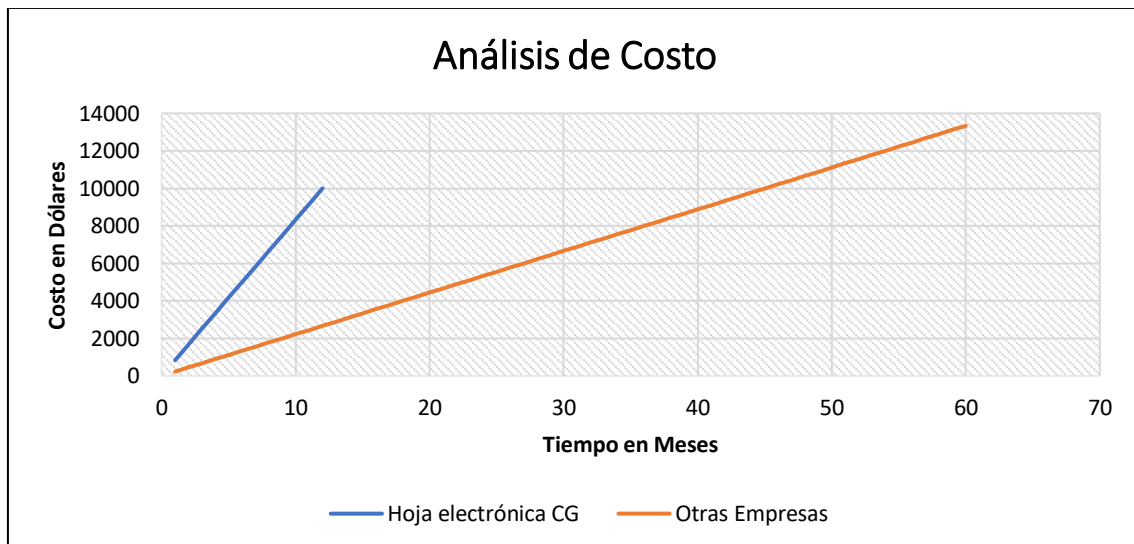


Ilustración 14 Análisis de costo.

Nuestro programa como beneficio proporcionaría a las empresas una reducción de costos por calibración significativas ya que al ser gratuito podrán prescindir de los servicios de las empresas certificadoras de calibración, una vez la

compañía haya invertido en la certificación de nuestro programa, se puede analizar, como en el ejemplo a continuación, el plus que nuestro programa representará para las entidades que lo adquieran.

Siendo un costo fijo y único, dependiendo de la cantidad de tanques que manejen, esto puede llegar a ser rentable en 3.4 años con una media de 10 tanques por empresa.(David et al., 2013)

Como podemos observar en la gráfica, las empresas gastan anualmente una media de 2200\$ por calibración mientras certificar nuestro programa tiene un costo aproximado de 10.000\$ que sería rentable en 45 meses evitando así que las compañías sigan perdiendo dinero cada año durante toda la vida operativa de los tanques.(Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2012)

4. Conclusiones y Recomendaciones.

4.1. Conclusiones

- Se logró desarrollar con éxito un programa de calibración que puede trabajar únicamente con tanques horizontales y verticales, de extremos planos y techo fijo plano, respectivamente; sin límites de capacidad.
- Observamos una variación despreciable en las mediciones manuales necesarias tomadas en los tanques de estudio, que atribuimos a la forma de tomar las mediciones, ya que al ser manuales tienen un |
- En la tabla final donde comparamos los resultados a diferentes alturas, separadas por secciones observamos que nuestro porcentaje de error mayor no sobrepasa el 0.05% lo que nos permite tener una confianza total en el programa.
- La calibración Geométrica es de mucha importancia en nuestro país ya que es la más usada por su bajo costo y tiempo corto de implementación.
- De ser certificado nuestro programa la empresa puede llegar a evitar los costos por calibración y la rentabilidad del gasto que esto representa a corto plazo.

4.2. Recomendaciones

- Se debe contar con todos los requerimientos que se indican en las normas API y ANSI, para la obtención de las tablas de aforo ya que sin los datos requeridos, no se llevará a cabo la calibración.
- Al momento de realizar la toma de datos, se recomienda a la empresa asegurarse que todas las herramientas se encuentren calibradas.
- Tomar en cuenta cada uno de los accesorios del tanque a calibrar, para poder determinar si realmente ayudan en el incremento o disminución del volumen del tanque objetivo.
- Es de carácter importante que los datos tomados en las inspecciones de tanques se encuentren muy bien detallados con el fin de tenerlos a modo de respaldo, archivar la hoja de datos de medición servirá para futuras correcciones a la tabla de calibración.
- Se recomienda que el encargado de realizar las tablas de aforo tenga previo conocimiento del funcionamiento de la hoja electrónica.
- Convertir el programa en un software para que sea compatible con todos los sistemas operativos y dispositivos móviles.
- Internacionalizar el código para que de esta manera logre un mayor alcance.
- Mejorar la interfaz de presentación de los datos para que de esta manera atraiga la atención del usuario.

5. Referencias.

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2012). *Emisión de resolución de aprobación, registro y autorización de uso de tablas de calibración de tanques de almacenamiento de hidrocarburos y aguas de formación*.
<https://www.gob.ec/arcernnr/tramites/emision-resolucion-aprobacion-registro-autorizacion-uso-tablas-calibracion-tanques-almacenamiento-hidrocarburos-aguas-formacion>
- American Petroleum Institute. (2012). *Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 2-Tank Calibration* (Issue February).
- Corchete, V. (2008). *Análisis de error y tratamiento de datos obtenidos en el laboratorio*. September, 13. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25901.64487>
- David, R., Ngulube, P., & Dube, A. (2013). A cost-benefit analysis of document management strategies used at a financial institution in Zimbabwe: A case study. In *SA Journal of Information Management* (Vol. 15, Issue 2).
<https://doi.org/10.4102/sajim.v15i2.540>
- Gerencia de planeación y suministro. (2088). *Manual de Medición de Hidrocarburos*.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/61425644/calibracion-de-tanques>
- González Dorta, D. (2018). *Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura*. 36–41.
http://oa.upm.es/51986/1/TFG_DAVINIA_GONZALEZ_DORTA.pdf
- Hägg, L., & Sandberg, J. (2017). La guía del ingeniero para la medición de tanques. *Emerson*, 104.
<https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-la-gu%EDa-de-inicio-r%E1pido-del-ingeniero-para-la-medici%F3n-de-tanques-rosemount-es-es-4261176.pdf>
- Process Fabricators INC. (n.d.). *Tank and Vessel Handbook*.

Solé, A. C. (2009). Instrumentos Industriales, su ajuste y calibración. In *Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki* (p. 252).

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#>

0

Team, P. D., & Van Rossum, G. (2020). *Learning Python: Crash Course Tutorial*. Medina University Press International.

<https://books.google.com.ec/books?id=JG3BzQEACAAJ>

6. ANEXOS:

Código: <https://replit.com/@Vicente30/Hoja-Electronica#main.py>

```
proyecto.py
1 import tkinter as tk
2 from tkinter import ttk
3 from tkinter.constants import RIGHT
4 from typing import Text
5
6 # Create a new window with the title "Address Entry Form"
7 window = tk.Tk()
8 window.title("Poyecto")
9
10 nb= ttk.Notebook(window)
11 nb.pack(fill="both",expand="yes")
12
13 #Crear Pestañas
14 p1= tk.Frame(nb)
15 p2= tk.Frame(nb)
16 p3= tk.Frame(nb)
17 p4= tk.Frame(nb)
18 p5= tk.Frame(nb)
19 p6= tk.Frame(nb)
20 p7= tk.Frame(nb)
21 p8= tk.Frame(nb)
22 p9= tk.Frame(nb)
23
24 #Agregar pestañas creadas
25 nb.add(p1,text="Datos \nGenerales")
26 nb.add(p2,text="Fondo y \ntecho")
27 nb.add(p3,text="Diametros y \nespesores")
28 nb.add(p4,text="Alturas, \nespesores y juntas")
29 nb.add(p5,text="Volumen \nmuerto")
30 nb.add(p6,text="Correcciones para \nla circunferencia")
31 nb.add(p7,text="Calculo volumen \nincremental")
32 nb.add(p8,text="Calculo de \nvolumenes muertos")
33 nb.add(p9,text="Tabla de \naforo final")
```

Ilustración 15 Código realizado.

Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG”

A continuación, mostramos de forma detallada como deben ingresarse todos los datos de entrada por cada una de las 9 pestañas que conforman el programa, como facilidad para el usuario al momento de usarlo.

Pestaña 1.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo para anillos	Calculo de volúmenes muertos	Altura vs. Volumen
Información General								
Fecha de ultima calibración: <input type="text"/>								
Propietario: <input type="text"/>								
Nombre del Campo: <input type="text"/>								
Localización: <input type="text"/>								
Material del Tanque: <input type="text"/>								
Capacidad Nominal: <input type="text"/>								
Codigo del tanque: <input type="text"/>								
Tipo del tanque: <input type="text"/>								

Ilustración 16 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 1.

En esta primera pestaña colocaremos todos los datos generales que la interfaz solicita sobre el tanque a calibrar, con los espacios necesarios.

En “capacidad Nominal” colocaremos la capacidad que por fábrica tiene el tanque.

Pestaña 2.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo para anillos	Calculo de volúmenes muertos	Altura vs. Volumen
Datos								
Diametro nominal: <input type="text"/> in								
*Altura del Líquido: <input type="text"/> ft								
*Temp. del Líquido: <input type="text"/> *F								
Temp. del Ambiente: <input type="text"/> *F								
Grados API a 60°F: <input type="text"/>								
Altura platina de Aforo: <input type="text"/> mm								
*Inclinación Mayor: <input type="text"/> cm								
Corrección de la cinta master: <input type="text"/>								
*Temp. del Acero: <input type="text"/> *F								
*Altura Tanque: <input type="text"/> cm								
*Base inicial (Altura 0cm): <input type="text"/> Litros/cm								
Fondo del Tanque								
Tipo de Fondo: <input type="text"/>								
Altura del cono: <input type="text"/> m								
*Producto del tanque: <input type="text"/>								
*G.E. Estacionaria: <input type="text"/>								
Techo del Tanque								
Tipo de Techo: <input type="text"/>								
Peso del Techo: <input type="text"/>								
Altura Critica Inferior: <input type="text"/>								
Altura Critica Superior: <input type="text"/>								
Densidad del fluido: <input type="text"/>								

Ilustración 17 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 2.

En esta pestaña ya nos solicita ingresar como datos de entrada, algunas de las mediciones físicas y manuales que se hacen en el campo a los tanques.

En “fondo de tanque” y “techo de tanque” colocaremos los datos de fábrica que solicitamos al momento de hacer la inspección o toma de medidas.

De realizarse la calibración sin producto en el tanque, colocaremos “0” en “base inicial”.

Pestaña 3.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo para anillos	Calculo de volúmenes muertos	Altura vs. Volumen
Datos de circunferencias								
<input type="button" value="Mostrar"/>								
Circunferencia promedio al 20% y 80%								
Circunferencia 1	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 2	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 3	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 4	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 5	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 6	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 7	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 8	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 9	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				
Circunferencia 10	<input type="text"/>	ft	<input type="text"/>	ft				

Ilustración 18 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 3.

En esta pestaña colocaremos las medidas de circunferencia por anillo que realizamos, recordando que por anillo se deben hacer 2 mediciones, al 20% y 80% respectivamente.

Seleccionaremos “Mostrar” para que los datos queden guardados.

Pestaña 4.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo para anillos	Calculo de volúmenes muertos	Altura vs. Volumen
Datos de juntas TIPO: Soldada								
<input type="button" value="Mostrar"/>								
Datos de Alturas				Altura Stress				
Anillo h1	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h2	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h3	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h4	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h5	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h6	<input type="text"/>	in	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h7	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h8	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h9	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
Anillo h10	<input type="text"/>	cm	Cir. ext.	<input type="text"/>	cm			
				Número Ancho Espesor Alto				
Anillo n1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	
Anillo n10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	<input type="text"/>	cm	

Ilustración 19 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 4.

En la primera columna “anillo h1.” colocaremos la altura desde la base hasta el final del anillo correspondiente, de haber espacios en blanco los llenaremos con “0”.

En “cir.ext.” colocaremos el promedio de las medidas tomadas de circunferencia por anillo de 20% y 80% que colocamos en la pestaña anterior **pestaña 3** para al llenar los espacios necesarios colocar en los restantes, el promedio de las mediciones colocadas.

En la siguiente columna colocaremos los datos de juntas, desde la cantidad por anillo, el ancho de cada una que, generalmente, es igual en todas las del tanque al igual que el espesor y alto.

Pestaña 5.

Ilustración 20 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 5.

En la siguiente columna se ingresan los valores de los accesorios que encontremos, desde y hasta donde afecten. Desde siendo la medida tomada desde la base del tanque hasta el inicio del accesorio y “hasta” desde la base del tanque hasta donde termina de afectar el accesorio.

En la siguiente columna colocaremos la cantidad de [L/cm] que estos accesorios afectan sea que aumenten o disminuyen respecto el volumen real.

En el último cuadro colocaremos las medidas correspondientes del manhole.

Pestaña 6.

	Circunferencia exterior (cm)	Corrección Cinta (cm)	Corrección Espesor (cm)	Corrección Tape Rise (cm)	Corrección a TQ Vacío (cm)	Circunferencia interna (cm)	Corrección de presión (cm)	Circunferencia Stressed (cm)
1	3351.100	0	4.964	0.099	0.000	3346.037	0.000	3346.037
2	3351.500	0	4.964	0.099	0.000	3346.437	0.151	3346.588
3	3352.000	0	5.027	0.099	0.000	3346.874	0.149	3347.023
4	3352.200	0	4.712	0.099	0.000	3347.389	0.160	3347.549
5	3352.000	0	4.838	0.099	0.000	3347.063	0.155	3347.218
6	3352.300	0	4.964	0.099	0.000	3347.237	0.152	3347.389
7	3352.500	0	4.398	0.099	0.000	3348.003	0.186	3348.189
8	3351.940	0	4.398	0.099	0.000	3347.443	-1.041	3346.402
9	3351.940	0	4.398	0.099	0.000	3347.443	0.000	3347.443
10	3351.940	0	4.398	0.099	0.000	3347.443	0.000	3347.443

Ilustración 21 Manual de funcionamiento de “Hoja electrónica CG” Pestaña 6.

Al seleccionar “Mostrar” la interfaz mostrará las correcciones de medición, presión, etc., que el programa realiza internamente.

Pestaña 7.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo para anillos	Calculo de volúmenes muertos	Tabla de aforo final
CORRECCIONES PARA ANILLOS								
Anillo	Litros/cm Brutos	Corr. por anillo Litros/cm	Corr. Incremento Litros/cm	Litros/cm Netos	Altura Fisica (cm)			
1	891.093	0	0	891.093	0.000			
2	891.356	0.081	0.081	891.437	152.000			
3	891.612	0.081	0.162	891.774	304.000			
4	891.664	0.080	0.242	891.906	457.000			
5	891.621	0.085	0.327	891.948	609.000			
6	891.880	0.083	0.410	892.290	762.000			
7	891.617	0.088	0.498	892.115	928.000			
8	891.418	-0.555	-0.057	891.361	0.000			
9	891.696	0.000	-0.057	891.639	0.000			
10	891.696	0.000	-0.057	891.639	0.000			
<input type="button" value="Mostrar"/>								

Ilustración 22 Manual de funcionamiento de "Hoja electrónica CG" Pestaña 7.

Al seleccionar "Mostrar" la interfaz mostrara la cantidad de [L/cm] bruto que el programa genera al integrar el tanque de forma ideal, como si fuera un tanque perfecto.

Pestaña 8.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo para anillos	Calculo de volúmenes muertos	Tabla de aforo final				
CALCULO DE LOS VOLUMENES MUERTOS												
CALCULOS DE LOS ACCESORIOS												
Altura cm	Base Inicial lit/cm	Accesorio 1	Accesorio 2	Accesorio 3	Accesorio 4	Accesorio 5	Accesorio 6	Accesorio 7	Accesorio 8	Accesorio 9	Base Final lit/cm	Litros corregidos
0	9317.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9317.000	0
38	891.093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	891.093	890.750
39	891.093	0	0	0.54262	0	0	0	00	0	0	891.636	891.293
40	891.093	0	0	0.54262	0	3.99142	00	0	00	00	895.627	895.283
45	891.093	0	0	0.54262	1.10279	3.99142	0	00	0	0	896.730	896.385
47	891.093	1.00638	0	0.54262	1.10279	3.99142	00	0	0	0	897.736	897.391
58	891.093	1.00638	1.00900	0.54262	1.10279	3.99142	0	0	0	00	898.745	898.399
59	891.093	1.00638	1.00900	0	1.10279	3.99142	0	0	0	0	898.203	897.858
60	891.093	1.00638	1.00900	0	1.10279	3.99142	00	0	00	0	894.211	893.867
106	891.093	1.00638	1.00900	0	0	0	0	00	0	0	893.108	892.765
<input type="button" value="Mostrar"/>												

Ilustración 23 Manual de funcionamiento de "Hoja electrónica CG" Pestaña 8.

En la primera columna se ingresan los [cm] desde y hasta donde los accesorios afectan y en las siguientes según el valor que en la **pestaña5** arrojó como volumen, según como corresponda el accesorio, donde de lado derecho al colocar mostrar, la interfaz mostrará los [L/cm] ya corregidos y sumados total de las secciones colocadas anteriormente.

Pestaña 9.

Datos Generales	Fondo y techo	Diametros y espesores	Alturas, espesores y juntas	Volumen muerto	Correcciones para la circunferencia	Calculo para anillos	Calculo de volúmenes muertos	Tabla de aforo final
Tabla de Aforo Final								
			Altura [cm]	Litros	Galones			
			<input type="text" value=""/>	13770.750	3637.849			
<input type="button" value="Mostrar"/>								

Ilustración 24 Manual de funcionamiento de "Hoja electrónica CG" Pestaña 9.

Donde dice "Altura" podemos colocar cualquier valor que esté dentro de los [cm] que el tanque tenga, donde al colocar "Mostrar" la interfaz presentará los litros que a esa altura de producto tenga el tanque como stock, a la vez que su valor en galones correspondientes.

<p style="text-align: center;">Tecnoquality-Santa Elena TABLA DE CAPACIDAD TANQUE DIESEL</p>														
Ubicación: Parroquia Santa Elena - SANTA ELENA				Altura del Cilindro: 6,940 metros				Pag. 2/3						
Diametro Promedio: 5,692 metros				Capacidad 100 %: 0 Galones										
Altura de Aforo: 7,175 metros				Tipo de Tanque: Vertical										
Reporte de Inspeccion Volumetrica No.: 0														
Incrementos en Litros y Galones por centimetro.														
cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones
341	86.758	22.919	411	104.531	27.614	481	122.277	32.302	551	140.022	36.990	621	157.754	41.674
342	87.012	22.986	412	104.785	27.681	482	122.530	32.369	552	140.276	37.057	622	158.007	41.741
343	87.266	23.053	413	105.038	27.748	483	122.784	32.436	553	140.529	37.124	623	158.260	41.808
344	87.520	23.120	414	105.292	27.815	484	123.037	32.503	554	140.783	37.191	624	158.513	41.875
345	87.774	23.188	415	105.545	27.882	485	123.291	32.570	555	141.036	37.258	625	158.766	41.942
346	88.028	23.255	416	105.799	27.949	486	123.544	32.637	556	141.290	37.325	626	159.019	42.009
347	88.282	23.322	417	106.052	28.016	487	123.798	32.704	557	141.543	37.392	627	159.272	42.075
348	88.536	23.389	418	106.306	28.083	488	124.051	32.771	558	141.797	37.459	628	159.526	42.142
349	88.790	23.456	419	106.559	28.150	489	124.305	32.838	559	142.050	37.526	629	159.779	42.209
350	89.045	23.523	420	106.813	28.217	490	124.558	32.905	560	142.304	37.593	630	160.032	42.276
351	89.299	23.590	421	107.066	28.284	491	124.812	32.972	561	142.557	37.660	631	160.285	42.343
352	89.553	23.657	422	107.320	28.351	492	125.065	33.039	562	142.811	37.727	632	160.538	42.410
353	89.807	23.724	423	107.573	28.418	493	125.319	33.106	563	143.064	37.794	633	160.791	42.476
354	90.061	23.792	424	107.827	28.485	494	125.572	33.173	564	143.318	37.861	634	161.044	42.543
355	90.315	23.859	425	108.080	28.552	495	125.826	33.240	565	143.571	37.927	635	161.297	42.610
356	90.569	23.926	426	108.334	28.619	496	126.079	33.307	566	143.825	37.994	636	161.550	42.677
357	90.823	23.993	427	108.587	28.686	497	126.333	33.374	567	144.078	38.061	637	161.803	42.744
358	91.077	24.060	428	108.841	28.753	498	126.586	33.441	568	144.332	38.128	638	162.056	42.811
359	91.331	24.127	429	109.094	28.820	499	126.840	33.508	569	144.585	38.195	639	162.309	42.877
360	91.585	24.194	430	109.348	28.887	500	127.093	33.575	570	144.839	38.262	640	162.562	42.944
361	91.839	24.261	431	109.601	28.954	501	127.347	33.641	571	145.092	38.329	641	162.815	43.011
362	92.093	24.328	432	109.855	29.021	502	127.600	33.708	572	145.346	38.396	642	163.068	43.078
363	92.347	24.396	433	110.108	29.088	503	127.854	33.775	573	145.599	38.463	643	163.321	43.145
364	92.601	24.463	434	110.362	29.155	504	128.107	33.842	574	145.853	38.530	644	163.574	43.212
365	92.855	24.530	435	110.615	29.222	505	128.361	33.909	575	146.106	38.597	645	163.827	43.279
366	93.109	24.597	436	110.869	29.288	506	128.614	33.976	576	146.360	38.664	646	164.080	43.345
367	93.363	24.664	437	111.122	29.355	507	128.868	34.043	577	146.613	38.731	647	164.333	43.412
368	93.617	24.731	438	111.376	29.422	508	129.121	34.110	578	146.867	38.798	648	164.586	43.479
369	93.872	24.798	439	111.629	29.489	509	129.375	34.177	579	147.120	38.865	649	164.839	43.546
370	94.126	24.865	440	111.883	29.556	510	129.628	34.244	580	147.374	38.932	650	165.092	43.613
371	94.380	24.932	441	112.136	29.623	511	129.882	34.311	581	147.627	38.999	651	165.345	43.680
372	94.634	25.000	442	112.390	29.690	512	130.135	34.378	582	147.881	39.066	652	165.598	43.746
373	94.888	25.067	443	112.643	29.757	513	130.389	34.445	583	148.134	39.133	653	165.851	43.813
374	95.142	25.134	444	112.897	29.824	514	130.642	34.512	584	148.388	39.200	654	166.104	43.880
375	95.396	25.201	445	113.150	29.891	515	130.896	34.579	585	148.641	39.267	655	166.357	43.947
376	95.650	25.268	446	113.404	29.958	516	131.149	34.646	586	148.895	39.334	656	166.611	44.014
377	95.904	25.335	447	113.657	30.025	517	131.403	34.713	587	149.148	39.401	657	166.864	44.081
378	96.158	25.402	448	113.911	30.092	518	131.656	34.780	588	149.402	39.468	658	167.117	44.148
379	96.412	25.469	449	114.165	30.159	519	131.910	34.847	589	149.655	39.535	659	167.370	44.214
380	96.666	25.536	450	114.418	30.226	520	132.163	34.914	590	149.909	39.602	660	167.623	44.281
381	96.920	25.603	451	114.672	30.293	521	132.417	34.981	591	150.162	39.669	661	167.876	44.348
382	97.174	25.671	452	114.925	30.360	522	132.670	35.048	592	150.416	39.736	662	168.129	44.415
383	97.428	25.738	453	115.179	30.427	523	132.924	35.115	593	150.669	39.803	663	168.382	44.482
384	97.682	25.805	454	115.432	30.494	524	133.177	35.182	594	150.922	39.869	664	168.635	44.549
385	97.936	25.872	455	115.686	30.561	525	133.431	35.249	595	151.175	39.936	665	168.888	44.615
386	98.190	25.939	456	115.939	30.628	526	133.684	35.316	596	151.428	40.003	666	169.141	44.682
387	98.444	26.006	457	116.193	30.695	527	133.938	35.383	597	151.681	40.070	667	169.394	44.749
388	98.698	26.073	458	116.446	30.762	528	134.191	35.450	598	151.934	40.137	668	169.647	44.816
389	98.953	26.141	459	116.700	30.829	529	134.445	35.517	599	152.187	40.204	669	169.900	44.883
390	99.207	26.208	460	116.953	30.896	530	134.698	35.584	600	152.441	40.271	670	170.153	44.950
391	99.461	26.275	461	117.207	30.963	531	134.952	35.651	601	152.694	40.337	671	170.406	45.017
392	99.715	26.342	462	117.460	31.030	532	135.205	35.718	602	152.947	40.404	672	170.659	45.083
393	99.968	26.409	463	117.714	31.097	533	135.459	35.784	603	153.200	40.471	673	170.912	45.150
394	100.222	26.476	464	117.967	31.164	534	135.712	35.851	604	153.453	40.538	674	171.165	45.217
395	100.475	26.543	465	118.221	31.231	535	135.966	35.918	605	153.706	40.605	675	171.418	45.284
396	100.729	26.610	466	118.474	31.298	536	136.219	35.985	606	153.959	40.672	676	171.671	45.351
397	100.982	26.677	467	118.728	31.365	537	136.473	36.052	607	154.212	40.738	677	171.924	45.418
398	101.236	26.744	468	118.981	31.431	538	136.726	36.119	608	154.465	40.805	678	172.177	45.484
399	101.489	26.811	469	119.235	31.498	539	136.980	36.186	609	154.718	40.872	679	172.430	45.551
400	101.743	26.878	470	119.488	31.565	540	137.233	36.253	610	154.971	40.939	680	172.683	45.618
401	101.996	26.945	471	119.742	31.632	541	137.487	36.320	611	155.224	41.006	681	172.936	45.685
402	102.250	27.012	472	119.995	31.699	542	137.741	36.387	612	155.477	41.073	682	173.189	45.752
403	102.503	27.079	473	120.249	31.766	543	137.994	36.454	613	155.730	41.140	683	173.442	45.819
404	102.757	27.145	474	120.502	31.833	544	138.248	36.521	614	155.983	41.206	684	173.695	45.886
405	103.010	27.212	475	120.756	31.900	545	138.501	36.588	615	156.236	41.273	685	173.949	45.952
406	103.264	27.279	476	121.009	31.967	546	138.755	36.655	616	156.489	41.340	686	174.202	46.019
407	103.517	27.346	477	121.263	32.034	547	139.008	36.722	617	156.742	41.407	687	174.455	46.086
408	103.771	27.413	478	121.516	32.101	548	139.262	36.789	618	156.995	41.474	688	174.708	46.153
409	104.024	27.480	479	121.770	32.168	549	139.515	36.856	619	157.248	41.541	689	174.961	46.220
410	104.278	27.547	480	122.023	32.235	550	139.769	36.923	620	157.501	41.607	690	175.214	46.287

Tabla 31 Aforo tanque vertical A.

Tecnoquality-Santa Elena														
TABLA DE CAPACIDAD TANQUE DIESEL														
Ubicación: Parroquia Santa Elena - SANTA ELENA				Altura del Cilindro: 6,940 metros				Pag. 1/3						
Diámetro Promedio: 5,692 metros				Capacidad 100 %: 0 Galones										
Altura de Aforo: 7,175 metros				Tipo de Tanque: Vertical										
Reporte de Inspeccion Volumetrica No.:														
Incrementos en Litros y Galones por centimetro.														
cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones
0	0	0												
1	254	67	69	17.610	4.652	137	34.911	9.223	205	52.207	13.792	273	69.483	18.355
2	509	134	70	17.865	4.719	138	35.166	9.290	206	52.461	13.859	274	69.737	18.422
3	763	202	71	18.119	4.787	139	35.420	9.357	207	52.715	13.926	275	69.991	18.490
4	1.018	269	72	18.374	4.854	140	35.675	9.424	208	52.969	13.993	276	70.245	18.557
5	1.272	336	73	18.628	4.921	141	35.929	9.491	209	53.223	14.060	277	70.499	18.624
6	1.527	403	74	18.882	4.988	142	36.183	9.559	210	53.477	14.127	278	70.753	18.691
7	1.781	470	75	19.137	5.055	143	36.438	9.626	211	53.731	14.194	279	71.007	18.758
8	2.035	538	76	19.391	5.123	144	36.692	9.693	212	53.985	14.261	280	71.261	18.825
9	2.291	605	77	19.646	5.190	145	36.947	9.760	213	54.239	14.329	281	71.515	18.892
10	2.546	673	78	19.900	5.257	146	37.201	9.828	214	54.494	14.396	282	71.769	18.959
11	2.802	740	79	20.155	5.324	147	37.456	9.895	215	54.748	14.463	283	72.023	19.026
12	3.057	808	80	20.409	5.391	148	37.710	9.962	216	55.002	14.530	284	72.277	19.094
13	3.313	875	81	20.663	5.459	149	37.964	10.029	217	55.256	14.597	285	72.531	19.161
14	3.568	943	82	20.918	5.526	150	38.219	10.096	218	55.510	14.664	286	72.785	19.228
15	3.824	1.010	83	21.172	5.593	151	38.473	10.164	219	55.764	14.731	287	73.039	19.295
16	4.079	1.078	84	21.427	5.660	152	38.728	10.231	220	56.018	14.798	288	73.293	19.362
17	4.335	1.145	85	21.681	5.728	153	38.982	10.298	221	56.272	14.865	289	73.547	19.429
18	4.590	1.213	86	21.936	5.795	154	39.237	10.365	222	56.526	14.933	290	73.801	19.496
19	4.845	1.280	87	22.190	5.862	155	39.491	10.432	223	56.780	15.000	291	74.055	19.563
20	5.101	1.348	88	22.444	5.929	156	39.745	10.500	224	57.034	15.067	292	74.310	19.631
21	5.356	1.415	89	22.699	5.996	157	40.000	10.567	225	57.288	15.134	293	74.564	19.698
22	5.612	1.482	90	22.953	6.064	158	40.254	10.634	226	57.542	15.201	294	74.818	19.765
23	5.867	1.550	91	23.208	6.131	159	40.509	10.701	227	57.796	15.268	295	75.072	19.832
24	6.123	1.617	92	23.462	6.198	160	40.763	10.768	228	58.050	15.335	296	75.326	19.899
25	6.378	1.685	93	23.717	6.265	161	41.018	10.836	229	58.304	15.402	297	75.580	19.966
26	6.634	1.752	94	23.971	6.332	162	41.272	10.903	230	58.558	15.469	298	75.834	20.033
27	6.889	1.820	95	24.225	6.400	163	41.526	10.970	231	58.812	15.537	299	76.088	20.100
28	7.145	1.887	96	24.480	6.467	164	41.781	11.037	232	59.066	15.604	300	76.342	20.167
29	7.400	1.955	97	24.734	6.534	165	42.035	11.105	233	59.320	15.671	301	76.596	20.235
30	7.656	2.022	98	24.989	6.601	166	42.290	11.172	234	59.575	15.738	302	76.850	20.302
31	7.911	2.090	99	25.243	6.669	167	42.544	11.239	235	59.829	15.805	303	77.104	20.369
32	8.166	2.157	100	25.497	6.736	168	42.799	11.306	236	60.083	15.872	304	77.358	20.436
33	8.422	2.225	101	25.752	6.803	169	43.053	11.373	237	60.337	15.939	305	77.612	20.503
34	8.677	2.292	102	26.006	6.870	170	43.307	11.441	238	60.591	16.006	306	77.866	20.570
35	8.933	2.360	103	26.261	6.937	171	43.562	11.508	239	60.845	16.074	307	78.120	20.637
36	9.188	2.427	104	26.515	7.005	172	43.816	11.575	240	61.099	16.141	308	78.374	20.704
37	9.444	2.495	105	26.770	7.072	173	44.071	11.642	241	61.353	16.208	309	78.628	20.771
38	9.699	2.562	106	27.024	7.139	174	44.325	11.709	242	61.607	16.275	310	78.882	20.839
39	9.955	2.630	107	27.278	7.206	175	44.580	11.777	243	61.861	16.342	311	79.137	20.906
40	10.210	2.697	108	27.533	7.273	176	44.834	11.844	244	62.115	16.409	312	79.391	20.973
41	10.466	2.765	109	27.787	7.341	177	45.088	11.911	245	62.369	16.476	313	79.645	21.040
42	10.721	2.832	110	28.042	7.408	178	45.343	11.978	246	62.623	16.543	314	79.899	21.107
43	10.977	2.900	111	28.296	7.475	179	45.597	12.046	247	62.877	16.610	315	80.153	21.174
44	11.232	2.967	112	28.551	7.542	180	45.852	12.113	248	63.131	16.678	316	80.407	21.241
45	11.487	3.035	113	28.805	7.609	181	46.106	12.180	249	63.385	16.745	317	80.661	21.308
46	11.743	3.102	114	29.059	7.677	182	46.360	12.247	250	63.639	16.812	318	80.915	21.375
47	11.998	3.170	115	29.314	7.744	183	46.615	12.314	251	63.893	16.879	319	81.169	21.443
48	12.254	3.237	116	29.568	7.811	184	46.869	12.382	252	64.147	16.946	320	81.423	21.510
49	12.509	3.305	117	29.823	7.878	185	47.124	12.449	253	64.402	17.013	321	81.677	21.577
50	12.765	3.372	118	30.077	7.946	186	47.378	12.516	254	64.656	17.080	322	81.931	21.644
51	13.020	3.440	119	30.332	8.013	187	47.633	12.583	255	64.910	17.147	323	82.185	21.711
52	13.276	3.507	120	30.586	8.080	188	47.887	12.650	256	65.164	17.214	324	82.439	21.778
53	13.531	3.575	121	30.840	8.147	189	48.141	12.718	257	65.418	17.282	325	82.693	21.845
54	13.787	3.642	122	31.095	8.214	190	48.396	12.785	258	65.672	17.349	326	82.947	21.912
55	14.042	3.710	123	31.349	8.282	191	48.650	12.852	259	65.926	17.416	327	83.201	21.979
56	14.298	3.777	124	31.604	8.349	192	48.904	12.919	260	66.180	17.483	328	83.455	22.047
57	14.553	3.844	125	31.858	8.416	193	49.158	12.986	261	66.434	17.550	329	83.709	22.114
58	14.808	3.912	126	32.113	8.483	194	49.412	13.053	262	66.688	17.617	330	83.964	22.181
59	15.064	3.979	127	32.367	8.550	195	49.667	13.121	263	66.942	17.684	331	84.218	22.248
60	15.319	4.047	128	32.621	8.618	196	49.921	13.188	264	67.196	17.751	332	84.472	22.315
61	15.575	4.114	129	32.876	8.685	197	50.175	13.255	265	67.450	17.818	333	84.726	22.382
62	15.829	4.182	130	33.130	8.752	198	50.429	13.322	266	67.704	17.886	334	84.980	22.449
63	16.084	4.249	131	33.385	8.819	199	50.683	13.389	267	67.958	17.953	335	85.234	22.516
64	16.338	4.316	132	33.639	8.887	200	50.937	13.456	268	68.212	18.020	336	85.488	22.584
65	16.593	4.383	133	33.894	8.954	201	51.191	13.523	269	68.466	18.087	337	85.742	22.651
66	16.847	4.451	134	34.148	9.021	202	51.445	13.590	270	68.720	18.154	338	85.996	22.718
67	17.101	4.518	135	34.402	9.088	203	51.699	13.657	271	68.974	18.221	339	86.250	22.785
68	17.356	4.585	136	34.657	9.155	204	51.953	13.725	272	69.229	18.288	340	86.504	22.852

Tabla 32 Aforo tanque vertical B.

Tecnquality-Santa Elena TABLA DE CAPACIDAD TANQUE DIESEL

Ubicación:		Parroquia Santa Elena - SANTA ELENA				Altura del Cilindro:		6,940 metros		Pag. 3/3				
Diametro Promedio:		5,692 metros				Capacidad 100 %:		0 Galones						
Altura de Aforo:		7,175 metros				Tipo de Tanque:		Vertical						
Incrementos en Litros y Galones por centimetro.						Reporte de Inspeccion Volumetrica No.:		0						
cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones
691	175.467	46.353	748	0	0	805	0	0	862	0	0	919	0	0
692	175.720	46.420	749	0	0	806	0	0	863	0	0	920	0	0
693	175.973	46.487	750	0	0	807	0	0	864	0	0	921	0	0
694	176.226	46.554	751	0	0	808	0	0	865	0	0	922	0	0
695	0	0	752	0	0	809	0	0	866	0	0	923	0	0
696	0	0	753	0	0	810	0	0	867	0	0	924	0	0
697	0	0	754	0	0	811	0	0	868	0	0	925	0	0
698	0	0	755	0	0	812	0	0	869	0	0	926	0	0
699	0	0	756	0	0	813	0	0	870	0	0	927	0	0
700	0	0	757	0	0	814	0	0	871	0	0	928	0	0
701	0	0	758	0	0	815	0	0	872	0	0	929	0	0
702	0	0	759	0	0	816	0	0	873	0	0	930	0	0
703	0	0	760	0	0	817	0	0	874	0	0	931	0	0
704	0	0	761	0	0	818	0	0	875	0	0	932	0	0
705	0	0	762	0	0	819	0	0	876	0	0	933	0	0
706	0	0	763	0	0	820	0	0	877	0	0	934	0	0
707	0	0	764	0	0	821	0	0	878	0	0	935	0	0
708	0	0	765	0	0	822	0	0	879	0	0	936	0	0
709	0	0	766	0	0	823	0	0	880	0	0	937	0	0
710	0	0	767	0	0	824	0	0	881	0	0	938	0	0
711	0	0	768	0	0	825	0	0	882	0	0	939	0	0
712	0	0	769	0	0	826	0	0	883	0	0	940	0	0
713	0	0	770	0	0	827	0	0	884	0	0	941	0	0
714	0	0	771	0	0	828	0	0	885	0	0	942	0	0
715	0	0	772	0	0	829	0	0	886	0	0	943	0	0
716	0	0	773	0	0	830	0	0	887	0	0	944	0	0
717	0	0	774	0	0	831	0	0	888	0	0	945	0	0
718	0	0	775	0	0	832	0	0	889	0	0	946	0	0
719	0	0	776	0	0	833	0	0	890	0	0	947	0	0
720	0	0	777	0	0	834	0	0	891	0	0	948	0	0
721	0	0	778	0	0	835	0	0	892	0	0	949	0	0
722	0	0	779	0	0	836	0	0	893	0	0	950	0	0
723	0	0	780	0	0	837	0	0	894	0	0	951	0	0
724	0	0	781	0	0	838	0	0	895	0	0	952	0	0
725	0	0	782	0	0	839	0	0	896	0	0	953	0	0
726	0	0	783	0	0	840	0	0	897	0	0	954	0	0
727	0	0	784	0	0	841	0	0	898	0	0	955	0	0
728	0	0	785	0	0	842	0	0	899	0	0	956	0	0
729	0	0	786	0	0	843	0	0	900	0	0	957	0	0
730	0	0	787	0	0	844	0	0	901	0	0	958	0	0
731	0	0	788	0	0	845	0	0	902	0	0	959	0	0
732	0	0	789	0	0	846	0	0	903	0	0	960	0	0
733	0	0	790	0	0	847	0	0	904	0	0	961	0	0
734	0	0	791	0	0	848	0	0	905	0	0	962	0	0
735	0	0	792	0	0	849	0	0	906	0	0	963	0	0
736	0	0	793	0	0	850	0	0	907	0	0	964	0	0
737	0	0	794	0	0	851	0	0	908	0	0	965	0	0
738	0	0	795	0	0	852	0	0	909	0	0	966	0	0
739	0	0	796	0	0	853	0	0	910	0	0	967	0	0
740	0	0	797	0	0	854	0	0	911	0	0	968	0	0
741	0	0	798	0	0	855	0	0	912	0	0	969	0	0
742	0	0	799	0	0	856	0	0	913	0	0	970	0	0
743	0	0	800	0	0	857	0	0	914	0	0	971	0	0
744	0	0	801	0	0	858	0	0	915	0	0	972	0	0
745	0	0	802	0	0	859	0	0	916	0	0	973	0	0
746	0	0	803	0	0	860	0	0	917	0	0	974	0	0
747	0	0	804	0	0	861	0	0	918	0	0	975	0	0

Promedio litros y Galones por milimetro		
Altura (cm)	Volumen	
	Litros	Galones
0,1	25,4	7
0,2	50,8	13
0,3	76,2	20
0,4	101,5	27
0,5	126,9	34
0,6	152,3	40
0,7	177,7	47
0,8	203,1	54
0,9	228,5	60

Tabla 33 Aforo tanque vertical C.

SODERAL

Tabla de Calibración de Tanque Tk-503 S.M

Ubicación:		Capacidad 100 %:	11.733 Galones	Pag. 1/1
Dámetro Promedio:	2,730 metros	Tipo de Tanque:	Horizontal sobrepiso.	
Altura de Aforo:	2,959 metros	Incrementos en Litros y Galones por centímetro.		
Longitud del Cilindro:	7,362 metros			
Inclinación del Cilindro:	14,20 centímetros			
ALTURA PROMEDIO DE CABEZA: 0.335 metros				

cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones	cm	Litros	Galones
1	85	22	61	7.362	1.945	121	18.983	5.015	181	31.295	8.267	241	41.528	10.971
2	115	30	62	7.535	1.991	122	19.190	5.069	182	31.491	8.319	242	41.660	11.005
3	148	39	63	7.709	2.037	123	19.397	5.124	183	31.687	8.371	243	41.789	11.040
4	186	49	64	7.884	2.083	124	19.604	5.179	184	31.882	8.422	244	41.917	11.073
5	233	61	65	8.060	2.129	125	19.811	5.234	185	32.077	8.474	245	42.042	11.106
6	284	75	66	8.236	2.176	126	20.019	5.288	186	32.271	8.525	246	42.166	11.139
7	341	90	67	8.414	2.223	127	20.226	5.343	187	32.464	8.576	247	42.288	11.171
8	404	107	68	8.593	2.270	128	20.434	5.398	188	32.656	8.627	248	42.407	11.203
9	473	125	69	8.772	2.317	129	20.642	5.453	189	32.849	8.678	249	42.525	11.234
10	545	144	70	8.953	2.365	130	20.850	5.508	190	33.040	8.728	250	42.640	11.264
11	621	164	71	9.134	2.413	131	21.058	5.563	191	33.231	8.779	251	42.752	11.294
12	701	185	72	9.316	2.461	132	21.266	5.618	192	33.421	8.829	252	42.863	11.323
13	785	207	73	9.499	2.509	133	21.474	5.673	193	33.610	8.879	253	42.971	11.352
14	872	230	74	9.683	2.558	134	21.682	5.728	194	33.798	8.929	254	43.077	11.380
15	963	254	75	9.868	2.607	135	21.890	5.783	195	33.986	8.978	255	43.179	11.407
16	1.057	279	76	10.053	2.656	136	22.099	5.838	196	34.173	9.028	256	43.280	11.433
17	1.154	305	77	10.239	2.705	137	22.307	5.893	197	34.360	9.077	257	43.377	11.459
18	1.253	331	78	10.426	2.754	138	22.515	5.948	198	34.545	9.126	258	43.472	11.484
19	1.356	358	79	10.614	2.804	139	22.723	6.003	199	34.730	9.175	259	43.564	11.508
20	1.460	386	80	10.802	2.854	140	22.931	6.058	200	34.914	9.223	260	43.652	11.532
21	1.568	414	81	10.991	2.904	141	23.139	6.113	201	35.097	9.272	261	43.738	11.554
22	1.677	443	82	11.181	2.954	142	23.347	6.168	202	35.280	9.320	262	43.820	11.576
23	1.790	473	83	11.372	3.004	143	23.555	6.223	203	35.461	9.368	263	43.898	11.597
24	1.904	503	84	11.563	3.055	144	23.763	6.278	204	35.642	9.416	264	43.973	11.616
25	2.020	534	85	11.755	3.105	145	23.971	6.333	205	35.822	9.463	265	44.044	11.635
26	2.139	565	86	11.948	3.156	146	24.179	6.387	206	36.000	9.510	266	44.111	11.653
27	2.260	597	87	12.141	3.207	147	24.387	6.442	207	36.178	9.557	267	44.173	11.669
28	2.383	630	88	12.334	3.258	148	24.594	6.497	208	36.355	9.604	268	44.230	11.684
29	2.509	663	89	12.529	3.310	149	24.801	6.552	209	36.531	9.651	269	44.282	11.698
30	2.636	696	90	12.724	3.361	150	25.009	6.607	210	36.706	9.697	270	44.328	11.710
31	2.765	730	91	12.919	3.413	151	25.216	6.661	211	36.880	9.743	271	44.366	11.720
32	2.896	765	92	13.115	3.465	152	25.423	6.716	212	37.053	9.788	272	44.396	11.728
33	3.029	800	93	13.312	3.517	153	25.629	6.771	213	37.225	9.834	273	44.414	11.733
34	3.164	836	94	13.509	3.569	154	25.836	6.825	214	37.396	9.879	274	---	---
35	3.300	872	95	13.707	3.621	155	26.042	6.880	215	37.566	9.924	275	---	---
36	3.439	908	96	13.905	3.673	156	26.248	6.934	216	37.735	9.968	276	---	---
37	3.578	945	97	14.103	3.726	157	26.454	6.988	217	37.902	10.013	277	---	---
38	3.720	983	98	14.303	3.778	158	26.660	7.043	218	38.069	10.057	278	---	---
39	3.863	1.021	99	14.502	3.831	159	26.865	7.097	219	38.234	10.100	279	---	---
40	4.008	1.059	100	14.702	3.884	160	27.070	7.151	220	38.398	10.144	280	---	---
41	4.154	1.097	101	14.903	3.937	161	27.275	7.205	221	38.561	10.187	281	---	---
42	4.302	1.136	102	15.104	3.990	162	27.480	7.259	222	38.723	10.230	282	---	---
43	4.451	1.176	103	15.305	4.043	163	27.684	7.313	223	38.883	10.272	283	---	---
44	4.602	1.216	104	15.507	4.096	164	27.888	7.367	224	39.043	10.314	284	---	---
45	4.754	1.256	105	15.709	4.150	165	28.092	7.421	225	39.200	10.356	285	---	---
46	4.907	1.296	106	15.911	4.203	166	28.295	7.475	226	39.357	10.397	286	---	---
47	5.062	1.337	107	16.114	4.257	167	28.498	7.528	227	39.512	10.438	287	---	---
48	5.218	1.379	108	16.317	4.311	168	28.700	7.582	228	39.666	10.479	288	---	---
49	5.376	1.420	109	16.521	4.364	169	28.903	7.635	229	39.819	10.519	289	---	---
50	5.535	1.462	110	16.724	4.418	170	29.104	7.689	230	39.970	10.559	290	---	---
51	5.695	1.504	111	16.929	4.472	171	29.306	7.742	231	40.119	10.598	291	---	---
52	5.856	1.547	112	17.133	4.526	172	29.507	7.795	232	40.267	10.638	292	---	---
53	6.019	1.590	113	17.338	4.580	173	29.707	7.848	233	40.414	10.676	293	---	---
54	6.183	1.633	114	17.543	4.634	174	29.908	7.901	234	40.559	10.715	294	---	---
55	6.348	1.677	115	17.748	4.688	175	30.107	7.953	235	40.702	10.752	295	---	---
56	6.514	1.721	116	17.954	4.743	176	30.306	8.006	236	40.844	10.790	296	---	---
57	6.682	1.765	117	18.159	4.797	177	30.505	8.059	237	40.984	10.827	297	---	---
58	6.850	1.810	118	18.365	4.852	178	30.704	8.111	238	41.123	10.864	298	---	---
59	7.020	1.854	119	18.571	4.906	179	30.901	8.163	239	41.260	10.900	299	---	---
60	7.191	1.900	120	18.778	4.961	180	31.099	8.215	240	41.395	10.935	300	---	---

Fecha de Emisión: 26/03/2021
Fecha de Inspección: 22/03/2021
Calibrado: Ing Fidel Canelos

Computado: Paul Villacres

Chequeado: Ing. Fidel Canelos

Tabla 34 Aforo tanque horizontal.