

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**



**ESTUDIO ESPECIAL DE GRADUACIÓN**

**ESTUDIO DE MEDICIONES EN TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS**

**INGENIERO MECÁNICO**  
**RANDOLFO CHANG GRANADOS**

**Guatemala, octubre de 2007**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**ESTUDIO ESPECIAL DE GRADUACIÓN**

**ESTUDIO DE MEDICIONES EN TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS**

**POR**

**INGENIERO MECÁNICO**

**RANDOLFO CHANG GRANADOS**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

**MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	MSc. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR:	MSc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR:	MA. Raúl Eduardo Loarca Velásquez
EXAMINADOR:	MA. Edwin Estuardo Rodas Arreaga
SECRETARIA:	MSc. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación  
Titulado:

**Estudio de Mediciones en Tanques de Almacenamiento de  
Hidrocarburos**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 14 de marzo de 2007.

Ingeniero Mecánico  
Randolfo Chang Granados

## ACTO QUE DEDICO

A	DIOS	POR SUS BENDICIONES
A	GUATEMALA	
A	LA FACULTAD DE INGENIERÍA USAC Y ESCUELA DE POSTGRADO	POR PROCURAR LA EXCELENCIA ACADÉMICA CIENTÍFICA
Y	ESPECIALMENTE	A MI ESPOSA E HIJOS COMO UN LEGADO

## RESÚMEN

El objetivo principal de este trabajo es evaluar y determinar cuales son requerimientos necesarios, y las diferentes técnicas para el sistema de mediciones en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos en ZOLIC Santo Tomas de Castilla, Izabal.

En el cual se pretende dar a conocer lo importante, que son las mediciones en tanques de combustibles, básicamente en la industria de hidrocarburos en Guatemala porque fomenta la inversión en el desarrollo nacional.

En este entorno competitivo donde las tecnologías pueden proporcionar numerosas ventajas, más allá de la simple medición, estando enfocados a solventar problemas que puedan surgir en la gestión de inventarios.

El desarrollo de las mediciones se efectúan directamente en las terminales de combustibles ubicadas en la Zona Franca de ZOLIC, en Sto .Tomas de Castilla en Izabal, las mediciones de líquidos a granel se inician en el momento que el importador manifiesta la importación del producto para almacenarlo en los tanques de ZOLIC, estas empresas tienen que ser fiscalizadas desde el momento del trasiego del producto, en donde se inicia el proceso de mediciones que es el objeto del presente estudio.

Como objetivos específicos se consideraron los siguientes:

- Evaluar los distintos e importantes requerimientos de los procesos de medición, para cualquier planta en tanques de almacenamiento.
- Conocer las diferentes técnicas para realizar las mediciones y control de tanques de almacenamiento que son las mas conocidas.
- Comparar las nuevas técnicas de mediciones, con las técnicas tradicionales de mediciones para tanques de almacenamiento, para evaluar el costo beneficio en la incertidumbre de la tecnología, que implica la implementación de nuevas técnicas.
- Reconocer los límites de aceptación y comparación de nuevos métodos de mediciones para mayor fiabilidad y precisión, para evitar perdidas de combustible en las plantas de hidrocarburos.
- Evaluar un sistema de software de medición y control que se puede utilizar en los equipos de mediciones.
- Proporcionar una guía de procesos de medición para los importadores de hidrocarburos en Guatemala.
- Optimizar los costos-beneficio que resultaría de implementar otras técnicas de medición.

- Obtener los mejores beneficios para los importadores de hidrocarburos, en los inventarios de tanques y cumplir con los reglamentos internos de pago de impuesto fiscales.

Los distintos requerimientos para mediciones en tanques pueden plantearse, de la siguiente manera, se podrían clasificar más o menos así:

- Movimientos y operaciones
- Control de inventario
- Custodia transferencia y facturación
- Control de pérdidas y conciliación

Para medir movimientos y operaciones se puede utilizar masa o volumen, el volumen puede ser derivado de la medición de nivel, mientras que la masa se puede medir en forma directa por medio de transmisores de presión.

Cuando la medición se necesita para la operatoria diaria interna de un parque de tanques, o para programar operaciones de trasiego, usualmente no necesita ser demasiado exacta.

En estos casos la pérdida ocasionada por el aprovechamiento menos eficiente de la capacidad de almacenamiento se ve, de alguna manera, compensada por la instalación de instrumentos menos costosos aunque a veces tampoco es tan así. En todos los casos la facilidad de mantenimiento juega un rol importante en la selección de los equipos de medición.

En cualquier refinería o industria química o petroquímica la contabilización prolija de su inventario es un requerimiento importante para determinar costos y facturación. Los sistemas modernos de control distribuido con su creciente cantidad de paquetes de aplicación y progresivo mejoramiento en la comunicación de datos desarrollan su funcionalidad más y más hacia la automatización completa del parque de tanques.

En el caso de las plantas de nuestro país que son plantas de almacenamiento de grandes cantidades de combustible, tanques de 80,000 barriles, que reciben y despachan enormes volúmenes todos los días, pequeños errores en la medición de todos los días, pueden provocar grandes pérdidas, o ganancias financieras, y el éxito o la bancarrota de terminales intermediarias.

En la mayoría de las plantas se contabilizan las entradas y despachos de producto que tiene que cumplir con rígidos reglamentos aduaneros e impositivos. Para que la facturación en base a la medición de un instrumento sea aceptable a ambas partes, tanto la compradora como la vendedora, se necesita tener certificación para "Custodia y Transferencia", todos los medidores en las plantas deben tener esta certificación.

Muchos responsables de la industria petrolera han estado preocupándose recientemente por las consecuencias financieras y ecológicas de las filtraciones y pérdidas de producto. En los últimos años se nota un incremento en la toma de conciencia del impacto ambiental producido por las actividades de las industrias en general. La contaminación, causada tanto por derrames líquidos como emisiones atmosféricas, es tema de creciente atención y a nivel mundial muchas industrias están viendo la necesidad de implementar programas activos que acoten este riesgo en almacenamiento, que hacen de sus operaciones de terminal de tanques más eficientes y fáciles de manejar.

Entre las técnicas de mediciones tenemos: medición manual, medición por flote llamada (automática), medición por radar, medición hidrostática (HTG), y medición sistema híbrido (HIMS). Y combinando las ventajas de todos los sistemas, Se analiza la incertidumbre y los resultados se usan para una comparación concisa de tanques y los sistemas de medición.

El medidor de sistema por radar sin mantenimiento proporciona datos fiables, exactos y continuos sobre el contenido del tanque y las operaciones en curso. El cambio de un sistema manual se rentabiliza rápidamente gracias a la reducción en el mantenimiento y en los gastos de explotación de su parque de tanques, y abre nuevas posibilidades de aumentar los beneficios al mejorar el rendimiento de la planta.

La realización de estas operaciones, ha permitido ir realizando mejoras, tanto en la calidad de las mediciones así como en el tiempo de realización, y ello es producto del ordenamiento de la información que se obtiene en la inspección, así como de la experiencia que se ha ido ganando en la realización de mediciones, a pesar de contar con los manuales de fabricante, puesto que este material indica el proceso, pero muchas veces se desconoce la forma de acción.

Es indispensable contar con un software de soporte técnico, como parte de un paquete que debe estar en permanente perfeccionamiento por un encargado de la planta, cuya única tarea es incorporar sistemáticamente todos los pedidos de mejoras, enviadas a ellos desde todo el mundo, por los operadores de plantas de almacenamiento y despacho que reciben, almacenan, movilizan y entregan inverosímiles volúmenes todos los días.

Se evaluaron las principales conclusiones:

- Se definieron los diferentes sistemas y técnicas reconocidas a nivel mundial para realizar mediciones en tanques de hidrocarburos en cualquier planta de tanques.
- Se compararon y definieron las ventajas técnicas de mediciones, según sus características y los requerimientos de servicio.

- Se evaluó el costo beneficio en base a la incertidumbre que se dan en los errores en las mediciones, la incertidumbre cuesta dinero ya que puede perder el valor de un volumen de producto que no se puede medir con exactitud.
- La aplicación de otros métodos de mediciones implica la confiabilidad de los medidores de tanques.
- Es importante conocer los beneficios de los sistemas de software de medición y control de inventarios y transferencias aplicables a otras técnicas para comparar las ventajas de cada tecnología.
- La disponibilidad de los equipos implica un costo pero, significa un mejor control en los procesos de mediciones.
- Se comprobó que los importadores de hidrocarburos tienen capacidad para poder implementar estos nuevos equipos de mediciones al comparar los costos beneficios en la compra del equipo.

# ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES	IV
INDICE DE TABLAS	V
GLOSARIO	VI
I. ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivos generales	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación	6
1.5 Alcance del trabajo	8
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Investigación de temas relacionados	11
III. FUNDAMENTOS O MARCO TEÓRICO	13
3.1 Requerimientos para mediciones en tanques	13
3.1.1 Movimientos y operaciones	14
3.1.2 Control de inventarios	15
3.1.3 Custodia de transferencia y facturación	18
3.1.4 Control de pérdidas y conciliación	20

3.2	Medición y control de tanques	21
3.3	Errores en instalación de medidores de tanques	23
3.3.1	Medición manual	27
3.3.2	Medición con flote (Automático)	28
3.3.3	Medición con servo	30
3.3.4	Medición con radar	33
3.3.5	Medición hidrostática HTG	36
3.3.6	Mediciones con sistema híbrido (HIMS)	39
IV.	INVESTIGACIÓN PROPUESTA	43
4.1	Información disponible	43
4.2	Metodología	44
4.3	Resultados entre las comparaciones entre los sistemas	45
4.3.1	Matriz de incertidumbre	48
4.3.2	Otras prestaciones del sistema de medición	52
4.3.3	Alarmas de sobrellenado	52
4.3.4	Verificación, chequeo remoto, mantenimiento	54
4.3.5	Sistemas tipos de productos	55
4.3.6	Caída de rayos	56
4.4	Comparación de resultados	57
4.4.1	Medidores HTG	58
4.4.2	Medidores servo	58
4.4.3	Medidores con radar	59
4.4.4	Técnica mixta HIMS	59
4.4.5	Software de medición y control	61

4.4.6	Estimación económica al implementar un sistema de medicion	62
4.5	Discusión de resultados	65
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	73
	ANEXOS	74

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

<b>No.</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1.	Esquema de tanques	13
2.	Terminal de tanques de hidrocarburos	14
3.	Esquema control de inventarios	16
4.	Esquema del trasiego de combustibles	19
5.	Métodos de medición	22
6.	Instrumento de medición	23
7.	Esquema medición manual	28
8.	Medición con flote (Automática)	30
9.	Esquema medidor servo	32
10.	Esquema de medición con servo	32
11.	Esquema medidor por radar	35
12.	Esquema sistema de medición por radar	35
13.	Esquema de medición hidrostática (HTG)	38
14.	Esquema de sistema HIMS con servo	41
15.	Esquema de sistema HIMS con radar	41
16.	Esquema software y control	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>No.</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1.	Inventario Diario de Tanques	17
2.	Adaptabilidad de las diferentes técnicas de medida	25
3.	Componentes del sistema HTG	37
4.	Comparacion de error del sistema HTG vs. HIMS	47
5.	Reducción de la incertidumbre en la transferencia de lotes	49
6.	Reducción de incertidumbre en el inventario	50
7.	Reducción de incertidumbre	50
8.	Movimientos y Operaciones	51
9.	Porcentaje de Incertidumbre	51
10.	Especificacion para sistemas, HTG. SERVO. RADAR. HIMS	56
11.	Estimacion economica	62
12.	Resumen de costos	63

## GLOSARIO

- API Densidad del producto a temperatura 60<sup>a</sup> C.
- ASTM American society for testing an materials.
- API American petroleum institute.
- Asolando Asentar sedimentos de manera de manera que cubre parcialmente el producto.
- Blending flujo de combustible en un trasiego de combustible
- Batch transfer Lotes de transferencia por producto
- Densidad de referencia: Es la densidad del producto cuando este alcanza la temperatura de referencia (15 °C).
- Estratificación: Fenómeno de separación de capas de diferentes densidades que ocurre en los productos de alta viscosidad como son los crudos.
- FW: Agua libre depositada en los tanques.
- GSV: Volumen de petróleo que incluye tanto el agua como en suspensión así como sedimentos.
- GOV: (Volumen Bruto Observado).  
Volumen de petróleo incluyendo tanto el agua disuelta como suspendida, así como sedimentos

en suspensión pero sin tener en cuenta el agua y sedimentos en el fondo del tanque.

- HTG: Sistema tipo columna hidrostática.
- ISO Organización internacional standard.
- Interfase Conexión física funcional entre dos sistemas para intercambiar comunicación.
- Roof Corrección de techo de tanques, por tablas.
- TOV: Volumen total de todos los líquidos.
- Tubo de soporte: Accesorio situado en la parte superior del tanque donde se colocan los equipos medidores de nivel que tiene como objetivo hacer estable su instalación.
- OM &S Oil movement & storage.



## **I. Aspectos generales**

### **1.1 Generalidades**

Hace años, cuando el precio del crudo era una fracción del actual, la precisión de los métodos de medición de tanques tenía menos importancia. El margen de error podía ser muy grande sin que ello representara una gran diferencia en el resultado final. La cantidad de crudo o de producto refinado en el margen de error, que no podía verificarse con fiabilidad, era ciertamente considerable, pero quizá su valor no justificaba la inversión en un sistema de medición de tanques de clase superior.

Pero las cosas han cambiado, el precio del crudo se ha multiplicado por cuatro en unos pocos años y ahora es tan elevado que esos grandes márgenes de error cuestan mucho dinero. Y la tendencia sigue siendo al alza.

En un tanque de almacenamiento de grandes dimensiones, equipado con un sistema de medición poco preciso el valor del volumen es incierto es decir, el petróleo que se queda es el margen de error, es ahora tan elevado que justifica por sí mismo la inversión en un sistema de medición de tanques de clase superior, esto se puede ver mediante un simple cálculo y lo veremos mas adelante cuando ampliemos el tema de mediciones.

La tendencia del precio del crudo, cuanto más alto es el precio del crudo, mayor es el valor de los productos almacenados en sus tanques. Y en consecuencia, mayores son los beneficios que se obtienen al invertir en un sistema de medición de tanques de alta precisión. El precio del petróleo se ha multiplicado por cuatro desde 1999, y la tendencia indica que seguirá subiendo.

Las lecturas de volúmenes y masas de los medidores de tanques, que constituyen la base para el cálculo y la facturación, deben ser muy exactas para

que la desviación no provoque consecuencias negativas relevantes. Esto tiene especial aplicación a efectos contables, como en el control/verificación de transferencia, la gestión de inventarios y el control de pérdidas.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Con el objeto de obtener un conocimiento más amplio de los problemas que se pueden presentar en un sistema de mediciones, se puede recurrir al uso de la tecnología de punta, obteniendo con esto un beneficio para poder determinar las probables causas que estén afectando las mediciones en las plantas de hidrocarburos y plantear soluciones a dichas causas, por lo que necesitamos actualizar las técnicas de mediciones, buscando otras opciones de bajo costo y mínimo mantenimiento.

Encontrar un adecuado proceso de medición a través de este estudio de trabajo de sistematización, será de mucha utilidad para las instituciones y los importadores en Guatemala. Pues permitirá desarrollar este trabajo, en el cual se puedan formular las bases de un adecuado proceso de los métodos y técnicas de mediciones, en los tanques de almacenamiento de combustibles que será eficiente y eficaz.

El objetivo principal de mi proyecto de estudio de sistematización es “evaluar y determinar cuales son los requerimientos necesarios, de las diferentes técnicas para que el sistema de mediciones en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, proporcione en todo momento un servicio adecuado a los importadores que utilizan este servicio, ya que se hace necesario una comparación de dichos requerimientos con la capacidad del personal operativo, debido a los problemas de falta de capacitación del recurso humano y equipo adecuado y el desconocimiento de nuevas técnicas de alta tecnología, en el momento de tener que realizar un servicio de mediciones y pueda generar un

calculo mal efectuado, de tal manera que pueda ocurrir una perdida, ocasionando problemas económicos y una mala recaudación en los impuestos.

Los actuales estudios de almacenamiento de combustibles en nuestro país proporcionan información sobre las perdidas en los tanques debido a factores como construcción de los tanques, especificaciones mínimas aceptables para almacenamiento, no tomando en cuenta que un despacho pueda hacerse igualmente por masa o por volumen, generalmente ambas unidades de medición deben estar certificadas para esa planta, disponibles en el momento del despacho.

La incertidumbre en la medición del tanque cuesta dinero, ya que puede perder el valor de volumen de producto que no puede verificar con precisión. El aumento de la precisión de su sistema de medición de tanques reduce su margen de error, lo que a su vez disminuye la incertidumbre durante la verificación y el control de transferencia, la gestión del inventario y el control de pérdidas.

Mas adelante veremos un ejemplo de cálculo que muestra cómo una medición de tanque más precisa reduce la incertidumbre de volumen neto, y el valor que esto representa en dólares. Además las trasferencias del producto de las líneas (oleoductos) a las plantas de almacenamiento pueden definir posibles tipos de perdidas o mermas al estar trasegando el producto del buque a las plantas de almacenamiento.

## **1.3 Objetivos del trabajo**

### **1.3.1 Objetivos generales**

Encontrar un adecuado proceso de medición a través de este estudio de trabajo de sistematización, será de mucha utilidad para las instituciones y los importadores de hidrocarburos en Guatemala. Pues permitirá desarrollar en este trabajo, la descripción de los diferentes requerimientos de las plantas de hidrocarburos y las nuevas técnicas de medición conocidas a nivel mundial, para mejorar las condiciones de operación en los tanques de almacenamiento, en las plantas de hidrocarburos en Guatemala, mediante un adecuado proceso de trabajo e inspección. Y por otra parte para cumplir con los requisitos fiscales vigentes en nuestro país.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar los distintos e importantes requerimientos de los procesos de medición, para cualquier planta en tanques de almacenamiento.
- Conocer las diferentes técnicas para realizar las mediciones y control de tanques de almacenamiento que son las mas conocidas.
- Comparar las nuevas técnicas de mediciones, con las técnicas tradicionales de mediciones para tanques de almacenamiento, para evaluar el costo beneficio en la incertidumbre de la tecnología, que implica la implementación de nuevas técnicas.
- Reconocer los límites de aceptación y comparación de nuevos métodos de mediciones para mayor fiabilidad y precisión, para evitar perdidas de combustible en las plantas de hidrocarburos.

- Evaluar un sistema de software de medición y control que se puede utilizar en los equipos de mediciones.
- Proporcionar una guía de procesos de medición para los importadores de hidrocarburos en Guatemala.
- Optimizar los costos-beneficio que resultaría de implementar otras técnicas de medición.
- Obtener los mejores beneficios para los importadores de hidrocarburos, en los inventarios de tanques y cumplir con los reglamentos internos de pago de impuesto fiscales.

## 1.4 Justificación

El adecuado proceso de medición y mejora en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos de una planta. A través de la sistematización de experiencias, será de mucha utilidad a la empresa y sus trabajadores, pues permitirá desarrollar un trabajo en equipo, el cual pueda formular las bases de un adecuado proceso de medición eficiente y eficaz.

Además, un buen mejoramiento de los procesos de medición, ayudará a orientar las actividades e impulsará la toma de decisiones con base a fundamentos correctos, y llevar un inventario adecuado, a la hora que se presente la fiscalización de las autoridades competentes, aparte de usar los métodos tradicionales como ocurre ocasionalmente en otras plantas de almacenamiento,

Consecuentemente traerá ventajas en la operación de los equipos de medición, pudiendo evaluar las diferentes técnicas de medición que veremos mas adelante, dependiendo de los requerimientos de un sistema de tanques, los cuáles serán fundamentalmente perceptibles por los clientes y entre las cuales podemos mencionar, incremento de la eficiencia, minimizar las fugas repentinas, muchas veces catastróficos, extender la vida útil del equipo y sus accesorios.

La implementación de los nuevos métodos de mediciones ayudara en gran parte, no ha sustituir a los métodos tradicionales, si no que serán un soporte mas en la automatización de los sistemas actuales.

Finalmente se debe hacer un análisis total de costo beneficio de la implementación de los métodos de mediciones, analizando las incertidumbres en los errores, porque esta claro que el aumento en la precisión de los medidores de nivel reducirá la incertidumbre, traduciéndose en un beneficio económico.

En la práctica, esta actividad dista de responder a las expectativas y necesidades actuales del mantenimiento y del porcentaje de disponibilidad que es exigido en las operaciones de estos equipos. Ya que el mantenimiento es mínimo en este tipo de medidores ya que existen empresas certificadas que efectúan las calibraciones correspondientes de estos tipos de medidores

## 1.5 Alcance del trabajo

La sistematización se realizará sobre el mejoramiento de los procesos de mediciones, que se realizó en una planta de almacenamiento de hidrocarburos en la zona libre de comercio (ZOLIC), Sto. Tomas de Castilla, Dpto. de Izabal, proporcionando la información sobre el proceso de mediciones e inspección, trabajos de medición o nuevos métodos de mediciones y finalmente comparación de información.

Además, como el título de la experiencia a sistematizar indica, se evaluará que mejoras ocurrieron en la condición de operación de las mediciones, y para ello se cuenta con información de las condiciones previas y posteriores, de las mediciones iniciales y finales que se realizan actualmente en ZOLIC y otros métodos de mediciones, para corroborar que efectivamente las condiciones de operación hayan mejorado.

El conseguir estos logros en las condiciones de mediciones, que se traduce en pérdidas en una refinería se define, como el stock total al final del último período contable más los ingresos durante el período, menos las salidas durante el período, menos el stock total al finalizar el período, menos el consumo de combustible si lo hubo traduciéndose en un ahorro e incrementando la eficiencia en los procesos.

Constituyéndose esto como un logro las lecturas de volúmenes y masas de los medidores de tanques, que constituyen la base para el cálculo y la medición, deben ser muy exactas para que la desviación no provoque consecuencias negativas relevantes.

Esto tiene especial aplicación a efectos contables, como en el control/verificación de transferencia, la gestión de inventarios y el control de pérdidas, como veremos en el ejemplo de reducción de incertidumbre.

Durante la última década, la evolución tecnológica en el sector electrónico y las comunicaciones, ha propiciado la aparición de nuevos sistemas de medición de nivel para el control y gestión de inventarios en el sector industrial.

Los beneficios básicos que proporciona la instalación de un sistema de medición de nivel preciso y fiable son los siguientes:

- **Mejora en la calidad del producto**

La utilización de nuevas tecnologías, combinadas con los avances en el sector electrónico, proporciona medidas de mayor fiabilidad y precisión, dando lugar a mejoras en la calidad del producto.

- **Reducción en los costos de operación y mantenimiento**

El uso de nuevas tecnologías de comunicación digital facilita las tareas de configuración, detección de problemas y posibilidades de autodiagnóstico, reduciendo notablemente los costes de operación y mantenimiento. Ya que los fabricantes proporcionan personal certificado para la calibración de los instrumentos y soporte técnico especializado.

- **Cumplimiento de normativas medioambientales y de calidad**

La mejora en las técnicas de fabricación y la sensibilización con las normativas medioambientales y de calidad de los suministradores de instrumentación y del sector industrial en general, facilitan al usuario el cumplimiento de normativas reguladoras (ISO, FDA).



## II. Revisión bibliográfica

### 2.1 Investigación de temas relacionados

Dentro de la investigación de este trabajo, se consultaron dos tesis relacionadas con el tema:

- ✚ Meza Corado, Mauricio José. **Calibración de medidores volumétricos SMITH de doble cubierta y desplazamiento positivo para combustibles.** Tesis Facultad de Ingeniería, USAC 2005

Este trabajo de tesis se enfocó en unos medidores Smith, que son unos medidores mecánicos de alto rendimiento de desplazamiento positivo o tipo turbina, que se utilizan normalmente para medir transferencias de combustibles, en volúmenes menores y despachos del abastecedor al cliente por medio de pipas de combustible, basándose únicamente en normas de referencia API Cáp.4 4/7 y 12.2 estos se utilizan para despachos directos en las plantas de hidrocarburos, pero no para mediciones de tanques fijos, que es básicamente el tema de nuestro trabajo de almacenamiento de combustible. Este tipo de dispositivo es muy sencillo que se coloca en las boquillas de los tanques de combustible, y esencialmente es para calibrar y medir el combustible para despacho.

- ✚ Arqueta Valdez, Jorge Bohanergas. **Experiencias obtenidas en la inspección de tanques de almacenamiento de acuerdo a las normas API 650 y 653.** Tesis Facultad de Ingeniería, USAC 2001

En este trabajo de tesis se plantean las diferentes comparaciones de tanques, de techo flotantes donde existen dos tipos de techos flotantes internos y externos, en ambos casos el techo flota sobre la superficie del líquido, formando un sello para ayudar a minimizar las pérdidas de vapores y la contaminación atmosférica.

Un tanque de techo flotante interno también posee un techo fijo, mientras que un tanque con techo flotante externo no lo tiene. Pero para nuestro estudio de mediciones tomamos en cuenta todos los tanques de almacenamiento, que pueden ser tanques fijos o tanques con techo flotante, podemos utilizar los diferentes tipos de medidores y técnicas de medición.

Se obtuvo información de comparaciones de tanques de techo flotantes y tanques fijos como una alternativa de inversión económica al implementar el techo flotante para almacenamiento, para reducir las pérdidas en el almacenaje.

Tomando como concepto la pérdida, la diferencia de lo que se carga en una planta entre lo que se descarga en una planta almacenadora de hidrocarburos y lo que se acredita a la misma por: venta, consumos, transferencias, mas el inventario físico, y al escoger el tanque se pueda determinar y contrarrestar las pérdidas por evaporación, por respiración, por corriente de aire, por llenado, y por ebullición, por lo que le dan importancia al tipo de tanque a escoger.

Por lo que no compartimos estos conceptos, porque según datos de incertidumbre que proporcionaremos mas adelante de este trabajo, esta claro que el aumento de la precisión de medición del nivel reducirá la incertidumbre de transferencia en un valor igual al doble de la reducción de incertidumbre en la medición del inventario, esto se consigue mediante la medición mas precisa en la medición de tanques y sus diferentes técnicas aplicables.

### III. Fundamento o Marco teórico

#### 3.1 Requerimiento para mediciones en tanques

A quiénes ya hemos tenido que trabajar con todas las tecnologías disponibles para este tipo de medición resulta claro que ninguna de ellas es la óptima para todas las aplicaciones. Sin embargo las mediciones que se llevan a cabo en ZOLIC Sto. Tomas de Castilla Izabal, son de mucha importancia porque allí se recibe el producto de los importadores de otros países para la industria y comercio en Guatemala, ver figura1.

**Fig. 1 Esquema de tanques**



Los distintos requerimientos para mediciones en tanques pueden plantearse de la siguiente manera, se podrían clasificar más o menos así:

- Movimientos y operaciones
- Control de inventario
- Custodia de transferencia y facturación
- Control de pérdidas y conciliación

### 3.1.1 Movimientos y operaciones

Para medir movimientos y operaciones se puede utilizar masa o volumen. El volumen puede ser derivado de la medición de nivel, mientras que la masa se puede medir en forma directa por medio de transmisores de presión.

Cuando la medición se necesita para la operatoria diaria interna de un parque de tanques, o para programar operaciones de blending, usualmente no necesita ser demasiado exacta.

En estos casos la pérdida ocasionada por el aprovechamiento menos eficiente de la capacidad de almacenamiento, se ve de alguna manera, compensada por la instalación de instrumentos menos costosos aunque a veces tampoco es así.

En todos los casos la facilidad de mantenimiento juega un rol importante en la selección, para una terminal de tanques de hidrocarburos, ver figura 2.

**Fig. 2 Terminal de tanques de hidrocarburos**



### 3.1.2 Control de inventario

En cualquier refinería o industria química o petroquímica la contabilización prolija de su inventario es un requerimiento importante para determinar costos y facturación. Los sistemas modernos de control distribuido con su creciente cantidad de paquetes de aplicación y progresivo mejoramiento en la comunicación de datos y desarrollan su funcionalidad más y más hacia la automatización completa del parque de tanques ver figura 3.

Un control de inventario se puede hacer también por masa o volumen. Sin embargo ni el control por volumen solamente, ni el control por masa solamente, constituyen una solución suficiente, debido a que no es frecuente que las entradas y salidas de una misma planta tengan que ser medidas simultáneamente, ya que los inventarios se miden volúmenes, y en transferencias en unidades distintas e incompatibles como son la masa.

Las operaciones de inventarios diarios de tanques, en una planta de combustibles se inicia con la mediciones iniciales que se realizan en la planta, donde previamente se anuncia la llegada de un buque petrolero al puerto de Sto. Tomas de Castilla, este anuncio se hace por medio de un manifiesto de carga, este documento se presenta a las autoridades de la portuaria por las navieras, después se efectúan los cálculos con los datos de referencia de medición y el valor de la densidad API, y al final se calcula el volumen ambiente sumando el volumen total observado, menos el agua libre y mas, menos la corrección de techo y por ultimo se calcula el volumen a 60° F multiplicando el factor encontrado anteriormente por el volumen ambiente, estos cálculos de registran en una tabla de reporte ver tabla 1.

**Fig. 3 Esquema control de inventarios**



Tabla No.1 Inventario Diario de Tanques

TANQUE E. N.º		FECHA	HORA	NIVEL OBSERVADO. AGUA + COMB. PIES/PALC / 16	VOLUMEN AGUA + COMBUST. (GLS.)	NIVEL AGUA OBSERVADO PIES/PALC / 16	F.V	ROOF	GOV	API A TANQUE 60°F	TEMP. °F	V.C.F	G.S.V.
TERMINAL: PETROLATIN/ZOLIC		ADUANA: SANTO TOMAS DE CASTILLA		TOY A		F.V		ROOF	GOV	API	TEMP.	V.C.F	G.S.V.
PRODUCTO: SUPERIOR				VOLUMEN AGUA + COMBUST. (GLS.)		NIVEL AGUA OBSERVADO PIES/PALC / 16		CORRECC. POR TECHO (GLS.)	VOL. COMBUSTIBLE (GLS. Temp. Amb.)	API	TEMP.	FACTOR CORR. VOL. (TABLA 6B)	VOLUMEN TO. A 60°F (GLS.)
				VOLUMEN AGUA + COMBUST. (GLS.)		NIVEL AGUA OBSERVADO PIES/PALC / 16		CORRECC. POR TECHO (GLS.)	VOL. COMBUSTIBLE (GLS. Temp. Amb.)	API	TEMP.	FACTOR CORR. VOL. (TABLA 6B)	VOLUMEN TO. A 60°F (GLS.)
i		06-sep-07		0' 00"	-	0' 00"	0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0000	0,00
f					0,00			0,00	0,00	0,00	0,0	0,0000	0,00
<b>Diferencia</b>													
MPL-5	i			0' 00"		0' 00"		0,00	0,00	0,00			0,00
	f	06-sep-07	16:35	23' 05"	34.399,64	0' 00"	0	-23,08	34.376,56	61,2	78,0	0,9876	33.950,29
<b>Diferencia</b>													
MPL-3	i	05-sep-07	10:00	7' 06"	708,40	0' 00"	0	0,00	708,40	51,2	83,5	0,9855	698,19
	f	06-sep-07	17:45	17' 08"	1.626,50	0' 00"	0	483,71	1.142,79	53,3	85,8	0,9831	1.123,48
<b>Diferencia</b>													
	i				918,10			483,71	434,39				425,35
	f	06-sep-07		0' 00"	0,00	0' 00"		0,00	0,00	0,0	0,0	0,0000	0,00
<b>Diferencia</b>													
	i				0,00			0,00	0,00				0,00
	f			0-00	0,00	0' 00"		0,00	0,00				0,00
<b>Diferencia</b>													
					0,00			0,00	0,00				0,00
<b>TOTAL DE TANGUES</b>					<b>35.317,74</b>			<b>483,71</b>	<b>34.810,95</b>				<b>34.375,64</b>
TUBERIAS INTERNAS													
TUBERIAS EXTERNAS													0,00
<b>TOTAL DE TUBERIAS</b>					<b>0,00</b>			<b>0,00</b>	<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
<b>GRAN TOTAL</b>					<b>35.317,74</b>			<b>483,71</b>	<b>1.462.059,90</b>				<b>1.443.776,85</b>
<b>SUMARIO</b>													
<b>TOTAL GALONES</b>					<b>A TEMPERATURA OBS.</b>				<b>NOTA: LA TUBERÍA CONTIENE DIESEL</b>				
					1.462.059,90			<b>A TEMP. 60° F.</b>					
<b>TOTAL BARRILES</b>					34.810,95			1.443.776,85					
<b>TOTAL LITROS</b>					5.533.896,72			34.375,64					
<b>TOTAL T. LARGAS</b>								5.464.696,38					
<b>TOTAL T. METRICAS</b>													

### 3.1.3 Custodia de transferencia y facturación

En el caso de las plantas de nuestro país que son plantas de almacenamiento de grandes cantidades de combustible, tanques de 80,000 barriles, que reciben y despachan enormes volúmenes todos los días, pequeños errores en la medición pueden provocar grandes pérdidas, o ganancias financieras. Y el éxito o la bancarrota se logran mejorando el proceso de transferencia de producto en las terminales de hidrocarburos.

En el caso de Zolic, aquí en Sto. Tomas de Castilla la transferencia se efectúa en el embarcadero del puerto directo a las plantas, por medio de oleoductos a una distancia aproximada de 600 a 900 mts. Ver figura 4.

En la mayoría de las plantas se contabilizan las entradas y despachos de producto que tiene que cumplir con rígidos reglamentos aduaneros e impositivos.

Para que la facturación en base a la medición de un instrumento sea aceptable a ambas partes, tanto la compradora como la vendedora se necesita tener certificación para la custodia y transferencia. Todos los medidores de las plantas deben tener esta certificación, porque en este caso al efectuar los despachos de combustibles medimos la masa cuando el producto sale de las plantas a los clientes y entregar la cantidad exacta de venta a la hora de facturar.

En las plantas de almacenamiento localizadas en Sto. Tomas de Castilla Izabal, las mediciones la efectúan los inspectores de las empresas certificadas que son: *SGS, INTERTEC, OTI, INSPECTORY*. Ya que cuentan con una certificación aprobada a nivel mundial.

**Figura 4. Esquema del trasiego de combustible**



### **3.1.4 Control de pérdidas y conciliación**

Muchos responsables de la industria petrolera han estado preocupándose recientemente por las consecuencias financieras y ecológicas de las filtraciones y pérdidas de producto, en el proceso de transferencia y custodia aquí se permite como llenado un quince por ciento, menos del total del tanque, no se puede llenar totalmente un tanque, para minimizar este tipo de pérdidas. En los últimos años se nota un incremento en la toma de conciencia del impacto ambiental producido por las actividades de las industrias en general. La contaminación, causada tanto por derrames líquidos como emisiones atmosféricas, es tema de creciente atención y a nivel mundial muchas industrias están viendo la necesidad de implementar programas activos que acoten este riesgo.

En algunos países de Europa ya se está volviendo obligatoria la recuperación, cuando se llena un tanque, de los vapores de hidrocarburos desplazados que históricamente se han venteadado. Están obligando a instalar tuberías que los retornen al recipiente proveedor, ya sea en tanques fijos o en buques, vagones y camiones-cisterna.

Mantener un control exacto de pérdidas, filtraciones y evaporación mediante un programa de conciliación preciso no solo protege el medio ambiente sino que permite identificar, y cuantificar, las causas de esas pérdidas, reducir costos y amortizarse.

### **3.2 Medición y control de tanques**

Medición de tanque es el nombre genérico de la valoración de cantidad estática de productos líquidos en tanques de almacenamiento a granel. La medición de tanque es fundamental para la evaluación de los contenidos del tanque, el control de inventario de tanque y la gestión de parque de tanques.

Las incertidumbres en un tanque de 60,000 barriles el margen de error en 1 pulgada equivale a una pérdida de 80 barriles que son 3,360 galones, indicando claramente que la medición precisa es el primer requisito para una buena gestión de inventario, no obstante, es sólo uno de los muchos aspectos implicados en la medición de tanques.

La fiabilidad para evitar pérdidas de producto, el rendimiento para optimizar los movimientos de los productos y la seguridad para proteger en medio ambiente y el personal son igualmente importantes.

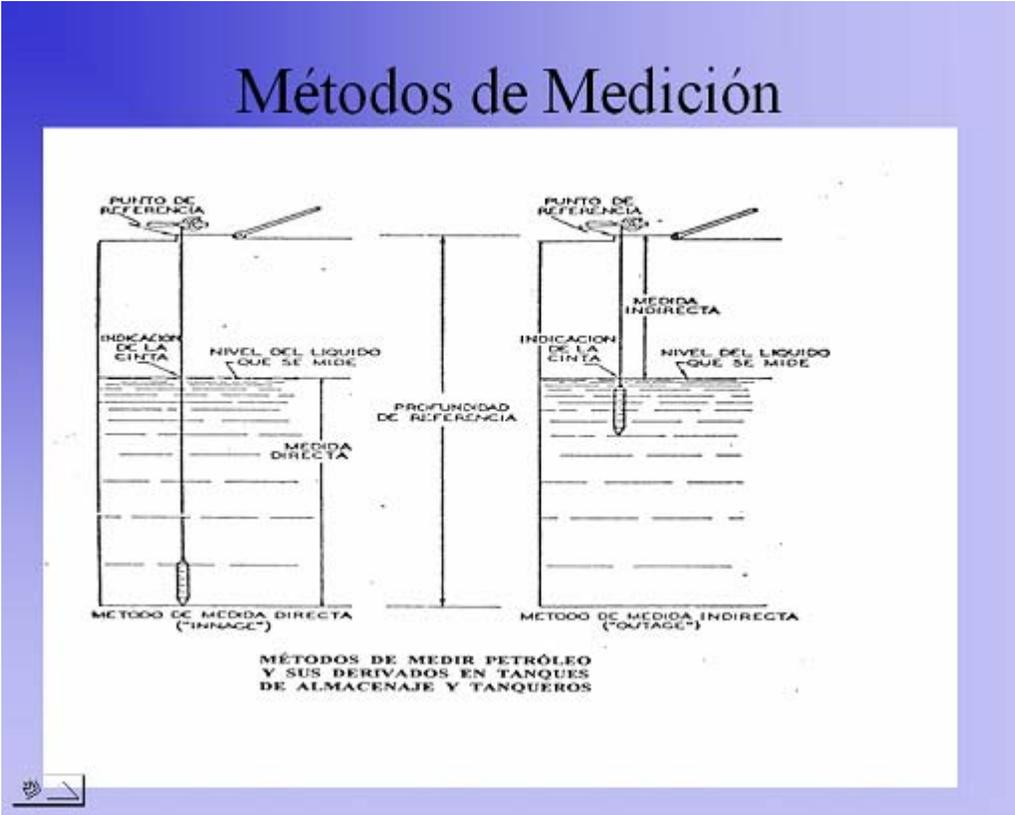
Los proveedores proporcionan una gama completa de productos y sistemas para una medición de tanque, una gestión de inventario y operaciones en la terminal de tanques más precisas.

Una conectividad abierta, la adaptabilidad, el diseño modular y las rutas de migración sólidas son palabras clave detrás de estas ofertas, permitiendo una utilización óptima de la capacidad de almacenamiento del tanque para optimizar las operaciones y aumentar los ingresos.

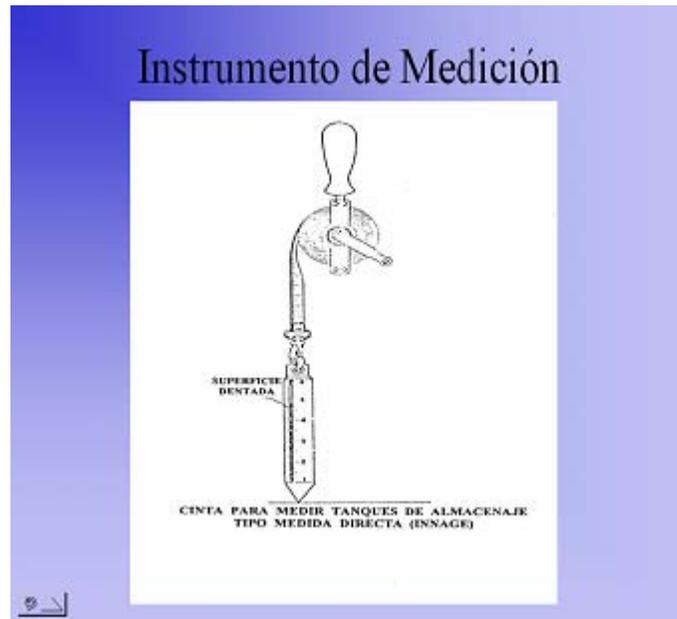
Los productos y los sistemas están homologados para la transferencia de custodia y cumplen con las principales normas internacionales, ASTM, API. Los párrafos siguientes se describen las técnicas individuales de mediciones de tanques que se utilizan actualmente en las plantas de almacenamiento, que hacen de sus operaciones de terminal de tanques más eficientes y fáciles de manejar.

En este documento daremos una introducción de las mediciones actuales y las más modernas, que son las más conocidas: medición manual, medición servo, medición por flote llamada (automática), medición por radar, medición hidrostática (HTG), y medición sistema híbrido (HIMS). Y combinando las ventajas de todos los sistemas, se describe se analiza la incertidumbre y los resultados se usan para una comparación concisa de tanques y los sistemas de medición, Ver figura 5 y 6.

**Fig. 5 Métodos de medición**



**Fig. 6 Instrumento de medición**



### **3.3 Errores en la instalación de medidores en tanques**

La cualidad de un instrumento de dar indicaciones próximas al valor verdadero del mensurando y que, por tanto, refleja la cercanía a cero de sus errores, se denomina exactitud del mismo. Los errores de los instrumentos de medición tienen dos componentes: Error sistemático y Error aleatorio.

Los **errores sistemáticos** son en general función de la magnitud medida y se deben tanto a errores determinados por la estructura del diseño del instrumento como a errores de fabricación de los mismos.

Los errores sistemáticos de un instrumento de medición se estiman durante el proceso de calibración del mismo (en los laboratorios de metrología estos se determinan aplicando por lo general un método de comparación entre las indicaciones del instrumento y la de un patrón) y se reflejan en el Certificado de Calibración. Puesto que estos errores en general cambian con el tiempo debido al desgaste y al envejecimiento de los elementos del instrumento, es necesario repetir este proceso de calibración cada cierto tiempo para actualizar el valor del estimado de los errores del instrumento.

Se denomina corrección al valor que debe sumarse algebraicamente al resultado sin corregir de una medición para compensar el error sistemático y es numéricamente igual a este error pero de signo contrario. En dependencia del nivel de exactitud requerida en la medición, esta corrección se realiza o no, lo cual es determinado por el usuario del instrumento.

Los **errores aleatorios** de los instrumentos de medición deben su aparición a variaciones aleatorias (casuales, fortuitas) de los parámetros de sus elementos bajo condiciones estables de funcionamiento. Esta componente del error del instrumento se denomina error de repetibilidad y es, en general, función del valor de la magnitud medida.

### **Accesorios del tanque**

En todos los sectores de la actividad técnica, económica y científica es necesaria la utilización de los más modernos instrumentos de medición para obtener resultados exactos y seguros, siendo estos a su vez, factores obligatorios para la obtención de una alta productividad.

Las mediciones de carácter práctico requieren hoy de una sensibilidad y exactitud sin precedentes para un amplísimo rango de propiedades de materiales o sistemas y de características de señales.

La disciplina científica que se dedica a las mediciones. La metrología abarca tanto los aspectos teóricos como los aspectos prácticos de las mediciones, sea cual fuere el nivel de exactitud, o el campo de la ciencia o de la tecnología en el que ocurren. La presencia de estos accesorios es una ventaja que permite obtener la mejor precisión posible cuando se escoge un instrumento. Es posible compensar vía software algunos de los efectos que provoca la inestabilidad de la instalación.

▪ **Temperatura**

El volumen del producto también depende de su temperatura porque en una medición, la temperatura mas exacta consigue una reducción considerable de la incertidumbre, que va asociada a la medición del volumen neto. Dado que los productos contenidos en los tanques de almacenamiento tienden a estratificarse y por eso la mejor que la mejor precisión se consigue midiendo la temperatura simultáneamente en distintos niveles, con termómetros multipunto.

Constituye un error instalar sondas puntuales de temperatura en productos que tiendan a estratificarse, a continuación se muestra la tabla No.2 que establece que tipo de productos se pueden aprovechar las ventajas que ofrecen los equipos medidores de nivel.

**Tabla 2. Adaptabilidad de las diferentes técnicas de medida.**

<b>Productos</b>	<b>Método manual</b>	<b>Servo</b>	<b>Radar</b>	<b>HTG</b>
Negros	-	+ / -	+	-
Blancos	+	+	+	+ / -

Asumiendo que el sistema HTG se utiliza para la medición de volumen (regularmente se utiliza para medir masa).

Los símbolos + y - indican en que medida deben emplearse los equipos para obtener un mejor aprovechamiento de las características de los mismos según el producto que se desee medir y los productos son: Productos negros: crudos, fuel-oil y asfaltos.

Productos blancos: Gas licuado del petróleo, naftas, gasolinas, queroseno, turbo-combustible y diesel.

Los agentes externos que actúan en el proceso de medición se pueden clasificar en dos grupos:

- Factores ambientales
- Presencia de señales o elementos parásitos

Tanto la magnitud a medir como la respuesta de los instrumentos de medición, dependen en mayor o menor grado de las condiciones ambientales en que el proceso se lleva a cabo. Como variables ambientales citaremos la temperatura, la humedad y la presión, La primera es sin duda la más significativa en la mayoría de los procesos de medición, incluyendo el inventario del petróleo y sus derivados.

Entre los elementos parásitos que generalmente se presentan al efectuarse una medición, se encuentran algunos que actúan de forma constante y otros que lo hacen de forma errática, perturbando las condiciones de equilibrio del sistema de medición y disminuyendo su exactitud. Por ejemplo, vibraciones mecánicas, corrientes de aire, variaciones del flujo eléctrico, señales de radiofrecuencia.

### 3.3.1 Medición manual

Las mediciones de tanques empezaron con las mediciones manuales, usando una cinta métrica graduada. Esta técnica todavía se usa mundialmente, y todavía es hoy la comprobación de las medidas en cualquier tanque de almacenamiento. La exactitud típica de una cinta para el traslado de custodia se especifican a menudo con exactitudes de como  $\pm 0.1$  mm. Y  $\pm 0.004$  en pulgada, para lo cual se toma en cuenta en la calibración inicial de las nuevas cintas, la exactitud depende de la re-calibración. Esta exactitud es dos veces la incertidumbre de una nueva cinta, la cinta no es sólo la causa de error, la mano al zambullirse es una tarea difícil pero particularmente con los vientos altos, el tiempo frío, durante la noche o cuando el equipo de protección especial tiene que ser usado. Adicionalmente, por lo tanto ocurren errores humanos, de por lo menos  $\pm 2$  mm ( $\pm 0.08$  pulgada), tiene que ser agregado a las lecturas de la cinta. La API de la Norma 2545, esta dedicada completamente al aforo del tanque manual.

El elemento principal para la medición manual es la cinta de medición, que consiste en una cinta de acero inoxidable, montada en una cámara metálica provista de un mango para su fácil manejo, y termina con una plomada de medición de bronce pesa alrededor de 650 gramos, esta le provee el peso necesario para que la cinta se tense en le fondo del tanque, y mantenerla en posición vertical, mientras se realiza la medición. Ver figura 7.

Otra desventaja de calibrar tanques manualmente es que no se permiten a menudo a los empleados, estar mucho tiempo en un tanque debido a las regulaciones de seguridad, resultando costoso el tiempo de espera y las mediciones las tiene que realizar las empresas certificadas.

**Fig. 7 Esquema medición manual**



### **3.3.2 Medición con flote. (Automático)**

El primer flotador y medidas de la cinta, llamada también "Automático", se introdujo alrededor de 1930. Estos instrumentos usan un grande y fuerte flote para obtener la fuerza suficiente con tendencia a la superficie.

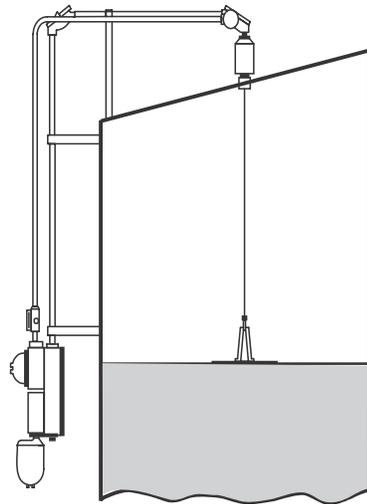
Inicialmente el flotador se conecta vía un cable a un peso de equilibrio, con una balanza e indicador a lo largo de la cascada del tanque que indica el nivel. Las más nuevas versiones tienen un flotador conectado, con una cinta perforada de acero, conectada a un motor de torque "constante". Las perforaciones le indican a una contadora mecánica simple que actúa como el indicador local. La exactitud típica de una medida mecánica es en el rango de 10 mm.

Debido a la fricción mecánica en las poleas, el motor de torque y el indicador da una fiabilidad muy pobre, la indicación remota esta medida por un transmisor electrónico acoplado al flote, sin embargo esto no mejorará la fiabilidad o exactitud de la medida mecánica, debido al movimiento súbito del líquido.

Una de las desventajas mayores con flotador manejado por los instrumentos es el movimiento súbito continuo debido a la turbulencia del líquido calibrado. Estos movimientos que pueden ser bastante violentos causan una aceleración continua y desaceleración del movimiento del mecanismo, produciendo el desgaste excesivo del indicador local del transmisor y otros dispositivos acoplados a la medida. Los movimientos invertidos y aceleraciones no pueden seguirse por el sistema indicado por el transmisor.

A menudo el mecanismo del indicador y árbol del transmisor se desgasta, produciendo lecturas erróneas de sincronización en el transmisor. Esto lleva a un mantenimiento considerable y falta de fiabilidad de la medida, en los estudios a nivel mundial y por fiabilidad no recomiendan usar esta técnica y no por mucho tiempo de uso, pero debido a su precio muy bajo, gran parte de las empresas lo siguen usando y están provistas de estos instrumentos, Ver figura 8.

**Fig. 8 Mediciones con flote (Automática)**



### **3.3.3 Medición con servo**

En la medición de tanques por servo se ha realizado una mejora considerable, al manejar el flotador por instrumentos. Estos se desarrollaron durante 1950. En esta medida, el flotador se reemplaza por un desplazador pequeño, suspendido por un alambre de la medición fuerte y flexible. En lugar de un motor, el servo mide usando un servo eléctrico, al aumentar el movimiento baja el desplazador. Un sistema ingenioso de peso detecta continuamente las medidas del peso y flotación del desplazador y mandos del sistema del servo. El motor también maneja un transmisor integral, la fricción mecánica en el sistema del servo en el transmisor local, donde el indicador y los interruptores de la alarma no tienen efecto alguno en la sensibilidad y la exactitud de la medida. También la

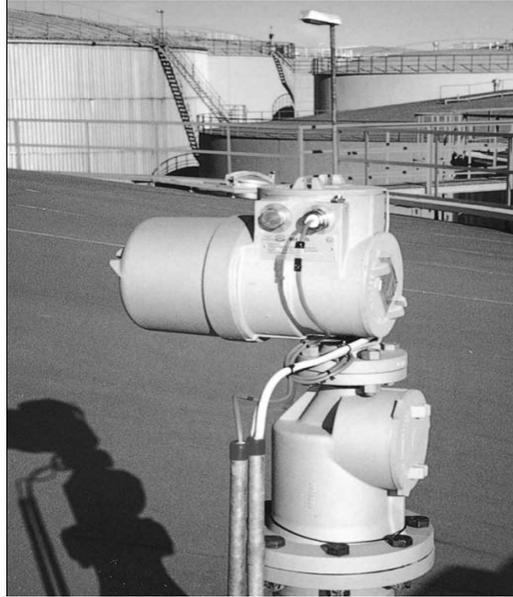
turbulencia no tiene efecto directo. Un integrador en el sistema de mando elimina los efectos de movimientos súbitos del producto. La medida no sólo produce una media medida nivelada bajo las condiciones turbulentas, pero también elimina los movimientos innecesarios reduciendo el desgaste, y así se aumenta la vida útil del medidor.

La medida del servo original dista mucho de la versión moderna. Los instrumentos han evolucionado favorablemente en los productos fiables, y está reemplazando gradualmente las medidas del flotador mecánicas, consumiendo menos el mantenimiento y mejorando los resultados del inventario.

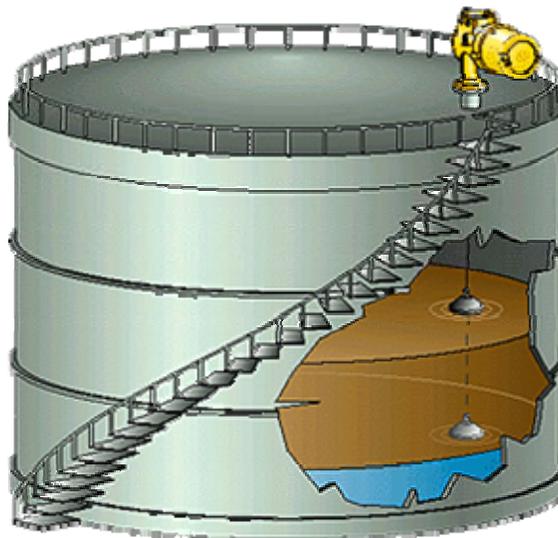
Las medidas del servo inteligentes modernas tienen, un mínimo de reemplazo de partes, produciendo así en términos una fiabilidad larga y exacta, estos también tienen un alto grado de procesamiento de datos. Los instrumentos no miden el nivel líquido meramente, pero son capaces de medir la interfaz de la densidad del producto. Ver figura 9 y 10.

Las alarmas programables son exactas en sus niveles normales con una buena exactitud de 1 mm. (1/16 pulg.) y encima de 40 m. (125 pies), la altitud del rango que se logre donde la exactitud es excepcional y fiable, han sido aceptadas la transmisión de las medidas, por el *Weights & Measures* y el *Customs & Excise*, que son las autoridades en muchos países.

**Fig. 9 Esquema medidor servo**



**Fig. 10 Esquema de medición con servo**



### 3.3.4 Medición con radar

El uso de radar para medir los niveles del producto en los tanques del almacenamiento es una de las más recientes técnicas. Las medidas de radar ya niveladas no tienen que reemplazar piezas y sólo se requiere de una antena en el tanque esto resulta en muy bajo costo de mantenimiento, aunque los costos de las inversiones son más altos cuando comparamos las mediciones, el costo de los medidores será considerablemente bajo. Los instrumentos de radar usan microondas, generalmente que van de los 10 GHz, a la hora de medir el nivel, el **RADAR** (detección y situación por radio) detecta y mide la distancia entre el medidor de nivel (situado en la parte superior de un tanque de almacenamiento de líquido) y la superficie del líquido.

En la actualidad existen varios sistemas de radar en el mercado que emplean diferentes parámetros para medir la distancia.

Los sistemas de radar de impulsos fueron los primeros sistemas disponibles en el mercado. Durante un corto espacio de tiempo (un impulso) se envía una frecuencia de radar constante hacia el objeto. Esta señal es reflejada por el obstáculo y llega de nuevo a la antena del radar. El tiempo necesario para viajar hacia el objeto y volver de nuevo se llama tiempo de propagación y es el parámetro para medir la distancia.

Debido mayormente a la rápida velocidad de propagación del radar (que es la velocidad de la luz en el vacío), los sistemas de radar de impulso comenzaron a abrirse camino en el campo de las mediciones de larga distancia. Tomando como ejemplo un tanque vacío de 15 metros, el tiempo de propagación será de unos 0.000,000,048 segundos. A la hora de llenar el tanque, este tiempo se reducirá aún más, haciendo de la medición de estos extremadamente cortos intervalos de tiempo una tarea complicada, especialmente si se requieren mediciones con 1 mm de precisión.

Ahora las mediciones por radar están disponibles para los tanques de almacenamiento que se encuentran en las terminales, las industrias químicas y las compañías del almacenamiento independientes. No es necesario mover piezas, es un equipo compacto que resulta con un bajo mantenimiento que lo hace muy atractivo. En el orden que se puede lograr bien una exactitud, diez veces mejor que en aplicaciones marinas, cuenta con un proceso digital y antenas específicas. Los instrumentos del radar más viejos estaban provistos con las antenas del cuerno parabólicas muy grandes, considerando que el radar moderno las medidas niveladas usan las técnicas de antena plana. Estas antenas son compactas y tienen una mejor eficacia, produciendo una exactitud excelente.

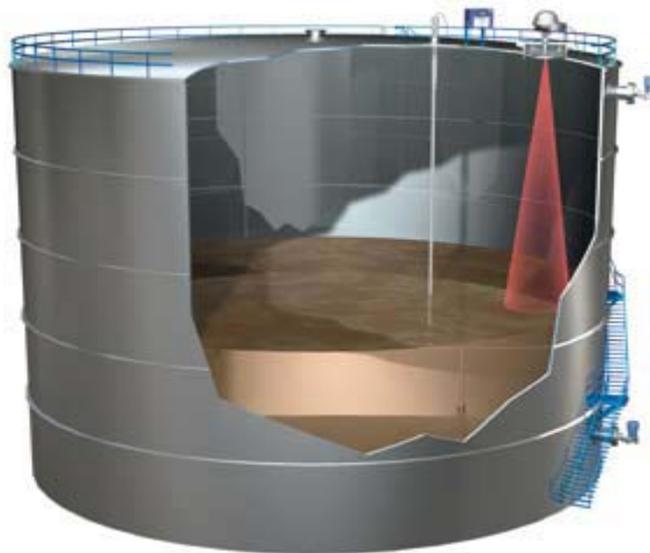
Varios tipos de antenas están disponibles para satisfacer virtualmente cada configuración de cualquier tanque ver figura 11 y 12.

- La propagación espacial libre es el método más común y de mas uso si la medida se instala encima de un tanque del techo fijo.
- En los tanques del techo flotantes, tiene un techo que flota directamente sobre el producto y por tanto elimina espacios de vapor sobre las superficie del liquido almacenado, los medidores se colocan en el techo por medio de unas guías en la carcasa del techo, están dan la señal del radar desde el fondo del tanque.

**Fig. 11 Esquema medidor por radar**



**Fig. 12 Esquema sistema de medición por radar**



### 3.3.5 Medición hidrostática. HTG

En un sistema hidrostático HTG (*Hydrostatic Tank Gauge*) se generan errores debido a realidades físicas, dificultades con los transmisores de presión, y datos incorrectos en las mediciones que desfigura la determinación de la densidad, elemento clave para convertir masa a volumen.

Dependiendo de las circunstancias que mas adelante repasaremos, la suma de estos errores puede tener, como consecuencia una indeterminación en el cálculo del nivel que sobrepase la centena de milímetros, lo cual significa que no siempre resulta factible aprovechar confiablemente los últimos centímetros de cada tanque controlado con un sistema hidrostático.

Además, el hecho de tener que colocar el segundo transmisor de presión por ejemplo, 2 m del fondo del tanque hace que por debajo de ese valor no se pueda medir la presión y, por ende el sistema no pueda calcular el nivel. Estas limitaciones físicas impiden el máximo aprovechamiento de la capacidad del tanque.

La exactitud del HTG la medida nivelada, aunque suficiente para la determinación del área equivalente, es 40 mm. a 60 mm. (1½ pulgada a 2 pulgada) y totalmente inaceptable para la custodia de transferencia o valoración del inventario. En muchas compañías se requiere de una medida nivelada especializada. Una desventaja de el sistema de HTG es que su medida de densidad sólo esta limitada en el fondo del tanque. Si el nivel líquido es sobre el transmisor de P2, el valor calculado de la medida se toma la de arriba. Sin embargo, si el nivel está bajo P2 la medida es diferente. En este caso cuando el nivel es sólo 1.5 m a 2.5 m (6 pies a 8 pies) sobre el fondo del tanque. Ver Fig.13.

En muchos tanques, la densidad en el fondo del tanque será diferente de la densidad a los niveles más altos. Esta densidad de la estratificación tiene un efecto que cubre parcialmente el producto variando los valores calculados para el nivel y volumen. Donde la medida nivelada de un HTG el sistema es muy inexacto.

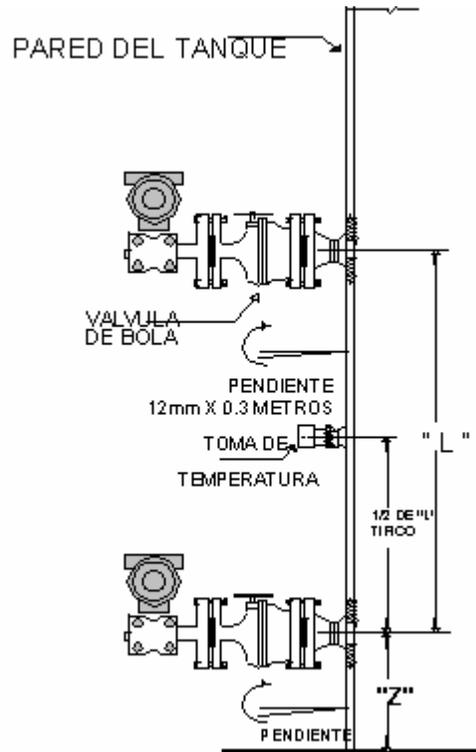
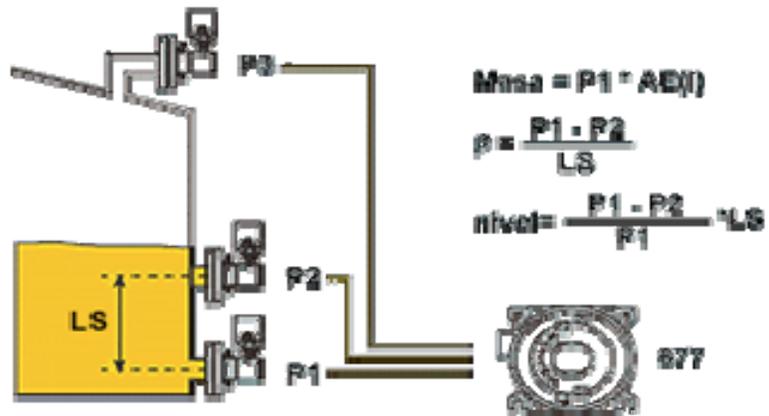
La tecnología HTG responde al concepto de medición de nivel basado en un sistema abierto y en el estándar para la medición de nivel en tanques editado por organismos de reconocido prestigio, tales como *American Petroleum Institute, (API), o la International Standards Organization (ISO).*

Los sistemas HTG están basados en la medida de nivel mediante transmisores de presión hidrostática, siendo éste el sistema más preciso, fiable y reconocido para la medición de nivel en tanques ver figura 13.

**Tabla No.3 Componentes del sistema HTG**

El sistema HTG típicamente incluye
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uno o más transmisores de presión de altas prestaciones, en función de las variables que se requieran, y de las características del tanque.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un transmisor de temperatura</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unidad de interfase</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistema de monitorización y configuración del sistema, ubicado en sala de control</li> </ul>

Fig. 13 Esquema de medición hidrostática. (HTG)



### 3.3.6 Medición con sistema híbrido. (HIMS)

Esquema del sistema HIMS con servo para que un despacho pueda hacerse indistintamente por masa o por volumen generalmente ambas unidades de medición deben estar certificadas para esa planta, y disponibles en el momento del despacho.

Esta necesidad dio origen al desarrollo de sistemas híbridos, o HIMS (*Hybrid Inventory Measurement System*). Dotados de lo mejor de ambos mundos. medidores servo o radar y transmisores de presión, este sistema completo consiste en un medidor de nivel situado en la parte superior del tanque y un transmisor digital de presión hidrostática preciso, cerca del fondo del tanque logrando la máxima exactitud, proporcionando una información completa sobre el inventario del líquido, claro que esto implica un costo algo mayor.

El sistema HIMS con radar el costo al inicio es mayor, bien entendido es un costo que se va a ir amortizando en base a las economías operativas que se puedan realizar, en cada tanque, al aprovechar su capacidad hasta el último milímetro tener un costo exacto esto significa, poder facturar sin entregar de mas todos los días, saber si tiene pérdidas por filtración y cuánto le están costando.

La amortización de este mayor costo depende de cada tanque y solo puede desprenderse de un cálculo individual.

En operaciones de custodia de transferencia internacionales casi siempre se requiere que la facturación se haga en metros cúbicos a 15 grados centígrados. Como consecuencia se necesitan siempre datos confiables para hacer la conversión. Hoy esta confiabilidad se obtiene de las distintas tecnologías en distintos grados que pasaremos a examinar.

Para aprovechar la capacidad de almacenamiento de una planta en su totalidad, la capacidad de cada tanque hasta el último milímetro, debe ser utilizable comercialmente.

Esto resulta posible con un sistema servo o radar pues pueden activar una alarma o apagar una bomba en un milímetro antes del desborde ver figura 14 y 15.

Destacamos sin embargo, que el medidor servo-operado no es apto para productos que contaminan el cable de medición, el tambor de medición o el desplazador. Para medición por servo el producto no debe cristalizar o depositar residuos pegajosos, o ser demasiado viscoso.

En cambio se destacan verdaderamente sus ventajas en tanques presurizados refrigerados o criogénicos, los productos volátiles blancos que son más difíciles de medir por un radar debido a que sus vapores distorsionan la propagación del micro-onda utilizado.

Fig. 14 Esquema de sistema HIMS con servo

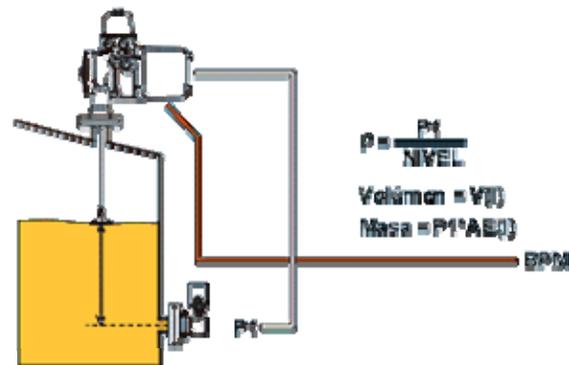
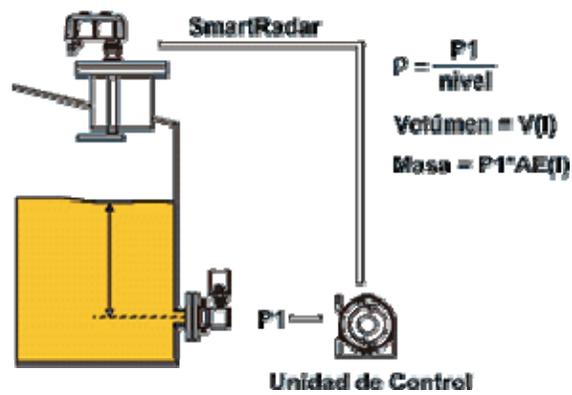


Fig. 15 Esquema de sistema HIMS con radar





## **IV. Investigación propuesta**

### **4.1 Información disponible**

El sistema propuesto va más allá de la medición de nivel tradicional. Las variables calculadas por el sistema tradicional, pueden ser utilizadas para propósitos de operación, tales como monitorización de transferencia de productos y gestión de alarmas, con objeto de detectar reboses o fugas en tanques, así como permite evitar posibles contaminaciones accidentales, a partir de los reportes generados de las mediciones iniciales y finales, a través de los últimos movimientos nos vemos en la necesidad de llevar los controles de inventarios, para tenerlos al día estos datos del inventario se emplean en funciones contables y fiscales, y como entradas para cálculos de control de pérdidas.

Las comprobaciones del inventario tienden a ser cada vez más precisas, por una parte por ser un medio para optimizar el uso de los activos corporativos, y por otra parte como resultado del endurecimiento de los requisitos de las autoridades fiscales.

La sustitución de los medidores de tanques imprecisos mejora la precisión de las mediciones tanto de nivel como de temperatura. En una planta, la reducción de incertidumbre en la gestión del inventario puede corresponder a miles de barriles, con un valor de cientos de miles de dólares anuales.

. Las deformaciones del tanque (basadas en la temperatura ambiente y el contenido de producto en su interior), la densidad del aire y otra serie de compensaciones, son tomadas en cuenta para obtener la máxima precisión y fiabilidad del sistema.

Contando con la información recopilada disponible de los diferentes métodos mencionados y las diferentes técnicas, esta información proporcionada

por las empresas almacenadoras, y por las empresas certificadas, podemos anticipar que la competitividad en el almacenamiento y transferencia de productos en el sector petroquímico (*OM&S – Oil Movement & Storage*) a evolucionado hacia sistemas que proporcionan mayor valor añadido, incluyendo producción, transporte y terminales de distribución. Es en este entorno competitivo donde las tecnologías pueden proporcionar numerosas ventajas, más allá de la simple medición de nivel, estando especialmente enfocados a solventar los problemas que puedan surgir en la gestión de inventarios dentro de cada uno de estos campos.

## **4.2 Metodología**

Se utilizará el método de sistematización, por lo tanto, para el análisis y utilización de nuevos métodos y técnicas, en la creación de los procedimientos correctos de inspección y mediciones que buscan mejorar la condición de operación en los tanques de almacenamiento, los métodos a utilizar serán:

- La reflexión sobre experiencias de compañeros de trabajo y propias, en cuanto a las tareas de mediciones en tanques de almacenamiento.
- Se reflexionara sobre diferentes situaciones ocurridas en varias actividades, pero principalmente enfocándose en el caso particular de mediciones que es objeto de estudio en este proceso de sistematización.
- Investigación bibliográfica.

Para la recolección de la información necesaria se consultaran medios escritos como:

- a. Manuales de tanques y mediciones.

- b. Libros de texto relacionados con mediciones de tanques y operaciones.
  - c. Publicaciones alusivas al tema
  - d. Trabajos de investigación
- **Análisis de situaciones y procedimientos**  
Se analizarán formas de trabajo y sus necesidades para implementar criterios que nos lleven un proceso uniforme de mediciones (inspección y cálculo) a implantar y que se adapte a la situación analizada.
  - **Interpretación**  
Como resultado de la sistematización, se buscará demostrar la cantidad de beneficios que se consiguen con la aplicación de un buen método y técnica, en mediciones y se propondrán lineamientos o recomendaciones a tener cuenta durante los procesos de inspección y en los tanques de mediciones.

### **4.3 Resultados de comparaciones entre los sistemas**

El desarrollo de la tecnología de medición por principios ultrasónicos, comúnmente llamados "radar" ha permitido alcanzar precisiones muy altas en la medición de nivel de líquidos, aun en presencia de vapores de estos, como es el caso generalizado de los hidrocarburos. Por ello algunas compañías productoras de instrumentos en el mundo han lanzado al mercado distintos modelos de instrumentos basados en tales principios para la medición de nivel, con magníficos resultados.

La medición en tanques con combustibles tiene que verse desde dos ópticas algo distintas según el tratamiento que esos combustibles tendrán, las normativas internacionales califican estos aspectos como:

- **Inventario (Determinación de volumen, masa y nivel) en tanques.**

- Transferencia (Determinación de volumen, masa y nivel) para recepción y entrega de productos.

Tanto en uno como en otro caso es obvia la necesidad de conocer la densidad y la temperatura a que ambas operaciones se realizan. El sistema de inventario en grandes parques de tanques, requiere la determinación del nivel y volumen con la mayor precisión posible, pues tiene un incuestionable valor económico, ya que permite optimizar las capacidades disponibles instaladas.

En el caso de la transferencia de productos lo de mayor importancia es obtener la mayor precisión posible en el cálculo de masa, pues las transacciones comerciales se realizan en unidades de peso.

Por todo lo antes expuesto es que aparecen en el mercado los llamados sistemas de medición híbridos que es la combinación de un sistema HTG con adición de un elemento de corrección del nivel obtenido por transmisores de presión hidrostática, utilizando dispositivos de medición tipo "radar".

La Tabla No.4 muestra una comparación real llevada a cabo en las instalaciones de la compañía *Exxon en Bayonne* en 1990.

**Tabla No.4 Comparación de error en el sistema HTG vs. HIMS**

<b>A. SISTEMA DE INVENTARIO</b>						
<b>INVENTARIO</b>	<b>20 m</b>		<b>10 m</b>		<b>2 m</b>	
	<b>VBS</b>	<b>MASA</b>	<b>VBS</b>	<b>MASA</b>	<b>VBS</b>	<b>MASA</b>
<b>HTG %</b>	0,43	0,04	0,41	0,08	0,34	0,40
<b>HIMS %</b>	0,06	0,04	0,07	0,08	0,08	0,40

<b>B. SISTEMA DE TRANSFERENCIA</b>						
<b>INVENTARIO</b>	<b>20 m</b>		<b>10 m</b>		<b>2 m</b>	
	<b>VBS</b>	<b>MASA</b>	<b>VBS</b>	<b>MASA</b>	<b>VBS</b>	<b>MASA</b>
<b>HTG %</b>	3,09	0,28	0,61	0,28	0,47	0,03
<b>HIMS %</b>	0,30	0,28	0,10	0,28	0,04	0,03

Aquí puede apreciarse que los % de error entre el sistema HTG vs. sistema Híbrido son significativos en la determinación del volumen bruto, mientras que la determinación de masa presenta los mismos resultados con ambos sistemas, tanto en inventarios como en transferencia.

La selección de uno u otro sistema estará basada en criterios de operaciones, manipulación, despacho, y sobre todo en criterios económicos de tasas de recuperación de las inversiones, teniendo en cuenta los costos de inversión en cada caso.

Es redundante aclarar que los sistemas de medición de nivel por medios ultrasónicos, capacitivos o cualquier otro, solo pueden medir nivel y a partir de ello, calcular volumen, pero no logran determinación de masa, para ello es imprescindible la medición de la densidad.

Habiendo analizado los cuatro métodos de requerimientos, en las plantas de almacenamiento de combustibles, debido a las necesidades planteadas para nuestro caso en especial de sistematización, los métodos adecuados son: el método de control de inventarios, el método de custodia transferencia y facturación, porque en las plantas de almacenamiento por lo regular se almacenan gasolina regular, superior, diesel y se cuentan con diferentes tanques que pueden ser de 40mil barriles, 60mil barriles y 80mil barriles. Lógicamente siempre se han hecho conversiones de volumen a masa y viceversa, utilizando la temperatura y/o la densidad del producto como factores, se dispone de tanques que han sido calibrados por empresas calificadas, por lo que se utiliza un factor de corrección a la hora de hacer los cálculos.

Desde los inicios de la industria del petróleo se han empleado las mediciones manuales para corroborar los resultados por una empresa certificada con reportes en las mediciones iniciales y mediciones finales pero los descuidos, y los errores, tanto en las mediciones, como en las conversiones, han provocado pérdidas en muchas operaciones y ganancias en otras.

#### **4.3.1 Matriz de incertidumbre**

La incertidumbre total en el inventario en tanques depende de la incertidumbre de la medida de los instrumentos instalados, de la capacidad del tanque (TCT) y de la instalación.

Los instrumentos utilizados en el control de inventario miden el nivel de líquido en el tanque. Los transmisores de presión miden la presión hidrostática de

la columna de líquido. Ambas, nivel y presión, son funciones primarias para el cálculo de volumen y masa respectivamente. Los sistemas híbridos, tales como el HIMS, utilizan ambas entradas de mediciones en un sistema, donde las conversiones de volumen a masa o viceversa se realizan usando la densidad y la temperatura como factores en el cálculo de resultados. La entrada de densidad puede ser obtenida de una fuente exterior como un laboratorio o puede ser medida en el tanque usando transmisores de presión o el sistema servo, el ingreso de temperatura es obtenida desde un sistema de medición de temperatura en el tanque por un termómetro de multipunto.

La matriz de incertidumbre detallada a continuación compara las ventajas de cada tecnología. Puede ser llenada, una para cada tanque, con valores absolutos o porcentajes. Para las actividades que vimos recién aparecerían, a primera vista, como adecuadas las siguientes tecnologías:

**Tabla No.5 Reducción de la Incertidumbre en la transferencia de lotes**

Promedio de Volumen de transferencia de lotes	1500 mts. <sup>3</sup>
Reducción del volumen incierto por transferencia	28mts. <sup>3</sup> /por transferencia
Números de transferencia por año	15
Reducción del volumen de transferencia incierto al año.	420 m <sup>3</sup> /año
Valor de la Reducción de incertidumbre de transferencia por año para este tanque. \$.88.00 costo.	\$. 37,000.00

**Tabla No. 6 Reducción de incertidumbre en el inventario**

Reducción del volumen incierto en un tanque lleno	32 mts. <sup>3</sup>
Números de Inventario por año	12
Reducción de Volumen de Inventario Incierto al año	384 mts. <sup>3</sup> /año
Valor de la Reducción de la incertidumbre de inventario por año	\$ 38,000.00
Costo valor de reducción \$ 98.95	

**Tabla No.7 Reducción de incertidumbre**

Altura de tanque	22 mts.
Diámetro del tanque	52 mts.
Volumen del tanque	46722 mts. <sup>3</sup>
Producto	Gasolina super
Precio del Producto	\$.55/ barril
Aumento de la Precisión del Nivel instalado	0.2 in
Aumento de la Precisión de la Temperatura	0.6°C/ 1°F

**Tabla 8. Movimientos y operaciones**

<b>MOVIMIENTOS Y OPERACIONES</b>	<b>Técnica que puede ser utilizada</b>
Medición para control de inventarios	Servo, Radar, HTG
Medición para control de custodia y transferencia.	Servo, Radar, HIMS
Medición para control de pérdidas por filtraciones y conciliación.	HIMS

Si bien los sistemas híbridos, al combinar masa y volumen mejoran la confiabilidad y reducen las incertidumbres del balance general, en algunos casos pueden resultar innecesariamente exactos e innecesario su mayor costo.

**Tabla 9. Porcentaje de incertidumbre**

<b>INCERTIDUMBRES</b>				
Tipo de referencia	a 10 metros (inventario)			
	o 2 metros (batch transferencia 4-2 m)			
	SERVO	RADAR	HTG	HIMS
Nivel	+/- 1 mm	+/- 1 mm	+/- 10/100+ mm	+/- 1 mm
Volumen - GSV*				
Inventario	0,06%	0,06%	0,43%	0,06%
Batch de Transferencia	0,04%	0,04%	0,47%	0,04%
Masa				
Inventario	0,12%	0,12%	0,04%	0,04%
Batch de Transferencia	0,11%	0,11%	0,03%	0,03%
Densidad	0,1% 5 kg/m <sup>3</sup>		0,46%	0,08%

\*GSV Gross Standard Volumen

Cualquiera sea la tecnología que se elija para un tanque, ella necesitará ser compatible con los requerimientos de los demás tanques.

### **4.3.2 Otras prestaciones de los sistemas de medición**

Los sistemas de medición nacieron de la necesidad de sustituir la inexactitud y subjetividad del cuaderno y la varilla con datos confiables. Los métodos elegidos permitieron desarrollar prestaciones laterales, algunas de las cuales, si bien pueden parecer triviales al observador superficial en cambio ofrecen funciones específicas cuyo verdadero valor se comprende sólo cuando se les utiliza.

Alarmas de sobrellenado

Verificación, chequeo remoto y mantenimiento

Caída de rayos

### **4.3.3 Alarmas de sobrellenado**

Alarmas de sobrellenado ya son hoy un requisito esencial para la mayoría de los tanques. Originalmente se usaron alarmas independientes cuya respuesta es, en el mejor de los casos, siempre dudosa. Su testeo periódico es complicado y en la práctica es a menudo imposible de hacer. Los sistemas de medición más sofisticados que disponemos hoy en cambio utilizan un microprocesador que puede estar siempre atento a los puntos de alarma. Su localización se está monitoreando en forma continua y su comunicación direccional provee un completo y constante test de integridad.

La facilidad de testeo remoto hace además que este tipo de alarma de nivel sea aún mas atractivo para la función primordial de aprovechar hasta el último milímetro la capacidad de los tanques sin arriesgar derrames.

Las alarmas en los medidores de nivel del tipo servo o radar tienen una precisión de 1 mm, y representan, hoy, las tecnologías mas exactas para controlar rebalses mediante alarmas. Un medidor servo incluso tiene para ello una función

especial. La función de aviso de alarma puede ser configurada por programación o realizarse mediante contactos secos de relé en el medidor mismo. Para aplicaciones muy críticas es posible incluso aumentar el número de contactos.

Los medidores hidrostáticos HTG por si solos no pueden dar una protección tan confiable y precisa contra sobrellenado. Su exactitud en el cómputo de nivel es variable y tiende a subestimar el nivel del producto frente a cualquier forma de estratificación por densidad, los HTG miden masa pero los tanques se desbordan por nivel.

Una característica poco conocida de algunos transmisores de presión es la conveniencia, para no perjudicar su exactitud de instalar siempre en un mismo tanque dos transmisores acoplados en fábrica. Este requerimiento es difícil de respetar cuando se reemplaza un transmisor en el campo.

## **Temperatura**

La medición de temperatura puntual, promedio y de la fase gaseosa puede ser combinada con todas las técnicas de medición existentes y es particularmente así. La importancia de una exacta medición de temperatura para realizar el cálculo del volumen está suficientemente difundida.

#### **4.3.4 Verificación, chequeo remoto y mantenimiento**

Cuando se mide nivel en un tanque no presurizado, la medición puede verificarse fácilmente contrastando con cinta y pilón.

Un chequeo remoto de repetitividad, y de verificación del valor indicado, permite confirmar que un sistema está midiendo bien.

Todos los medidores servo de última generación están equipados con esta función de testeo, ideal para chequear la histéresis del medidor. Un servo también puede chequear la referencia superior del medidor elevando el desplazador hasta que se topa con un punto, en la cámara de medición, previamente definido. Este test de calibración es repetible dentro de 1 mm.

El HTG aún no dispone de esta función es, conocido que, con el tiempo en sus transmisores se van produciendo corrimientos del cero, pero su magnitud no se puede determinar. La lectura provista debe ser aceptada dado que la única posibilidad de chequeo reside en el resteo del medidor.

Habiéndose instalado con esclusas para corte y purga, este se soluciona mediante un mantenimiento preventivo frecuente que debería involucrar también la limpieza prolija de la zona adyacente para eliminar sedimentos que obstruyen los sensores. El éxito de un sistema HTG depende de un mantenimiento constante, prolijo y responsable. En la rutina del trajín diario, en tanques exteriores, una rutina asidua y meticulosa no es fácil de lograr y tiene un costo que se va sumando todos los meses.

Mientras tanto la lectura puede estar afectada y el sensor vuelto a obstruirse lamentablemente no hay manera de desterrar las dudas en la exactitud de los resultados. Si se requiere elevada exactitud en nivel y volumen un sistema HTG realmente no puede ser considerado la mejor opción.

Los medidores servo proveen tanto la posibilidad de chequeo remoto de la repetitividad como también chequeo de la referencia superior.

La verificación de densidad, que puede hacer automáticamente el HIMS requiere de toma de muestras con verificación de laboratorio en el HTG.

#### **4.3.5 Sistemas tipos de productos**

Ya hemos repasado aplicaciones en donde se logran los mejores resultados con radares, otras con un sistema servo, otras con HIMS. Pero no son los de costo inicial mas bajo.

En cambio el HTG es el sistema más tentador por su bajo costo inicial, pero no siempre es posible utilizarlo.

Aparte de los factores que contribuyen a la incertidumbre de su medición, algunos productos directamente son incompatibles porque producen cristales o sedimentos duros que afectan la lectura de las membranas, dentro de los transmisores de presión, muy rápidamente.

HIMS con radares presenta también dificultades ya que los productos deben ser calefaccionados y la conexión al transmisor de presión, como se ha mencionado, tiene tendencia a obstruirse.

EL crudo se mide preferiblemente mediante servo o radar ya que la frecuente presencia de agua, sedimentos, barros y grumos realmente trae demasiados problemas con HTG.

El uso del HIMS en cambio si puede ser considerado, dado que el nivel se mantiene exacto independientemente de la aplicación del transmisor de presión. HIMS incluso puede advertir sobre un exceso de agua.

**Tabla 10. Especificación para sistemas, HTG. SERVO. RADAR. HIMS**

Especificaciones para Sistema HTG, SERVO, RADAR,HIMS.	Aplicaciones
<p><b><u>CÁLCULOS CONFORME A:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO-11223-1</li> <li>• OIML-Boletín 9</li> <li>• API-2540</li> </ul> <p><b><u>MEDIDA DE:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MASA</li> <li>• VOLUMEN</li> <li>• DENSIDAD</li> <li>• NIVEL</li> <li>• TEMPERATURA</li> </ul> <p><b><u>PRECISIÓN DE REFERENCIA:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• INVENTARIO: 0,06 %</li> <li>• TRANSFERENCIAS: 0,02%</li> </ul> <p><b><u>APLICADO A:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TANQUES ATMOSFERICOS</li> <li>• PRODUCTOS PETROLÍFEROS</li> </ul> <p><b><u>CLASIFICACIÓN:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eléctrica: CENELEC EEx d IIB</li> <li>• Ambiental: IP65</li> </ul>	<p><b><u>APLICACIONES</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CONTROL DE INVENTARIOS</li> <li>• TRANSFERENCIAS DE PRODUCTOS</li> <li>• TERMINALES DE CARGA</li> <li>• CARGA/DESCARGA DE BUQUES</li> <li>• CONTROL DE ENTRADA DE MATERIAS PRIMAS</li> </ul> <p><b><u>COMPAÑÍAS QUE UTILIZAN SISTEMA HTG, RADAR.</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puma Energy, S.A.</li> <li>• Shell Guatemala</li> </ul>

#### 4.3.6 Caída de rayos

Desde que instaló el primer sistema poco después de la II guerra, ha instrumentado las grandes playas de tanques, donde las distancias se miden en Km. cuando las tormentas vienen, y los rayos caen, muchas instalaciones sufren.

El problema menor puede ser el quemado de fusibles y de barreras de aislamiento galvánica que se emplean en las terminales de tanques, han adoptado un sistema de concentración de rayos a pié de tanque que permite conectar tanques alejados centenares de metros tan protegidos que es inusual que sufran daños durante las mas violentas tormentas eléctricas.

#### 4.4 Discusión de resultados

Todas las técnicas de medición son aptas para algunas aplicaciones. La exactitud y la ausencia de mantenimiento son directamente proporcionales al costo de la compra inicial:

Es el valor atribuido a la magnitud medida en el proceso de medición. Este valor puede ser sencillamente la indicación de un instrumento de medición, como ocurre frecuentemente en mediciones industriales y comerciales, puede también valorarse a partir de un conjunto de observaciones realizadas a la magnitud sujeta a medición, bajo las mismas condiciones y puede haber sido corregido o no por efectos sistemáticos, que influyen de forma significativa en el valor obtenido.

Se define exactitud de la medición, como la cualidad que refleja la cercanía entre el resultado de la medición y el valor verdadero de la magnitud medida.

La exactitud de una medición por tanto debe ser sólo la necesaria de acuerdo a los fines a los que está destinado el resultado de la medición.

El valor verdadero de una magnitud específica es aquel que caracteriza idealmente a la misma, o sea, será aquel que resultaría de una medición "perfecta". Por tanto, nunca será posible conocer el valor verdadero porque no es posible realizar una medición perfecta.

En general todo procedimiento de medición tiene imperfecciones que dan lugar a un error en el resultado de la medición, lo que provoca que éste sea sólo una aproximación o estimado del valor del mensurando.

#### **4.4.1 Medidores HTG**

Las técnicas más sencillas como el HTG tienen un costo inicial menor, una exactitud menor y necesitan atención frecuente.

HTG, si está respaldado con un confiable servicio de mantenimiento, es el preferido cuando la masa es realmente la unidad de medida de intercambio, tanto para inventario como para movimientos en custodia y transferencia facturados por peso. Pero no le pidamos mucha exactitud en nivel y volumen.

#### **4.4.2 Medidores servo**

Los medidores Servo han sido perfeccionados considerablemente en los últimos años, casi no necesitan mantenimiento y proveen operación continua sin problemas cuando son instalados, correctamente, en aplicaciones aptas.

La cantidad de medidores servo instalados en las distintas plantas según se desprende de nuestro listado de referencias, le permitirá obtener opiniones válidas respecto a su inusualmente prolongado servicio sin fallas, a sus mínimos requerimientos en materia de mantenimiento y a la asistencia técnica y el plan de mantenimiento, en muchos casos con mas de 20 años de antigüedad. Esta es una buena referencia de permanencia en condiciones de operación, mientras que las técnicas mas sofisticadas como la del Servo tienen un costo inicial mayor, pero su exactitud es superior, operan durante años casi sin atención y su exactitud incluso puede ser verificada remotamente.

#### **4.4.3 Medidores con radar**

La medición por radar libre de mantenimiento proporciona datos fiables, exactos y continuos sobre el contenido del tanque y las operaciones en curso. El cambio radar se rentabiliza rápidamente gracias a la reducción en el mantenimiento y en los gastos de explotación de su parque de tanques, y abre nuevas posibilidades de aumentar los beneficios al mejorar el rendimiento de la planta.

Ya no estará expuesto a costosas interrupciones de funcionamiento, ni a los daños o reparaciones resultantes. El incremento de la fiabilidad y la reducción del trabajo de mantenimiento, junto a la función de alarma de rebosamiento homologada TOV, aumentan también la seguridad, tanto para los empleados como para el medioambiente.

#### **4.4.4 Técnica Mixta HIMS**

Cada técnica tiene sus ventajas y desventajas. La posibilidad de una instalación mixta que pueda utilizar servos, radares, HIMS o HTG según los requerimientos operativos de cada tanque provee óptima flexibilidad, utiliza de la mejor manera las fortalezas de cada técnica de medición, permitiría aprovechar la capacidad de los tanques con gran movimiento hasta su último milímetro y tener exacto conocimiento de posibles pérdidas por filtraciones en los tanques bajo sospecha.

El día de mañana, si se cambia el empleo de un tanque, es bueno poder cambiar su tecnología de medición.

Si las necesidades de hoy pueden satisfacerse al menor costo instrumentando sus tanques con medidores servo y vainas termométricas multipunto, mas adelante podría convertir aquellos que necesitan más exactitud en la medición de masa a HIMS. Esta conversión tiene un costo de unos \$6,000.00

a \$. 7,000.00 y no implica desperdicio alguno ya que ningún instrumento es descartado.

Esta podría ser la alternativa que brinda más prestaciones por el menor costo y comprende una inversión progresiva.

La misma opción pero al revés, o sea instalando un sistema HTG ahora, y convirtiendo a HIMS mas adelante mediante el agregado de servos es también factible, pero una vez instalados los servos sobrarían, en cada tanque, de 2 a 4 *Hot Taps*, y quizá se tenga que descartar los transmisores de presión (con sus calefactores si se instalaron), mas el sensor de temperatura puntual y la sonda para medición de interfaz agua/producto, y quedarían redundantes los eventuales detectores de sobrellenado. El costo final, en materiales y mano de obra, para instalar tecnología HIMS por esta vía sería mayor que si se instala desde un principio o partiendo de una instalación servo.

#### **4.4.5 Software de medición y control**

La amplia gama de tecnologías que hoy están disponibles, es generalmente más complementaria que excluyente porque se pueden emplear distintas tecnologías en distintos tanques según sean sus características y requerimientos de servicio siempre que sus señales sean compatibles.

La mas reciente versión del software que desde hace 20 años se está utilizando en las mas grandes playas de tanques del mundo. Algunas de las cuales son verdaderamente gigantescas, e incluye todas las mejoras que usuarios de todo el mundo se han solicitado, en un entorno gráfico amistoso que corre bajo Windows con todos los adelantos que Windows permite.

Es un paquete que está en permanente perfeccionamiento por un dedicado equipo programadores, cuya única tarea es incorporar sistemáticamente todos los pedidos de mejoras, enviadas a ellos desde todo el mundo, por los operadores de plantas de almacenamiento y despacho que reciben, almacenan, movilizan y entregan inverosímiles volúmenes todos los días.

A este sistema de software se le podrá agregar, el día de mañana, servos, radares, transmisores de presión, sensores de temperatura y sensores de interfaz como para poder obtener de cada tanque las nuevas prestaciones que necesita, a este sistema se le puede cambiar de tecnología en un instante: sólo tiene que indicarle cuál tecnología desea utilizar en cuál tanque y, a partir de allí ya está funcionando en esa tecnología. Si se desea convertir un tanque medido con servo a un sistema HIMS basta instalar un transmisor de presión y luego indicarle que a partir de hoy trabaje en HIMS.

Si bien todo software esta permanente perfeccionado para incorporar todas las mejoras, estos programas han sido mejorados en base a los datos proporcionados por los operadores de las plantas de hidrocarburos. Ahora están operando desde hace mas de 20 años en centenares de instalaciones, muchas de

ellas gigantescas, que no pueden tolerar fallas ni demoras y son los mejores soportes en sistemas de medición e inventario para playas de grandes tanques del mundo.

#### 4.4.6 Estimación económica al implementar un sistema de medición

La estimación económica para implementar un sistema de medición, esta basado en los análisis de costos, en base a especificaciones de los equipos de una planta de diez tanques en ZOLIC.

Costo por cada tanque en operación en servicio de transferencia.

**Tabla No. 11 Estimación Económica**

<b>TIPO DE SERVICIO EN MEDIDORES RADAR POR CADA TANQUE.</b>	<b>Costo de servicios mantenimiento en planta. \$</b>
No requiere mantenimiento, re calibración ahorro en costos de mano de obra, recambios y tiempos inactivos.	<b>\$. 1,486.48</b>
Sin tiempos inactivos no planificados, por mal funcionamiento del medidor.	<b>\$. 205.00</b>
Aumento del rendimiento de la planta y mejor uso del tanque	<b>\$. 675.00</b>
Mayor seguridad sin rebalses, causados por mal funcionamiento del medidor.	<b>\$. 337.00</b>
Mejor control de perdidas	<b>\$. 275.00</b>
Mejor detección de fugas	<b>\$. 138.00</b>
<b>Ahorro estimado al año p/ cada tanque TOTAL</b>	<b>\$. 3, 116.48</b>

### **COSTO AL AÑO POR LOS DIEZ TANQUES DE LA PLANTA**

Planta de 10 tanques \$ 3,116.48 = \$ **31,164.80**

### **COSTOS DEL EQUIPO EN UN SISTEMA DE MEDIDORES:**

**Tabla No. 12 Resumen de costos**

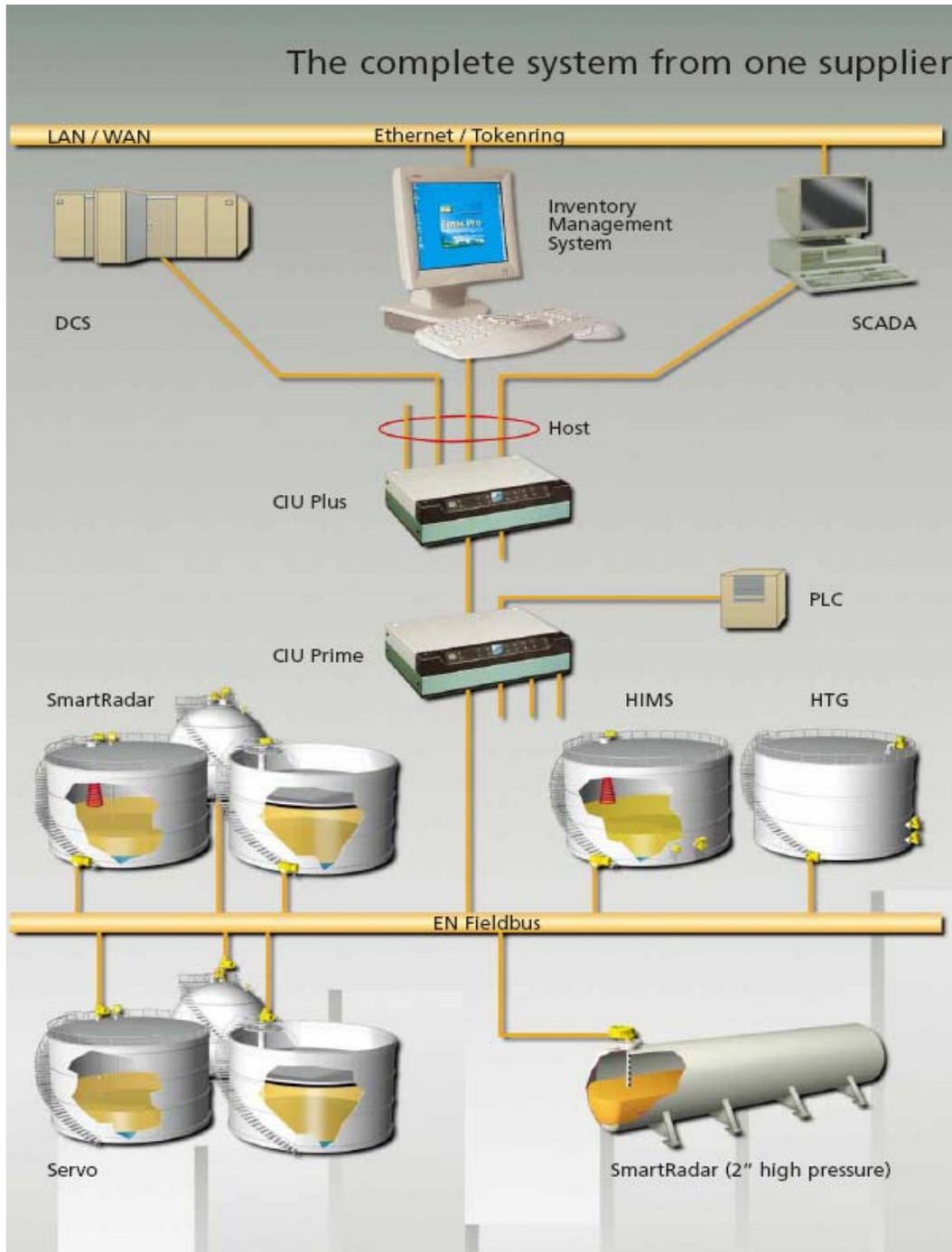
<b>EQUIPO DE MEDICIÓN</b>	<b>PRECIO EN DOLARES</b>
Medidor de radar, marca: Enraf Modelo :873	<b>\$ 11,000.00</b>
Software para ventas e inventarios Y transferencias	<b>\$ 9,000.00</b>
<b>Total compra</b>	<b>\$ 20,000.00</b>

Resumen:

La compra es menor que el ahorro que se realizara en un año, por lo tanto es solo una compra que proporcionara un servicio por lo menos en 10 años.

**AHORRO ESTIMADO POR AÑO: \$ 31,164.80**  
**TOTAL COMPRA : \$ 20,000.80**  
**DIFERENCIA \$ 11,164.00**

Fig. 16 Esquema software y control







<p>¿A quienes beneficiara el mejoramiento en los procesos de mediciones?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A los importadores porque se reflejara un mejor análisis de garantía de la calidad de los productos y volumen recibido.</li> <li>▪ Es importante la contabilización que depende de su inventario, requerimiento importante para determinar costos y controles aduaneros.</li> <li>▪ En el caso de Guatemala las plantas almacenan grandes volúmenes y despachos, donde pequeños errores en la medición, pueden provocar grandes pérdidas.</li> <li>▪ A las instituciones reglamentarias de aduanas porque se fiscaliza correctamente, el volumen que se trasiega.</li> </ul>
<p>¿Las operaciones de medición están normalizadas, en las plantas de almacenamiento?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si, la manipulación y operación de combustibles, están regidos por un conjunto de normas, API (Instituto Americano del Petróleo), norma internacional y regional. API 2545.</li> </ul>
<p>¿Cuáles son las funciones principales de los requerimientos de combustibles en las plantas en ZOLIC?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se ven desde dos puntos de vista conforme la determinación del volumen, masa, nivel en tanques. Para inventarios interesa el volumen, mientras que en transferencias comerciales es importante el cálculo de la masa.</li> </ul>



## CONCLUSIONES

1. Se evaluaron los principales requerimientos en las plantas de hidrocarburos de Zolic, en Sto. Tomas de Castilla, Izabal. Los principales requerimientos que se efectúan en los movimientos de almacenaje y despacho de combustibles en las diferentes plantas son: para el control de inventarios y transferencias de producto.
2. Se identificaron los diferentes sistemas utilizados actualmente en las plantas y técnicas, para realizar mediciones en planta y en los trasiegos de los grandes importadores, ya que se tienen que realizar estas mediciones desde el inicio que ingresa el producto a las plantas hidrocarburos.
3. Se compararon y definieron las ventajas técnicas de mediciones, al implementar nuevas técnicas según sus características, especificaciones y los requerimientos de servicio.
4. Se evaluó el costo beneficio en base a la incertidumbre que se dan en los errores humanos en las mediciones, la incertidumbre cuesta dinero ya que se puede perder, la exactitud en el momento de medir volumen o masa, los márgenes de error en inventarios son del 0.37% y en transferencias son de 2.79%.
5. La aplicación de otros métodos de mediciones implica la confiabilidad de los equipos, pero existen en el mercado varios proveedores certificados, que ofrecen muy buenas opciones.
6. Es importante conocer los beneficios de los sistemas de software de medición y control de inventarios y transferencias aplicables a otras técnicas para comparar las ventajas de cada tecnología.

7. La disponibilidad de los equipos implica un costo pero, pero significa un mejor control en los procesos de mediciones.
8. Se comprobó que los importadores de hidrocarburos tienen capacidad para poder implementar estos nuevos equipos de mediciones al comparar los costos beneficios en la compra del equipo.
9. Se evidencio quienes son los beneficiados al formular las bases de un adecuado proceso de métodos y técnicas de mediciones.
10. Se comprobó que hay poca información sobre el estudio de mediciones tanques de almacenamiento de combustibles en nuestro país, siendo esto una rama muy importante en la industria de los hidrocarburos.

## RECOMENDACIONES

1. Es de suma importancia continuar con el estudio de nuevos sistemas y conocerlos, para mejorar los controles internos de inventarios y despachos en las plantas de hidrocarburos, específicamente en nuestro medio que son importantes, cuando se realiza una auditoria interna o fiscalización de la autoridad aduanera.
2. Es necesario estar actualizado con los nuevos sistemas de medición que los proveedores proporcionan según las normas mundiales de la API.
3. Se comprobó que algunas plantas utilizan métodos de medición servo, y radar y evaluar las mejoras que ocurrieron en la condición de operación de las mediciones y para ello, contando con la información precisa de las mediciones iniciales y finales de los combustibles y al recibir el producto en planta.
4. Comparar las mediciones manuales realizadas por las empresas certificadas, con las mediciones en planta, utilizando las nuevas técnicas como radar y servo.
5. Iniciar el control de inventarios en ZOLIC con las condiciones previas y posteriores y hacer comparaciones operativas, para corroborar que efectivamente las condiciones de operación hayan cambiado.
6. Implementar los nuevos sistemas hace disminuir, los costos de instalación, por concepto de cableado, soporte, bandejas y provee al usuario de una herramienta precisa y relativamente barata para la medición en grandes campos de tanques de combustibles.

7. Se recomienda utilizar la tecnología por radar, que han alcanzado precisiones muy altas en la medición de nivel de líquido, habiendo en mercado distintos modelos de instrumentos.
8. Considerar los sistemas de medición híbridos, que es la combinación de un sistema HTG, con adición de un elemento de corrección del nivel obtenido por transmisores de presión hidrostática.
9. Verificar con los encargados de las terminales, SAT, Ministerio de energía y minas, empresa certificada, empresa portuaria y Zolic, los resultados de los datos de inventario si los datos son confiables al utilizar, estos nuevos sistemas y hacer las comparaciones de los mismos en la entrada de los cálculos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Pedrosa, J., Subira. **El inventario en tanques**. Revista de Ingeniería química. 1999 135pp.
2. Instituto Americano del Petróleo. **API** Editorial USA. 1993 100pp.
3. Adam, David. **Discussion of HTG performance at Exxon Bayonne Texas instrument**, 1989 250pp.
4. Bolshakov, V, Gaidayev. **Teoría de la elaboración matemática de mediciones Geodesias**. 1992 376pp.
5. Buró internacional de pesas y medidas. **Guía para la expresión de las incertidumbres de las mediciones**. Normas ISO. 1994 234pp.
6. Meza, Corado Mauricio José. **Calibración de medidores volumétricos SMITH de doble cubierta y desplazamiento positivo para combustibles**. Tesis de graduación ingeniero mecánico. 2005 156pp.
7. Jorge Arqueta Valdez. **Experiencias obtenidas en la inspección de tanques de almacenamiento de acuerdo a las normas API 650 y 653**. Tesis de graduación ingeniero mecánico. 2001 168pp.
8. Enraf equipos. <http://www.enraf.com>. Consulta de Internet. 2007.

## **ANEXOS**

**CUADRO DE REPORTES DE INVENTARIOS PARA TANQUES DE  
COMBUSTIBLE EN ZOLIC. STO. TOMAS DE CASTILLA**

**IMPORTACIONES DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE PETROLEO**

COMPañÍA: \_\_\_\_\_ TERMINAL: \_\_\_\_\_ Forma: **Import.**  
 DELEGADO SAT: \_\_\_\_\_ MES: \_\_\_\_\_

(Galones)

DIA	GASOLINA SUPERIOR		GASOLINA REGULAR		DIESEL		FUEL OIL	
	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
<b>TOTALES</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## CUADRO DE REPORTES INGRESO DE COMBUSTIBLES EN LAS PLANTAS DE HIDROCARBUROS POR MEDIO DE OLEODUCTOS A LOS TANQUES

Forma: Vtas.

COMPAÑÍA: \_\_\_\_\_ TERMINAL: \_\_\_\_\_  
 DELEGADO SAT: \_\_\_\_\_ MES: \_\_\_\_\_

(Galones)

DIA	GASOLINA SUPERIOR		GASOLINA REGULAR		DIESEL		FUEL OIL	
	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

**CUADRO DE REPORTES DE SALIDA O DESPACHOS DE COMBUSTIBLES DE LAS PLANTAS DE HIDROCARBUROS EN ZOLIC.**

**INVENTARIOS DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE PETROLEO**

Forma: Invent.2  
 COMPAÑÍA: \_\_\_\_\_ TERMINAL: \_\_\_\_\_  
 DELEGADO SAT: \_\_\_\_\_ MES: \_\_\_\_\_

(Galones)

DIA	GASOLINA SUPERIOR		GASOLINA REGULAR		DIESEL		FUEL OIL	
	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F	AMBIENTE	60 ° F
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								



**CUADRO DE BALANCE MENSUAL POR PRODUCTO EN PLANTAS DE COMBUSTIBLES ZOLIC.**

**BALANCE MENSUAL DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE PETROLEO**

Forma: **Bal. Mensual**

COMPAÑÍA: \_\_\_\_\_  
 DELEGADO SAT: \_\_\_\_\_

TERMINAL: \_\_\_\_\_  
 MES: \_\_\_\_\_

PRODUCTO	EN GALONES A 60°F							GANANCIAS (+) PERDIDAS (-)
	INVENTARIO INICIAL FÍSICO a 60° F.	IMPORTACIONES	VENTAS NACIONALES	EXPORTACIONES	TRANSFERENCIAS	INVENTARIO FINAL TEÓRICO A 60°F	INVENTARIO FINAL FÍSICO A 60° F.	
GASOLINA SUPERIOR	2.000.000,00	100.000,00	50.000,00	250.000,00	10.000,00	1.790.000,00	1.750.000,00	-40.000,00
GASOLINA REGULAR						0,00		0,00
DIESEL						0,00		0,00
BUNKER C						0,00		0,00

**CUADRO DE BALANCE ANUAL POR PRODUCTO EN PLANTAS DE COMBUSTIBLE ZOLIC.**

MES	GASOLINA REGULAR EN GALONES							
	INVENTARIO INICIAL FÍSICO a 60° F.	IMPORTACIONES	VENTAS NACIONALES	EXPORTACIONES	TRANSFERENCIAS	INVENTARIO FINAL TEÓRICO	INVENTARIO FINAL a 60° F.	GANANCIAS (+) PERDIDAS (-)
ENERO	2.000.000,00	100.000,00	50.000,00	250.000,00	10.000,00	1.790.000,00	1.700.000,00	-90.000,00
FEBRERO						0,00		0,00
MARZO						0,00		0,00
ABRIL						0,00		0,00
MAYO								
JUNIO								
JULIO								
AGOSTO								
SEPTIEMBRE								
OCTUBRE								
NOVIEMBRE								
DICIEMBRE								
<b>TOTALES</b>	2.000.000,00	100.000,00	50.000,00	250.000,00	10.000,00	1.790.000,00	1.700.000,00	-90.000,00