



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE UNA RED DE MEDICIÓN DE NIVEL POR RADAR EN
TANQUES DE PETRÓLEO, PARA PREVENIR ACCIDENTES
HUMANOS POR GAS H₂S,**

Edgar Rodolfo Teletor Jeronimo
Asesorado por el Ing. Pedro Javier Obregon Leche

Guatemala, agosto de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA RED DE MEDICIÓN DE NIVEL POR RADAR EN
TANQUES DE PETRÓLEO, PARA PREVENIR ACCIDENTES
HUMANOS POR GAS H₂S**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

EDGAR RODOLFO TELETOR JERONIMO
ASESORADO POR EL ING. PEDRO JAVIER OBREGON LECHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2009.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonzo Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Duran Cordova
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Ramirez Ramirez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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:

DISEÑO DE UNA RED DE MEDICIÓN DE NIVEL POR RADAR EN TANQUES DE PETRÓLEO, PARA PREVENIR ACCIDENTES HUMANOS POR GAS H₂S,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 02 de marzo de 2009.

Edgar Rodolfo Teletor Jeronimo

Guatemala, 13 de Julio de 2009.

Ingeniero
Julio Solares
COORDINADOR DE AREA DE ELECTRONICA
Facultad de ingeniería
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

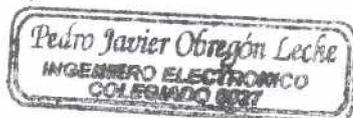
Ingeniero Solares:

Por medio de la presente deseo notificarle que el trabajo de graduación recientemente concluido por Edgar Rodolfo Teletor Jeronimo, que se titula **“DISEÑO DE UNA RED DE MEDICIÓN DE NIVEL POR RADAR EN TANQUES DE PETRÓLEO PARA PREVENIR ACCIDENTES HUMANOS POR GAS H₂S”**, y luego de hacer las correcciones necesarias, doy mi aprobación al mismo, por considerar que cumple con los objetivos trazados para su realización.

Atentamente



Ing. Pedro Obregón Leche
Asesor de trabajo de graduación



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 22.2009
Guatemala, 14 de JULIO 2009.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: DISEÑO DE UNA RED DE MEDICIÓN DE NIVEL POR RADAR EN TANQUES DE PETRÓLEO PARA PREVENIR ACCIDENTES HUMANOS POR GAS H₂S, del estudiante; Edgar Rodolfo Teletor Jerónimo, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador Area de Electrónica



JCSP/sro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 37.2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Edgar Rodolfo Teletor Jerónimo titulado: DISEÑO DE UNA RED DE MEDICIÓN DE NIVEL POR RADAR EN TANQUES DE PETRÓLEO PARA PREVENIR ACCIDENTES HUMANOS POR GAS H₂S, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 16 DE JULIO 2,009.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 303.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UNA RED DE MEDICIÓN DE NIVEL POR RADAR EN TANQUES DE PETRÓLEO, PARA PREVENIR ACCIDENTES HUMANOS POR GAS H₂S**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Rodolfo Teletor Jeronimo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop at the top and several vertical strokes below.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, agosto de 2009



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS Por haberme permitido culminar este trabajo, dándome la fuerza y la sabiduría necesaria.

MIS PADRES Quienes me instruyeron con respeto y cariño.

MIS HERMANOS A quienes agradezco su apoyo.

ASESOR A quien agradezco su apoyo incondicional.

DEDICATORIA

A:

DIOS

MIS PADRES

Anastacia Jerónimo vda de Teletor
Jose Maria Teletor (D. E. P)

MIS HERMANOS

Julio, Rosa, Enma, Haroldo, Fredy, Edy

MIS SOBRINOS

Josue, Sofia, Maria, Julieta, Daniel
Lucia(D.E.P)

MIS AMIGOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
JUSTIFICACIÓN	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. EL GAS H₂S	01
1.1 El gas H ₂ S	01
1.2 Características del gas H ₂ S	01
1.3 Comportamiento del gas H ₂ S	02
1.4 Efectos biológicos del gas H ₂ S	02
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO	05
2.1 Tipos de tanques de almacenamiento	05
2.2 Códigos aplicables	05
2.3 Tipo de techos	06
2.3.1 Techo fijo	06
2.3.2 Techo flotante	06
2.3.3 Tanques sin techo	07

2.4	Construcción de tanques de almacenamiento	07
2.4.1	Materiales a emplear en tanques de almacenamiento	07
2.4.2	Estándar A.S.T.M	07
2.4.3	Soldaduras en tanques de almacenamiento	08
2.4.4	Boquillas en tanques de almacenamiento	09
3.	SISTEMAS DE DETECCIÓN DE NIVEL POR RADAR	11
3.1	Principios del radar	11
3.2	Ecuación de radar	12
3.3	Polarización	14
3.4	Interferencias	14
3.5	Ruido	15
3.5.1	Clutter	16
3.5.1.1	Método para detectar y neutralizar el Clutter	17
3.5.2	Jamming	18
3.5.2.1	Reducción de jamming	19
3.6	Procesado de señal en un sistema de radar	19
3.6.1	Medidas de distancia	19
3.6.2	Modulación de frecuencia	21
3.6.3	Reducción del efecto de interferencia	22
3.7	Diseño de radares	23
3.7.1	Componentes de un radar	23
3.7.2	Diseño del transmisor	24
3.7.2.1	Oscilador	24
3.7.2.2	Modulador	24
3.7.3	Diseño de antena	25
3.7.4	Reflector parabólico	25
3.7.5	Guía de onda ranurada	26
3.7.6	Aplicaciones	26

3.8	Frecuencia de radar	27
3.9	Clasificación de los sistemas de radar	27
3.9.1	Según el número de antenas	27
3.9.2	Según el blanco	27
3.9.3	Según la forma de onda	27
3.9.4	Según su funcionalidad	27
4.	SENSORES TIPO RADAR PARA MEDICIÓN DE NIVEL	
	INDUSTRIAL	29
4.1	Partes de un sistema de sensor por radar	30
4.1.1	Módulo electrónico	30
4.1.2	Brida	30
4.1.3	Antena	30
4.2	Instalación de sensores tipo radar	32
4.2.1	Instalación mecánica	32
4.2.2	Instalación eléctrica	33
4.3	Aterrizamiento	33
4.4	Cableado de bus	34
4.5	Mantenimiento	34
4.6	Calibración	35
5.	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PERIFÉRICOS,	
	UTILIZADOS PARA DETECCIÓN DE NIVEL	37
a.	Adquisición de datos	37
b.	Unidad de comunicación de campo (FCU)	37
c.	MODEM bus de campo (FBM)	36
d.	Unidad de adquisición de datos (DAU)	39
e.	Direccionamiento de sensores	40
	5.5.1 Pasos para direccionar sensores de nivel	40

5.6	Transmisión de datos	41
5.6.1	Transmisión analógica	41
5.6.2	Transmisión digital	42
5.7	Medios de transmisión industrial	42
5.8	Interfaz industrial	43
5.8.1	Interfaz RS-232C	43
5.8.2	Interfaz RS-485	44
5.9	Presentación de información	45
6.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE NIVEL POR MEDIO DE RADAR	47
6.1	Equipos necesarios para detección de nivel	47
6.1.1	Software	47
6.1.2	Hardware	47
6.2	Listado de equipo de software y hardware	48
6.3	Costos	51
	CONCLUSIONES	53
	RECOMENDACIONES	55
	BIBLIOGRAFÍA	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1. Características básicas de los tanques	10
2. Reflexión electromagnética	12
3. Diagrama de bloques simplificado del radar	23
4. Reflector parabólico	26
5. Sensor tipo radar industrial	29
6. Partes de un medidor de nivel de tanques tipo radar	30
7. Instalación mecánica y eléctrica	34
8. Mantenimiento de antena	35
9. Pantalla de calibración	35
10. Cabeza transmisora	37
11. Unidad de comunicación de campo (FCU)	38
12. Modem bus de campo (FBM)	39
13. Unidad de adquisición de datos esclava (DAU)	39
14. Pantalla en el setup, paso 1	40
15. Pantalla en el setup, paso 2	40
16. Pantalla en el setup, paso 3	41
17. Cable trenzado	42
18. Conector RS 232C	43
19. Conector RS 485	44
20. Grupo de tanques	46
21. Tanque individual	46
22. Diagrama de red	49
23. Diagrama de Gantt	50

TABLA

I. Costos	51
-----------	----

GLOSARIO

- API:** Normas **American Petroleum Institute**, Ente encargado de la normalización de las actividades relacionadas con el petróleo y sus derivados.
- Brida:** Accesorio para acoplamiento de tuberías, que permite el armado y desarmado de las mismas.
- DCS:** Del inglés, Distributed Control System, o sistema de control distribuido, es un sistema que es programado en forma centralizada, pero su lógica se ejecuta en forma distribuida en equipos medianamente inteligentes y autónomos.
- FSK:** FSK (Frequency-shift keying) es un tipo de modulación de frecuencia cuya señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía entre valores predeterminados.
- Host:** Es un ordenador que funciona como punto de inicio y final de la transferencia de datos.
- Modbus:** Es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979, por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

- PPM:** Es una medida empleada para valorar la presencia de elementos en pequeñas cantidades en una mezcla.
- Profibus:** Estándar de comunicación industrial para bus de campo. Deriva de las palabras PROcess Field BUS.
- Radar:** Detección y medición de distancias por radio. Radio Detection and Ranging.
- RTG:** Radar Tank Gaug, Medidor de tanque por radar.
- Tanque:** Deposito diseñado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presión interna relativamente bajas.

JUSTIFICACIÓN

El almacenamiento de productos de cualquier clase es indispensable el control y monitoreo de nivel, para evitar que ocurra un desastre por el rebalse de este producto (petróleo), o mas aun que el producto sea tóxico y que pueda ocurrir un percance, que afecte a varias persona cercanas a los tanques, así como también puede afectar al medio ambiente dañando la diversidad de recursos naturales cercanos a la misma.

El gas H₂S es altamente tóxico y contaminante por ser un agente que propicia la corrosión de muchos materiales tóxico, porque al ser inhalado en cantidad que superan lo establecido, éste puede causar la muerte inmediatamente, aquí en Guatemala por ser un país explotador de petróleo se conoce que el petróleo contiene dosis altamente peligrosas de gas H₂S, cuando se almacena el gas busca la forma de salir al aire y mezclarse con este, en los tanque es de igual forma.

En una localización de tanques actualmente se mide de forma manual, o sea que un operador se sube a la parte superior del tanque con equipo de respiración artificial, este equipo le ayuda a que el gas no le haga ningún daño mientras este efectúa la medición de nivel del tanque, pero que sucedería si por alguna razón el equipo falle, éste será obligado a inhalar el gas pudiéndole provocar la muerte instantánea. Este trabajo intenta prevenir que ocurran accidentes que puedan poner en riesgo las vidas humanas.

RESUMEN

El conocimiento de los peligros que se encuentren en nuestros lugares de trabajos, hace que estemos entrenados para cualquier eventualidad como es el caso del gas H₂S. Este se encuentra en las actividades petroleras en Guatemala, es así como plasmo en este trabajo los peligros que conlleva trabajar en áreas con alto grado de toxicidad, por lo tanto me permito aportar un grano de conocimiento por medio de la tecnología de medición de radar, en tanques de almacenamiento de petróleo, para poder disminuir el contacto directo con el gas H₂S en tanques.

Se efectúa un trabajo de investigación de la tecnología de radar para su implementación e instalación encima de los tanques, aunque no es la única tecnología disponible se deja la inquietud de buscar nuevas alternativas que ayuden a reducir el riesgo de accidentes humanos por medio de la tecnología.

OBJETIVOS

General:

El objetivo principal es resolver el problema por medio de la tecnología de radar, la eliminación del peligro de la inhalación de gas H₂S que representa para los operadores en el momento de la medición manual, personal que labora en la terminal de petróleo y áreas cercanas.

Específicos:

1. Asegurar el continuo funcionamiento de las operaciones sin riesgos de derrame.
2. Evitar que el medio ambiente pueda ser dañada con el derrame de petróleo de alguno de sus tanques.
3. Entender como ayudan las normas que rigen las instalaciones eléctricas en condiciones ambientales inflamables.
4. Medir como mejora la eficiencia en las operaciones de embarque del petróleo con la instalación de equipo de medición de nivel.
5. Aumentar el conocimiento de los equipos electrónicos para medición de nivel, así como su instalación y puesta en marcha.
6. Aplicar los conocimientos de teoría de la comunicación en la industria petrolera en Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Los rápidos avances en la tecnología de los componentes electrónicos y las técnicas de diseño han facilitado el desarrollo innovador de los subsistemas de procesos de señal y dispositivos electrónicos, los resultados incluyen:

1. Estrategia coordinada de control mediante la consolidación del centro de control.
2. Comunicación remota, la comunicación digital, común entre la adquisición de datos, el control regulador y el cálculo de administración.
3. Computadoras diseñadas para el control de proceso.
4. Fiabilidad y funcionamiento del sistema y diseño de equipo que garanticen la seguridad del personal operativo, así como la operación en ambientes explosivos.

Las aplicaciones de medición y control para las variables de proceso abarcan desde la indicación y/o regulación de una única variable del proceso hasta la consideración de centenares de variables en una planta completa. Una de las tendencias de la gestión de proceso es obtener el máximo provecho por unidad de tiempo de las operaciones. Esto demanda una cantidad de equipos ensamblado en configuraciones de sistemas con el fin de:

1. Vigilar continuamente, es decir, monitorizar más datos continuamente.
2. Hacer más eficiente el control de las posibles variables interactivas.
3. Presentar más información.
4. Asegurar un elevado nivel de disponibilidad del proceso y continuidad de las operaciones del mismo.
5. Permitir la expansión con el menor costo.
6. Facilitar la entrada de datos análogos/digitales.

El correcto funcionamiento de sistemas de monitoreo de nivel, depende de la forma del diseño, a fin de minimizar el riesgo de intoxicación por gas H₂S, estos deben estar basados en normas establecidas internacionalmente favoreciendo la seguridad del personal operativo. Debido al avance en las comunicaciones a nivel global, la industria del proceso no debe quedarse en segundo plano, más bien debería acoplarse a estos avances. Este trabajo trata el tema de comunicación industrial a través del diseño que puede mejorar la seguridad del personal operativo, sino además enriquecer el conocimiento a las comunicaciones industriales a través de una aplicación real. Los primeros cinco capítulos presentan las bases teóricas del funcionamiento de los equipos, el capítulo 6 presenta un diseño para la implementación de un sistema de medición industrial.

1. EL GAS H₂S

1.1 Origen del gas H₂S

El ácido sulfhídrico se encuentra naturalmente en el petróleo crudo, gas natural, gases volcánicos y manantiales de aguas termales. También se le puede encontrar en aguas pantanosas, lagunas sin movimiento, estanques de harina o aceite de pescado, barcos pesqueros y alcantarillados. Se han producido muertes en lagos o lagunas detenidas cuando el ácido sulfhídrico borbotea desde las profundidades alcanzando a personas en su superficie. Como este ácido es más denso que el agua, se producen fraccionamientos por diferencia de densidad, siendo este ácido más denso que el agua. Generalmente es por descomposición anaeróbica de restos orgánicos.

También puede ocurrir como resultado de la degradación bacteriana de materia orgánica en condiciones anaeróbica. Se genera en refinerías de petróleo.

1.2 Características del gas H₂S

El ácido sulfhídrico (H₂S) es un gas inflamable, incoloro con un olor característico a huevos podridos. Se le conoce comúnmente como ácido hidrosulfúrico o gas de alcantarilla. La gente puede detectar su olor a niveles muy bajos. Es uno de los principales compuestos causantes de las molestias por malos olores. El ácido sulfhídrico es extremadamente nocivo para la salud, bastan 20-50 ppm en el aire para causar un malestar agudo que lleva a la sofocación y la muerte por sobreexposición. Debido a su toxicidad, está ubicado directamente abajo del ácido cianhídrico (HCN). Es habitual que obreros del sector portuario sean afectados con resultados fatales cuando se introducen a bodegas que han transportado productos derivados de la pesca.

En este caso, la fuente del ácido sulfhídrico son las proteínas sulfuradas que se degradan liberando el mencionado ácido.

1.3 Comportamiento del gas H₂S

El gas H₂S obedece a las leyes que rigen los gases, el modelo consiste en moléculas muy separadas y en rápido movimiento. Dos o más gases diferentes pueden mezclarse en cualquier proporción para preparar una mezcla perfectamente uniforme. Este modelo molecular también puede usarse para explicar el hecho que los gases son fácilmente comprensibles. La compresión consiste en forzar a las moléculas del gas a estar lo más junto posible. Un gas se expande hasta llenar cualquier recipiente en el cual se haya introducido. Cuando un gas que tiene olor se deja en libertad en un cuarto, se puede detectar muy pronto en todas partes del cuarto. Los gases se difunden debido a las moléculas del gas están en constante y rápido movimiento.

Según la ley de Boyle establece: a temperatura constante, el volumen de una muestra de gas varía inversamente con la presión.

1.4 Efectos biológicos por la exposición al gas H₂S

La toxicidad del sulfhídrico es parecida a la del cianhídrico. La causa por la cual a pesar de la presencia más masificada de este compuesto hay relativamente pocos muertos causados es el mal olor con que va acompañado. Sin embargo a partir de los 50 ppm tiene un efecto narcotizante sobre las células receptoras del olfato y las personas afectadas ya no perciben el hedor. A partir de los 100 ppm se puede producir la muerte. Como la densidad del sulfhídrico es mayor que la del aire se suele acumular en lugares bajos como pozos, así como en la parte de debajo de los tanques de almacenamiento de petróleo, etc. donde puede causar víctimas.

A menudo se producen varios afectados una primera víctima se cae inconsciente y luego son afectados también todos los demás que van en su rescate sin el equipo de protección necesario. El sulfhídrico parece actuar sobre todo sobre los centros metálicos de las enzimas, bloqueándolas e impidiendo de esta manera su funcionamiento. **Para un tratamiento se recomienda llevar al afectado lo más rápidamente posible al aire fresco y aplicar oxígeno puro.** Además el ión sulfuro se combina con la hemoglobina del mismo modo que el oxígeno precipitando la asfixia del organismo.

La exposición a niveles bajos de ácido sulfhídrico puede producir irritación de los ojos, la nariz o la garganta. También puede provocar dificultades respiratorias en personas asmáticas. Exposiciones breves a concentraciones altas de ácido sulfhídrico (mayores de 500 ppm) puede causar pérdida del conocimiento y posiblemente la muerte. En la mayoría de los casos, las personas que pierden el conocimiento parecen recuperarse sin sufrir otros efectos. Sin embargo, algunas personas parecen sufrir efectos permanentes o a largo plazo tales como dolor de cabeza, poca capacidad para concentrarse, mala memoria y mala función motora. No se han detectado efectos a la salud en personas expuestas al ácido sulfhídrico en las concentraciones que se encuentran típicamente en el ambiente (0.00011-0.00033 ppm). Los científicos poseen poca información sobre lo que sucede cuando usted se expone al ácido sulfhídrico a través de la piel. Sin embargo, se sabe que es necesario tener cuidado con el ácido sulfhídrico en forma de líquido comprimido ya que puede causar quemaduras de la piel por congelación. Mediciones efectuadas encima de los tanques que contienen petróleo, estos superan los 500 ppm de concentración de gas H₂S.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO

2.1 Tipo de tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización. Los tanques de almacenamiento, se clasifican en:

- 1.- Cilíndricos horizontales.
- 2.- Cilíndricos verticales de fondo plano.

Los tanques cilíndricos horizontales, generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión. Por lo general, se usan para almacenar volúmenes pequeños. Los tanques cilíndricos verticales de fondo plano permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

Estos tipos de tanques se clasifican en:

- De techo fijo.
- De techo flotante.
- Sin techo.

En esta investigación sólo trataremos los tanques de techo fijo (autosoportado y soportado por estructura) y tanques sin techo. Los de techo flotante no se tratarán a fondo, debido a que el diseño de los sistemas de flotación están patentados y solamente los titulares de esas patentes pueden divulgar información al respecto.

2.2 Códigos aplicables

En los Estados Unidos de Norteamérica y en muchos otros países del mundo, incluyendo el nuestro, el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, se basa en la publicación que realiza el "Instituto Americano del Petróleo" A.P.I al que esta institución designa como

"STANDAR A.P.I. 650", para tanques de almacenamiento a presión atmosférica y "STANDAR A.P.I. 620", para tanques de almacenamiento sometidos a presiones internas cercanas a $1 \text{ Kg} / \text{cm}^2$ ($14 \text{ lb} / \text{pu} \text{lg}^2$). El estándar A.P.I. 650 sólo cubre aquellos tanques en los cuales se almacenan fluidos líquidos y están contruidos de acero con el fondo uniformemente soportado por una cama de arena, grava, concreto, asfalto, etc, diseñados para soportar una presión de operación atmosférica o presiones internas que no excedan el peso del techo por unidad de área y una temperatura de operación no mayor de $93 \text{ }^\circ\text{C}$ ($200 \text{ }^\circ\text{F}$), y que no se usen para servicios de refrigeración. Este estándar cubre el diseño y cálculo de los elementos las constitutivos del tanque. En lista de los materiales de fabricación, se sugieren secuencias en la erección del tanque, recomendación de procedimientos de soldaduras, pruebas e inspecciones, así como lineamientos para su operación.

2.3 Tipo de techos

De acuerdo al estándar A.P.I. 650, clasificaremos los tanques de acuerdo al tipo de techo, lo que nos proporcionará el servicio recomendable para éstos.

2.3.1 Techo fijo.- Se emplean para contener productos no volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diesel, asfalto, petróleo crudo, etc. Debido a que al disminuir la columna del fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso.

Los techos fijos se clasifican en:

- Techos autosoportados.
- Techos soportados.

2.3.2 Techo flotante.- Se emplea para almacenar productos con alto contenido de volátiles como son: alcohol, gasolinas y combustibles en general.

Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases (evaporación), y consecuentemente, la contaminación del ambiente y, al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables.

2.3.3 Tanques sin techo.- Se usan para almacenar productos en los cuales no es importante que éste se contamine o que se evapore a la atmósfera como el caso del agua cruda, residual, contra incendios, etc. El diseño de este tipo de tanques requiere de un cálculo especial del anillo de coronamiento.

2.4 Construcción en tanques de almacenamiento

2.4.1 Materiales a emplear en tanques de almacenamiento

Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen en el mercado, por lo que a continuación listamos los materiales más usados con su aplicación y la agrupación de los mismos.

2.4.2 Estandar A.S.T.M. (american society for testing and materials)

A-36.- ACERO ESTRUCTURAL.

Sólo para espesores iguales o menores de 38 mm. (1 1/2 pulg.). Este material es aceptable y usado en los perfiles, ya sean comerciales o ensamblados de los elementos estructurales del tanque.

A-131.- ACERO ESTRUCTURAL.

GRADO A: para espesor menor o igual a 12.7 mm (1/2 pulg.)

GRADO B: para espesor menor o igual a 25.4 mm. (1 pulg.)

GRADO C: para espesores iguales o menores a 38 mm. (1-1/2 pulg.)

GRADO EH36: para espesores iguales o menores a 44.5 mm. (1-3/4 pulg.)

A-283.- PLACAS DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.

GRADO C: Para espesores iguales o menores a 25 mm. (1 pulg.). Este material es el más usado, porque se puede emplear tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque.

2.4.3 Soldaduras en tanques de almacenamiento

El estándar A.P.I. 650, se auxilia del Código A.S.M.E. sección IX, para dar los lineamientos que han de seguirse en la unión y/o soldado de materiales. El Código A.S.M.E. sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante.

Al efectuar el diseño se deberán preparar procedimientos específicos de soldadura para cada caso. Los procedimientos de soldadura serán presentados para su aprobación y estudio antes de aplicar cualquier cordón de soldadura para cada caso en particular. Este procedimiento debe indicar la preparación de los elementos asoldar, así como la temperatura a la que se deberá precalentar tanto el material de aporte (electrodo, si lo hubiera), como los materiales a unir.

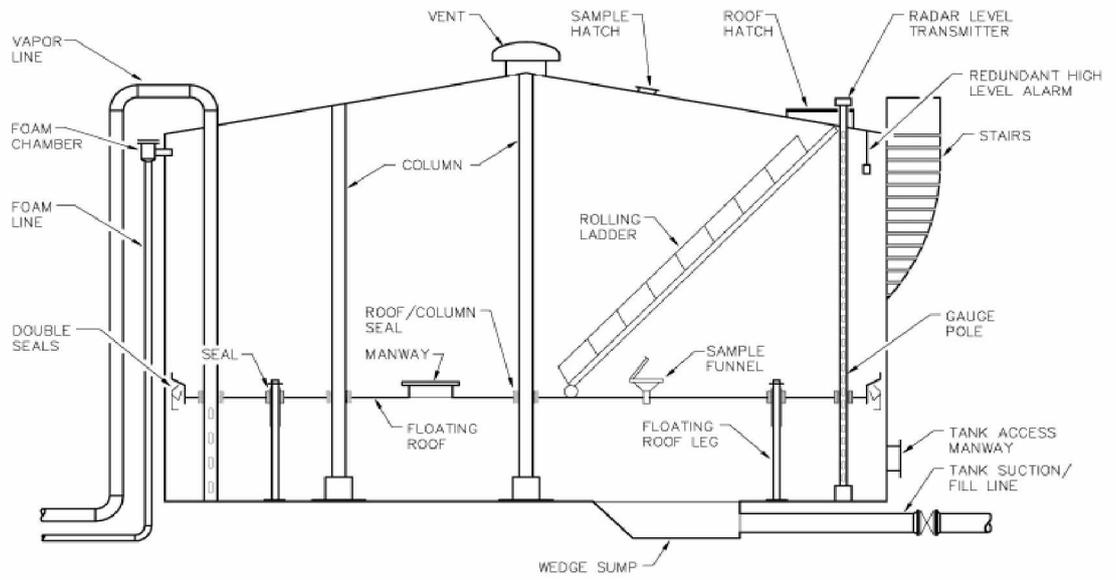
Todas las soldaduras serán aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, arco con gas inerte o electrodos recubiertos. Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre éste el siguiente cordón. La cara ancha de las juntas en "V" y en "U" podrá estar en el exterior o en el interior del cuerpo del tanque dependiendo de la facilidad que se tenga para realizar el soldado de la misma. El tanque deberá ser diseñado de tal forma que todos los cordones de soldadura sean verticales, horizontales y paralelos, para el cuerpo y fondo, en el caso del techo, podrán ser radiales y/o circunferenciales.

2.4.4 Boquillas en tanques de almacenamiento

La norma A.P.I 650 establece que todos los tanques de almacenamiento deberán estar provistos de boquillas, las que a continuación se listan como las mínimas requeridas que deberán ser instaladas en los tanques de almacenamiento.

- 1.- Entrada (s) de producto (s). (fill line)
- 2.- Salida (s) de producto (s). (suction line)
- 3.- Drene (con o sin sumidero). (wedge sump)
- 4.- Venteo (s). (vent)
- 5.- Entrada (s) de hombre. (tank acces manway)
- 6.- Conexiones para indicador y/o control de nivel.(radar level transmisor)

Figura1. Características básicas de los tanques



3. SISTEMAS DE DETECCIÓN DE NIVEL POR RADAR

3.1 Principios del radar

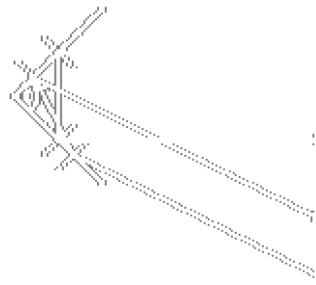
Las funciones básicas del radar están implícitas en la propia palabra, que es un acrónimo de la expresión inglesa “ Radio Detection and Ranking”, que puede traducirse como detección y medida de distancia mediante ondas electromagnéticas. En la mayor parte de los radares se incluye como una de las funciones básicas la medida de los ángulos correspondientes a la dirección de los blancos. Midiéndose frecuentemente la velocidad doppler, en forma directa. La discriminación entre el blanco deseado y el ruido de fondo es prerequisite indispensable para la detección y medidas.

- Si la longitud de onda es menor que el tamaño del blanco, la onda rebotará del mismo modo que la luz contra un espejo.
- Si la longitud de onda es más grande que el tamaño del blanco, lo que ocurre es que éste se polariza (separación física de las cargas positivas y negativas) como en un dipolo (Dispersión de Rayleigh.)
- Cuando las dos escalas son similares pueden darse efectos de resonancia.

Los primeros radares utilizaban longitudes de onda muy elevadas, mayores que los objetivos; las señales que recibían eran tenues. Los radares actuales emplean longitudes de onda más pequeñas (de pocos centímetros o inferiores) que permiten detectar objetos muy pequeños. Las señales de radio de onda corta (3 Khz.-30Mhz) se reflejan en las curvas y aristas, del mismo modo que la luz produce destellos en un trozo de cristal curvo. Para estas longitudes de onda los objetos que más reflejan son aquellos con ángulos de 90° entre las superficies reflectivas.

Una estructura que conste de tres superficies que se juntan en una esquina (como la de una caja) siempre reflejará hacia el emisor aquellas ondas que entren por su abertura.

Figura 2. Reflexión electromagnética



Reflector de esquina

Este tipo de reflectores, denominados reflectores de esquina (*corner reflectors*), se suelen usar para hacer "visibles" al radar objetos que en otras circunstancias no lo serían (se suelen instalar en barcos para mejorar su detectabilidad y evitar choques). Siguiendo el mismo razonamiento, si se desea que una nave no sea detectada, en su diseño se procurará eliminar estas esquinas interiores, así como superficies y bordes perpendiculares a las posibles direcciones de detección.

- Todas estas medidas no eliminan por completo la reflexión debido a la difracción, especialmente para longitudes de onda grandes.

El factor que da la medida de cuánto refleja un objeto las ondas de radio se llama "sección radar cruzada" (σ).

3.2 Ecuación de radar

La potencia P_r reflejada a la antena de recepción está dada por la ecuación :

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R_t^2 R_r^2}$$

donde:

- P_t = potencia transmitida
- G_t = ganancia de la antena de transmisión
- A_r = apertura efectiva (área) de la antena de recepción
- σ = sección transversal del radar, o coeficiente de decaimiento del objetivo
- F = factor de propagación del patrón
- R_t = distancia del transmisor al objetivo
- R_r = distancia del objetivo al receptor.

En el caso común donde el transmisor y el receptor están en el mismo lugar, $R_t = R_r$ y el término $R_t^2 R_r^2$ puede ser reemplazado por R^4 , donde R es la distancia. Esto resulta en:

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma}{(4\pi)^2 R^4}$$

Esto dice que la potencia en el receptor se reduce proporcionalmente a la cuarta potencia de la distancia, lo que significa que la potencia reflejada desde el objetivo distante es muy pequeña. La ecuación anterior con $F = 1$ es una simplificación para el vacío sin interferencia. El factor de propagación engloba los efectos de la propagación multicamino y del *shadowing*, y depende del entorno en el que se estén propagando las ondas. En una situación real los efectos de atenuación en el recorrido deben ser considerados. Otros desarrollos matemáticos en procesamiento de señales de radar incluyen análisis de tiempo-frecuencia (Weyl Heisenberg o wavelet), así como la transformada chirplet que se basa en el hecho de que los ecos devueltos por blancos móviles varían su frecuencia en función del tiempo, como lo hace el sonido de un ave o un murciélago.

3.3 Polarización

El campo eléctrico de la señal que emite un radar es perpendicular a la dirección de propagación. La dirección de dicho campo determina la polarización de la onda. En función de la aplicación, los radares usan:

- Polarización horizontal.
- Polarización vertical.
- Polarización lineal. Permite detectar superficies de metal.
- Polarización circular. Adecuada para minimizar la interferencia causada por la lluvia (pero debe evitarse para radares meteorológicos que lo que buscan es cuantificar las precipitaciones).
- Polarización aleatoria. Adecuada para detectar superficies irregulares como rocas (se usa en radares de navegación).

3.4 Interferencias

Los sistemas radar deben hacer frente a la presencia de diferentes tipos de señales indeseadas y conseguir centrarse en el blanco que realmente interesa. Fuentes posibles de interferencias:

- Internas
- Externas

De naturaleza pasiva

- Ejemplos de interferencia pasiva: agua salada (afecta a la conductividad y puede contribuir a una degradación de la señal), tierra conductora.

De naturaleza activa (o interferencia eléctrica o ruido).

- Ejemplos de interferencia activa: circuitos de los semáforos, comunicaciones de radio, torres microondas, televisión por cable, transmisión de datos de uso general, sistemas de seguridad, líneas de alto voltaje y líneas telefónicas. La capacidad del sistema radar de sobreponerse a la presencia de estas señales define su relación señal/ruido (SNR). Cuanto mayor sea la SNR del sistema, tanto mejor podrá aislar los objetivos reales de las señales de ruido del entorno.

3.5 Ruido

El ruido es una fuente interna de variaciones aleatorias de la señal, generado en mayor o menor medida por todos los componentes electrónicos. Típicamente se manifiesta en variaciones aleatorias superpuestas a la señal de eco recibida en el radar.

Cuanta menor sea la potencia con que llega la señal de interés, más difícil será diferenciarla del fondo de ruido. Por tanto, la más importante fuente de ruido aparece en el receptor, por lo que debe dedicarse un gran esfuerzo a tratar de minimizar estos factores. La figura de ruido es una medida del ruido producido por el receptor en comparación con un receptor ideal y debe ser minimizada. El ruido también puede estar causado por fuentes externas al sistema, siendo sobre todo de gran impacto la radiación térmica natural del entorno que rodea al blanco que se desea detectar. En sistemas radar modernos, debido al gran rendimiento de sus receptores, el ruido interno es típicamente igual o menor que el externo. Una excepción es el caso en el que el radar está dirigido al cielo abierto; en este caso apenas se produce ruido térmico.

El ruido en sistemas de radar se pueden dividir en :

- Clutter
- Jamming

3.5.1 Clutter

El término *clutter* hace referencia a todos aquellos ecos (señales de RF) recibidos por el radar que son, por definición, no deseados.

Causas:

- Pueden estar causados por objetos del entorno, tales como: el mar, precipitaciones (lluvia, nieve o granizo), tormentas de arena, animales (especialmente pájaros), turbulencias atmosféricas y otros efectos atmosféricos como reflexiones ionosféricas y estelas de meteoritos.
- Puede haber clutter debido a objetos fabricados por el hombre, sin intención de engañar al radar (edificios) o con ella ("*chaffs*").
- Puede estar causado por una longitud excesiva de la guía de onda que conecta el transceptor del radar y la antena.
- Puede estar originado por la multitrayectoria de la señal de eco de un objetivo válido.

Los factores que pueden causar estos caminos múltiples son la reflexión terrestre y las refracciones atmosféricas e ionosféricas. Este clutter es especialmente molesto, ya que parece moverse y se comporta como si fuera un blanco de interés real, de modo que el radar detecta un objetivo "fantasma" que en realidad no existe. El multitrayecto de la señal de eco hace que el radar detecte "blancos fantasma". En un escenario típico, un blanco fantasma causado por reflexión terrestre sería interpretado por el radar como un objetivo idéntico al real situado justo por debajo de este.

El radar puede intentar unificar los objetivos considerando que el blanco fantasma está a una altura incorrecta o directamente eliminarlo por considerar que está causado por *jitter* o que su ubicación es físicamente imposible. Una buena opción para minimizar el impacto de este efecto es incorporar al radar un mapa topográfico de los alrededores que ayude a eliminar aquellos ecos que se detecten a alturas imposibles (por debajo del nivel del suelo o por encima de una determinada altura). Se puede dar la circunstancia de que una determinada fuente de clutter sea indeseable para una aplicación radar (ej: nubarrones en un radar de defensa aérea) pero positiva para otra (meteorológica). El clutter es considerado una fuente pasiva de interferencias, ya que sólo aparece como respuesta a los pulsos enviados por el radar.

3.5.1.1 Métodos para detectar y neutralizar el clutter

Generalmente, se fundamentan en el principio de que el clutter apenas varía entre diferentes barridos del radar. Por tanto, al comparar barridos consecutivos se comprobará que el blanco real se mueve, mientras que los ecos de clutter son estacionarios. El clutter marítimo se puede reducir empleando polarización horizontal, mientras que el de la lluvia se reduce con polarizaciones circulares (nótese que los radares meteorológicos utilizan polarización lineal porque lo que les interesa es precisamente detectar la lluvia). El método CFAR es otra técnica basada en el hecho de que los ecos debidos al clutter son mucho más numerosos que los ecos producidos por objetivos de interés. Este método permite mantener un valor constante de la probabilidad de falsa alarma haciendo un promediado adaptativo del nivel real de ruido y ajustando automáticamente la ganancia del receptor. Si bien esto no ayuda cuando el blanco está rodeado por clutter muy fuerte, puede permitir identificar objetivos más o menos claros. En radares actuales este proceso está controlado por software.

Es beneficioso en sistemas en los que sea crítico mantener una determinada probabilidad de falsa alarma. En radares de control de tráfico aéreo actuales se emplean algoritmos para identificar blancos falsos comparando los ecos recibidos con otros adyacentes y calculando la probabilidad de que sea real en base a datos de altura, distancia y tiempo.

Otros métodos se centran en reducir la relación señal/clutter.

3.5.2 Jamming

Se conoce como *jamming* a aquellas señales externas al sistema radar emitidas en las frecuencias de funcionamiento del mismo y que por tanto enmascaran los objetivos de interés. Puede ser intencionado para funcionar como contramedida electrónica o fortuita (por ejemplo, fuerzas amigas cuyos sistemas de comunicaciones usan la misma banda). El jamming está considerado como una fuente activa de interferencias, ya que está originado fuera del sistema radar y en general se trata de señales sin relación alguna con este. El jamming es muy problemático para los radares, pues suele tratarse de señales de mayor potencia que los ecos de interés (hay que tener en cuenta que la señal de interés recorre un camino de ida y vuelta radar-objetivo-radar, mientras que la señal interferente realiza solo un camino de ida). Las fuentes de jamming intencionado pueden por tanto ser efectivas emitiendo con mucha menos potencia que los radares que quieren confundir. La interferencia puede llegar al radar a través de la línea de visión directa ("*Mainlobe Jamming*" o "jamming de lóbulo principal") o por otros caminos ("*Sidelobe Jamming*" o "jamming de lóbulos secundarios o laterales").

3.5.2.1 Reducción de jamming

La única manera de reducir el jamming de lóbulo principal es disminuir el ángulo sólido de dicho lóbulo (estrechar el "pincel"). Un jamming de lóbulo principal a la misma frecuencia y con la misma polarización que el radar no se puede eliminar completamente.

El efecto del jamming de lóbulo lateral se puede atenuar reduciendo los lóbulos laterales del diagrama de radiación de la antena durante la fase de diseño de la misma. Una manera de conseguir esto es emplear arrays de tipo *thinned* o *sparse*. El uso de antenas omnidireccionales puede ayudar a identificar e ignorar señales que entran por los lóbulos secundarios. Otras técnicas anti-jamming son el *frequency hopping* o el uso de una determinada polarización, ya que si la polarización del jamming es diferente a la de la antena su efecto se ve muy reducido. La reciente proliferación de sistemas WiFi que operan en banda C (en torno a 5,66 GHz) se ha convertido en un problema para radares meteorológicos, que sufren interferencias.

3.6 Procesado de señal de un sistema de radar

3.6.1 Medida de distancias

Una forma de medir la distancia entre el radar y un objeto es transmitir un pequeño pulso electromagnético y medir el tiempo que tarda el eco en volver. La distancia será la mitad del tiempo de tránsito multiplicado por la velocidad del pulso (300.000 km/s):

$$r = \frac{c \cdot t}{2}$$

- r = distancia estimada
- c = velocidad de la luz
- t = tiempo de tránsito

Una estimación precisa de la distancia exige una electrónica de elevado rendimiento. La mayor parte los radares usan la misma antena para enviar y recibir, separando la circuitería de transmisión y recepción mediante un circulador o duplexor. Por ello, mientras se está transmitiendo el pulso no se puede recibir ningún eco. Esto determina la llamada "distancia ciega" del radar, por debajo de la cual éste es inútil. Esta distancia viene dada por:

$$r_{BLIND} = \frac{c \cdot T}{2}$$

- r_{BLIND} = distancia ciega
- c = velocidad de la luz
- T = tiempo que se tarda en transmitir un pulso

Si se quiere detectar objetos más cercanos hay que transmitir pulsos más cortos. Del mismo modo, hay un rango de detección máximo (llamado "distancia máxima sin ambigüedad"): si el eco llega cuando se está mandando el siguiente pulso, el receptor no podrá distinguirlo. Para maximizar el rango hay que aumentar el tiempo entre pulsos (T):

$$r_{UNAMB} = \frac{c \cdot T}{2}$$

- r_{UNAMB} = Distancia máxima sin ambigüedad
- c = Velocidad de la luz
- T = Tiempo entre dos pulsos

Hay un compromiso entre estos dos factores, siendo difícil combinar detección a corta y a larga distancia: para detectar a corta distancia hay que hacer los pulsos más cortos, lo que implica menor potencia, lo que implica ecos más débiles y por tanto menor alcance.

Se puede aumentar la probabilidad de detección mandando pulsos con mayor frecuencia, pero nuevamente, esto acorta la distancia máxima sin ambigüedad. La combinación de T y τ que se elija se llama "patrón de pulsos" del radar. En la actualidad los radares pueden muchas veces cambiar su patrón de pulsos de forma electrónica, ajustando dinámicamente su rango de funcionamiento. Los más modernos funcionan disparando en el mismo ciclo dos pulsos diferentes, uno para detección a larga distancia y otro para distancias cortas. La resolución en distancia y las características de la señal recibida en comparación con el ruido dependen también de la forma del pulso. A menudo este se modula para mejorar su rendimiento gracias a una técnica conocida como "compresión de pulsos".

3.6.2 Modulación en frecuencia

Otra forma de estimar distancias en un radar se basa en la modulación en frecuencia. La comparación de la frecuencia de señales es por norma más precisa y sencilla que la comparación de tiempos. Por eso, lo que se hace es emitir una señal (una senoide) a una frecuencia que va variando de forma constante en el tiempo, de modo que cuando llega el eco, su frecuencia será diferente de la de la señal original; comparándolas se puede saber cuánto tiempo ha transcurrido y por tanto cuánta distancia hay hasta el blanco. A mayor desvío en frecuencia mayor distancia. Esta técnica puede emplearse en radares de onda continua (CW, en lugar de a pulsos se transmite todo el tiempo) y a menudo se encuentra en altímetros a bordo de aviones. La comparación en frecuencias es similar que la que se usa para medir velocidades. La velocidad es el cambio de distancia de un objeto respecto al tiempo. Por tanto, para que un sistema radar pueda medir velocidades no hace falta más que añadirle memoria para guardar constancia de dónde estuvo el objetivo por última vez.

En los primeros radares, el operador hacía marcas con un lápiz de cera en la pantalla del radar, y medía la velocidad con una regla de cálculo.

Hoy día, este proceso se hace de forma más rápida y precisa usando ordenadores. Sin embargo, si la salida del transmisor es coherente (sincronizada en fase), hay otro efecto que puede usarse para medir velocidades de forma casi instantánea sin necesidad de dotar al sistema de memoria: el efecto Doppler. Estos radares aprovechan que la señal de retorno de un blanco en movimiento está desplazada en frecuencia. Con ello, son capaces de medir la velocidad relativa del objeto con respecto al radar. Las componentes de la velocidad perpendiculares a la línea de visión del radar no pueden ser estimadas sólo con el efecto Doppler y para calcularlas sí haría falta memoria, haciendo un seguimiento de la evolución de la posición en azimut del objetivo.

También es posible utilizar radares no pulsados (CW) que funcionen a una frecuencia muy pura para medición de velocidades, como hacen los de tráfico. Son adecuados para determinar la componente radial de la velocidad de un objetivo, pero no pueden determinar distancias.

3.6.3 Reducción del efecto de interferencias

Los sistemas radar usan procesado de señal para reducir los efectos de las interferencias. Estas técnicas incluyen la indicación de objetivo móvil (MTI), radares doppler pulsados, procesadores de detección de objetivos móviles (MTD), correlación con blancos de radares secundarios (SSR) y procesado adaptativo espacio-temporal (STAP). En entornos con fuerte presencia de clutter se usan técnicas CFAR y DTM.

3.7 Diseño de radares

Figura 3. Diagrama de bloques simplificado del radar

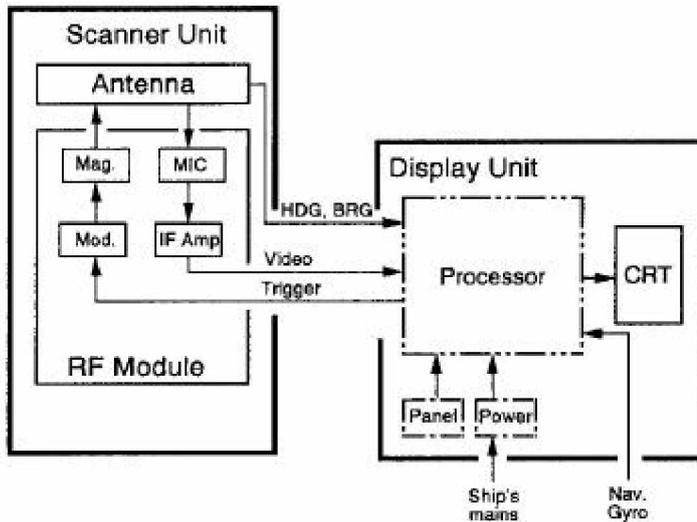


Diagrama de bloques simplificado del Radar

3.7.1 Componentes de un radar

Un radar consta de los siguientes bloques lógicos básicos:

- Un transmisor que genera las señales de radio por medio de un oscilador controlado por un modulador.
- Un receptor en el que los ecos recibidos se llevan a una frecuencia intermedia con un mezclador. No debe añadir ruido adicional.
- Un duplexor que permite usar la antena para transmitir o recibir.
- Hardware de control (Processor) y de procesamiento de señal.
- Interfaz de usuario.

3.7.2 Diseño del transmisor

3.7.2.1 Oscilador

El núcleo del transmisor lo forma un dispositivo oscilador. La elección de este se realiza en virtud de las características que se requieren del sistema radar (coste, vida útil, potencia de pico, longitud de los pulsos, frecuencia...)

Los osciladores más utilizados son:

- **Magnetrón:** es el más utilizado a pesar de que se trata de una tecnología algo vieja. Son pequeños y ligeros. Pueden funcionar a frecuencias de entre 30 MHz y 100 GHz y proporcionan buena potencia de salida.
- **Klistrón:** algo más grandes que los anteriores, llegan a funcionar solamente hasta los 10 GHz. La potencia de salida que proporcionan puede quedarse corta en algunos casos.
- **TWT (Tubo de ondas progresivas):** para radares de 30 MHz a 15 GHz, buena potencia de salida.

3.7.2.2 Modulador

El modulador o pulsador es el elemento encargado de proporcionar pequeños pulsos de potencia al magnetrón. Esta tecnología recibe el nombre de "potencia pulsada". Gracias al modulador, los pulsos de RF que emite el oscilador están limitados a una duración fija. Estos dispositivos están formados por una fuente de alimentación de alto voltaje, una red de formación de pulsos (PFN) y un conmutador de alto voltaje (como un tiratrón). Si en lugar de magnetrón se usa un tubo klistrón, este puede actuar como amplificador, así que la salida del modulador puede ser de baja potencia.

3.7.3 Diseño de la antena

Las señales de radio difundidas (*broadcast*) por una sola antena se propagan en todas las direcciones y, del mismo modo, una antena recibirá señales desde cualquier dirección. Esto hace que el radar se encuentre con el problema de saber dónde se ubica el blanco. Los primeros sistemas solían utilizar antenas omnidireccionales, con antenas receptoras directivas apuntando en distintas direcciones. Por ejemplo, el primer sistema que se instaló (*Chain Home*) utilizaba dos antenas receptoras cuyas direcciones de observación formaban un ángulo recto, cada una asociada a una pantalla diferente. El mayor nivel de eco se obtenía cuando la dirección de observación de la antena y la línea radar-blanco formaban ángulo recto y, por el contrario, era mínimo cuando la antena apuntaba directamente hacia el objetivo. El operador podía determinar la dirección de un blanco rotando la antena de modo que una pantalla mostrase un máximo y otra un mínimo.

Una importante limitación de este tipo de solución era que el pulso se transmitía en todas las direcciones, de modo que la cantidad de energía en la dirección que se examinaba era solo una pequeña parte de la transmitida. Para que llegue una potencia razonable al blanco se requieren antenas direccionales.

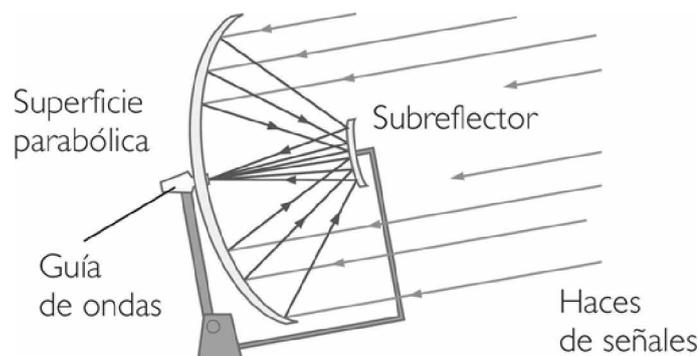
3.7.4 Reflector parabólico

Los sistemas más modernos usan reflectores parabólicos dirigibles para estrechar el haz en el que se emite en broadcast el pulso. Generalmente el mismo reflector se utiliza también como receptor. En estos sistemas, a menudo se usan dos frecuencias radar en la misma antena para permitir control automático ("*radar lock*").

3.7.5 Guía de onda ranurada

La guía de onda ranurada se mueve mecánicamente para hacer el barrido y es adecuada para sistemas de búsqueda (no de seguimiento). Las guías de ondas ranuradas son muy direccionales en el plano de la antena pero, al contrario que las parabólicas, no son capaces de distinguir en el plano vertical. Suelen usarse en detrimento de las parabólicas en cubiertas de barcos y exteriores de aeropuertos y puertos, por motivos de coste y resistencia al viento.

Figura 4. Reflector parabólico



3.7.6 Aplicaciones

- Militares: radares de detección terrestre, radares de misiles autodirectivos, radares de artillería, radares de satélites para la observación de la Tierra.
- Aeronáuticas: control del tráfico aéreo, guía de aproximación al aeropuerto, radares de navegación.
- Marítimas: radar de navegación, radar anti-colisión.
- Meteorológicas: detección de precipitaciones (lluvia, nieve, granizo, etcétera).

- Circulación y seguridad en ruta: control de velocidad de automóviles, radares de asistencia de frenado de urgencia (ACC, *Adaptive Cruise Control*).
- Científicas: en satélites para la observación de la Tierra, para ver el nivel de los océanos, etc.

3.8 Frecuencia de radar

En esencia, no existen límites fundamentales para las frecuencias utilizables en radar. Cualquier dispositivo que detecte y localice blancos por medio de la radiación de energía electromagnética y utilice el eco devuelto por el blanco puede ser clasificado como un radar, cualquiera que sea la frecuencia utilizada.

3.9 Clasificación de los sistemas de radar

Se puede hacer una clasificación general de los radares en función de una serie de aspectos básicos:

3.9.1 Según el número de antenas

- Monoestático: una sola antena transmite y recibe.
- Biestático: una antena transmite y otra recibe, en un mismo o diferentes emplazamientos.
- Multiestático: combina la información recibida por varias antenas.

3.9.2 Según el blanco

- Radar primario: funciona con independencia del blanco, dependiendo solamente de la RCS del mismo.
- Radar secundario: el radar interroga al blanco, que responde, normalmente con una serie de datos (altura del avión, etc).
- En el caso de vehículos militares, se incluye el identificador amigo-enemigo.

3.9.3 Según la forma de onda

- Radar de onda continua (CW): transmite ininterrumpidamente. El radar de la policía suele ser de onda continua y detecta velocidades gracias al efecto Doppler.
- Radar de onda continúa con modulación (CW-FM, CW-PM): se le añade a la señal modulación de fase o frecuencia con objeto de determinar cuando se transmitió la señal correspondiente a un eco (permite estimar distancias).
- Radar de onda pulsada: es el funcionamiento habitual. Se transmite periódicamente un pulso, que puede estar modulado o no. Si aparecen ecos de pulsos anteriores al último transmitido, se interpretarán como pertenecientes a este último, de modo que aparecerán trazas de blancos inexistentes.

3.9.4 Según su finalidad

- Radar de seguimiento: es capaz de seguir el movimiento de un blanco. Por ejemplo, el radar de guía de misiles.
- Radar de búsqueda: explora todo el espacio, o un sector de él, mostrando todos los blancos que aparecen. Existen radares con capacidad de funcionar en ambos modos.

4. SENSORES TIPO RADAR DE MEDICION DE NIVEL INDUSTRIAL

Estos sensores están clasificados para su uso en medición de nivel en tanques, utilizando para ello los mismos principios que los radares normales. Están clasificados según su forma de onda, los mas utilizados por su alta precisión son los que usan el método FMCW (Frecuencia Modulada Onda Continua) . Este sensor transmite una señal de microonda hacia la superficie del líquido. La señal de microonda usa una frecuencia que varia alrededor de 10 Ghz. Cuando la señal viaja hacia la superficie del líquido regresa a la antena, esta es mezclada con una señal transmitida en ese momento. Cuando se mezcla la señal recibida y la transmitida el resultado es una señal de baja frecuencia proporcional a la distancia de la superficie. Los factores principales para su uso, son porque son insensible a:

- Dieléctrica
- Polvo
- Presión
- Viscosidad
- Vacío
- Espuma
- Humedad
- Temperatura

Figura 5. Sensor tipo radar industrial



4.1 Partes de un sensor tipo radar

Todo sensor de nivel por radar esta compuesto básicamente por tres partes siguientes:

1. Modulo electrónico (entrada y salida de alimentación e información)
2. Base para instalación mecánica.(brida)
3. Antena

Figura 6. Partes de un medidor de tanque tipo radar



4.1.1 Modulo electrónico. Es el encargado de generar los pulsos electromagnéticos y transmitir la información electrónica, así como la alimentación eléctrica. También llamada cabeza electrónica.

4.1.2 Brida. Es la parte mecánica del sensor el cual tiene como función el acoplamiento mecánico con el tanque, este varía dependiendo del fabricante.

4.1.3 Antena. Es el encargado de direccionar las ondas electromagnéticas, este depende de la aplicación que se vaya a utilizar.

Los sensores se dividen según su uso o ambientes a utilizar, los cuales pueden ser:

- Ambiente explosivo
- Ambiente no explosivo

Por las características anteriores se utilizan en tanques de petróleo sensores de nivel a prueba de explosiones o categoría IV, según las normas API estos deben ser certificados para su utilización en áreas peligrosas.

Datos técnicos de una cabeza transmisora

Precisión del instrumento	RTG 3900 ± 0.5 mm ± (5/256 in.) RTG 3900 L ± 3 mm ± (1/8 in.)
Temperatura ambiente de operación:	-40 °C to +70 °C (-40 °F to +158 °F)
Certificación de locaciones peligrosas:	II 1/2 G EEx d[ia] IIB T6 (Tamb -40 °C to +70 °C) according to ATEX) and Class 1, (UL 1203, UL 913, UL 508 USA). IECEX d IIB T6 (Tamb -40 °C to +60 °C). See also the list on page 46, "Certificates".
Protección de ingreso	IP 66 & 67
Material de cuerpo:	Anodized Aluminium
Fuente de alimentación:	100-240 VAC, 50-60 Hz, average 15 W (max. 80 W at gauge power up in tem. below freezing point)34-70 VAC (option) 20-28 VDC, max 30 W (option) 48-99 VDC (option)
Salidas Análogas :	One output 4-20 mA passive or active (non-intrinsically safe)
Entradas Análogas :	alt 1) One or two 4-20 mA alt 2) One 4-20 mA input plus one digital HART input. (The RTG is HART master. Each RTG can have maximum 3 HART slaves).
Salidas Relay :	Max 2 relays, only 1 output available if analog outputs are included. See also under "Field bus (options)" and "Other vendor's communication protocols" below.
Bus de campo (standard):	1) TRL/2 Bus (FSK, half duplex, two wires, galvanically isolated, 4800 Baud, Modbus based) 2) RS485 (Modbus based)
Bus da campo Opcional:	1) Profibus ® DP 2) Tiway ® 3) Foundation™ fieldbus

Ficha técnica de un sensor de nivel tipo radar para uso en áreas explosivas.

Según sea el tipo de instalación con respecto a la alimentación de la energía eléctrica, las entradas análogas, salidas digitales, así como la comunicación a través de una red dedicada, estos usan las entradas y salidas utilizando las respectivas tarjetas electrónicas entregadas por el fabricante.

4.2 Instalación de sensores tipo radar

4.2.1 Instalación mecánica:

Los sensores tipo radar traen un brida para la instalación mecánica, esta debe instalarse de forma que sea accesible para la instalación así como el mantenimiento. La brida y la tubuladura instalada en el tanque deben de cumplir las medidas proporcionadas por el medidor, estas pueden variar según cada fabricante. Para conseguir una medición precisa y sin problemas, es muy importante instalar correctamente el radar medidor de tanque sobre el tanque. El medidor de antena debe instalarse de manera que no existan tubos u otros obstáculos que impida el haz del radar alcanzar el fondo sin obstrucciones.

o Instalación recomendada:

La distancia desde la pared del tanque hasta el eje de antena debe ser como mínimo de 0.8m. La distancia desde la brida hasta la superficie del producto no debe ser inferior a 1.0m de la brida.

o Requisitos de espacio libre:

El radar tiene un ancho de 30grados dependiendo también del fabricante y la forma de la antena y deberá instalarse horizontalmente. Si la pared interfiere en el haz del radar de 30grados cuando el transmisor está instalado con un eje de antena vertical, el haz de radar deberá separarse de la pared mediante una brida que tenga una inclinación aproximadamente de 4grados.

4.2.2 Instalación eléctrica

La instalación eléctrica debe de hacerse tomando en cuenta las normas internacionales para las áreas altamente explosivas las cuales son las de clase II división I al IV. Los cables utilizados para la conexión eléctrica deben ser adecuados a la tensión aplicada y deben estar homologados para su uso en zonas con peligro de explosión. Las normas eléctricas utilizadas para conducir la energía eléctrica para áreas explosivas deben certificarse como clase II división del I al IV en todos los accesorios para la instalación eléctrica. Este tipo de accesorios deben eliminar el riesgo de inflamación o explosión. Existen para ello varias metodologías: previniendo la ignición (seguridad intrínseca) o permitiendo esta pero conteniéndola. Los equipos a pruebas de explosión no son herméticos, esta previsto para que los gases ingresen al mismo y se inflamen si existen en el interior de este una fuente de energía. El equipo debe contener la explosión sin deformarse, y permitiendo la salida de los gases.

EL calibre de los cables de alimentación deben ser de AWG No. 16, que cubre un largo de 400mts a 600 mts, que es la longitud que se manejan en la Terminal Piedras Negras si se hace la instalación a 110V AC. Estos valores varían de acuerdo a que voltaje se utilice.

4.3 Aterrizamiento

Según el código de instalación eléctrica, la parte electrónica o la cabeza transmisora y la unidad de adquisición de datos se pueden poner a tierra conectando un cable exterior de 4mm² a una red equipotencial o si no existe a la estructura del tanque.

Nota: Cuando el compartimiento se encuentra conectado a una red equipotencial o a la estructura del tanque, no se debe conectar el cable de tierra de la alimentación.

4.4 Cableado de bus

El bus requiere un par trenzado y blindado con una superficie mínima de 0.5mm² (AWG 20 o similar). La longitud máxima del bus es de aproximadamente 4km. Siempre que exista dos o más buses próximos uno a otro, compartiendo el mismo tubo portacable, se utiliza cable trenzado y blindado, para que cada par de cables de bus este blindado individualmente, evitando las interferencias.

Figura 7. Instalación eléctrica y mecánica



4.5 Mantenimiento

En condiciones normales de operación el medidor de nivel no requiere mantenimiento, la antena puede requerir limpieza periódica. Se recomienda el uso de aire a presión, el gas H₂S forma una capa de sarro que puede limpiarse cuidadosamente, el mantenimiento debe hacerse por personal calificado.

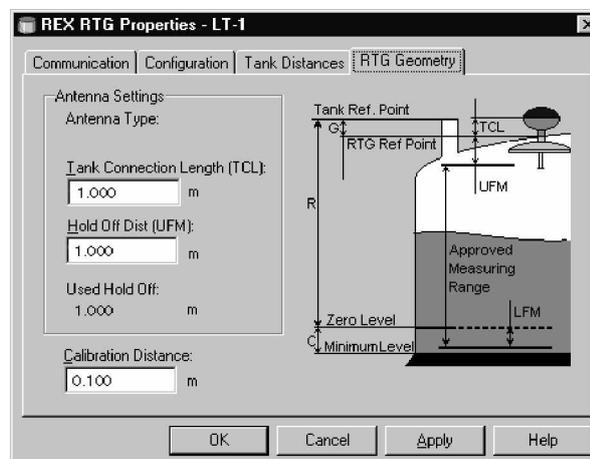
Figura 8. Mantenimiento de antena



4.6 Calibración

Normalmente se necesita un ajuste mínimo del parámetro de de la distancia de calibración y de los parámetros físicos de los tanques por medio del setup del programa principal del software de monitoreo, para sincronizar con precisión el medidor y hacerlo coincidir con el valor tomados manualmente, se recomienda que se realice la medición cuando no haya movimiento del tanque y estando en su valor mínimo. Los parámetros básicos son: nivel mínimo, nivel cero, punto de referencia del tanque, rango de medición autorizado, así también otros parámetros físicos del tanque para hacer inventarios finales como el volumen del mismo etc.

Figura 9. Pantalla de calibración



5. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PERIFÉRICOS UTILIZADOS PARA DETECCIÓN DE NIVEL

5.1 Adquisición de datos

La cabeza trasmisora del sensor de nivel, es básicamente una computadora ya que contiene los elementos de una PC, memoria, unidad de procesamiento, módulos de entrada y salida, por lo tanto este enviara y recibirá datos que serán enviados a la unidad de comunicación de campo (FCU) vía cables de datos. Este es necesario direccionarlo desde el setup del software de monitoreo de tanques. Este equipo acepta información proveniente de sensores de temperatura que se instalaran o no dependiendo de la aplicación.

Figura 10. Cabeza transmisor



5.2 Unidad de comunicación de campo (FCU)

La unidad de comunicación de campo (FCU), es un concentrador que continuamente muestrea datos desde los circuitos de campo utilizando modulación FSK, en este caso los medidores radar desde diferentes puestos, así como modulo de entrada y salida, otros FCUs etc., y almacena los datos en una memoria buffer.

Sin embargo una solicitud para datos es recibida desde un host, el FCU puede inmediatamente enviar los datos desde la descarga del buffer de la memoria.

El FCU puede solicitar servicio desde un amplio rango de host / DCS, otros valores utilizando protocolo Modbus, cada puerto puede ser configurado tanto como maestro o como esclavo. Este dispositivo no es a prueba de explosiones por lo que es necesario ubicarlo en un lugar seguro.

Figura 11. Unidad de comunicación de campo



5.3 Modem bus de campo (FBM)

El FBM es usado para conexión al software de monitoreo PC al bus de campo. El FBM es conectado a la PC usando RS 232 o interfase USB. Este se configura desde el setup del software de monitoreo así mismo que puerto se utilizará, ya sea el RS232C o el puerto USB. Este se instala en un lugar seguro porque no es a prueba de explosión, principalmente se instala en las oficina de administración o en la sala de comunicaciones.

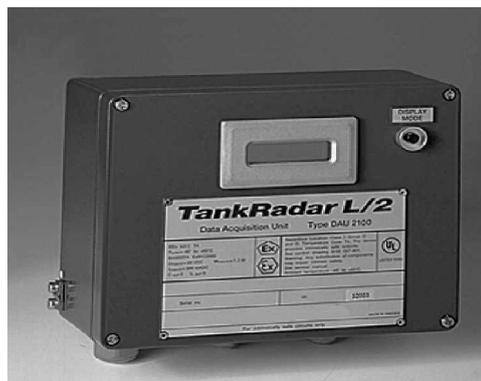
Figura 12. Modem bus de campo (FBM)



5.4 Unidad de adquisición de datos (DAU)

La Unidad de Adquisición de Datos (DAU) es un complemento del medidor de Radar de Tanque (RTG) para la comunicación de los distintos sensores de medición de temperatura. El DAU es intrínsecamente seguro y se conecta al RTG en el mismo tanque, recibe la alimentación del RTG y se comunica a través de este. Puede ir equipada opcionalmente con un Display de Lectura Local que indica el nivel del producto, así como los parámetros medidos por la propia DAU, este puede ir instalada al pie del tanque en cuestión.

Figura 13. Unidad de adquisición de datos esclava (DAU)

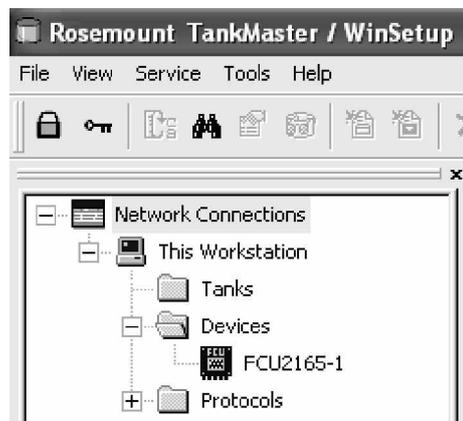


5.5 Direcccionamiento de sensores

5.5.1 Pasos para direccionamiento de transmisor de nivel .

1. En el setup del software de monitoreo ingresar los datos del FCU a utilizar, en este apartado se pedirán los datos del equipo así como su respectivo direccionamiento.

Figura 14. Pantalla en el setup, paso 1.



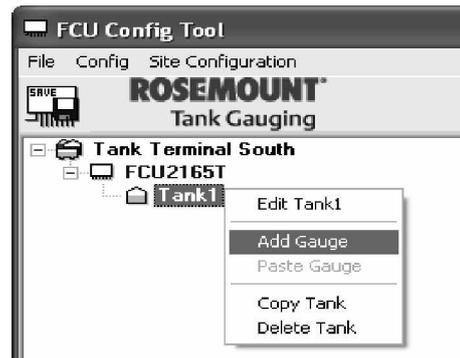
2. Una vez que se haya ingresado los datos del equipo FCU, es necesario ingresar los datos del tanque asociado a este FCU.

Figura 15. Pantalla en el setup, paso 2.



3. Cuando se tengan estos datos grabados el siguiente paso es configurar el respectivo medidor (gauge) al tanque seleccionado así como su propio direccionamiento (Add Gauge).

Figura 16. Pantalla en setup, paso 3.



- Cuando se configuran los medidores tipo radar este programa pedirá los datos del sensor tipo radar, la configuración de parámetros variara dependiendo del tipo de medidor a configurarse.

5.6 Transmisión de datos

5.6.1 Transmisión analógica: Estas señales se caracterizan por el continuo cambio de amplitud de la señal. En la ingeniería de control de procesos la señal oscila entre 4 a 20 mA, y es transmitida en forma puramente analógica. En una señal analógica el contenido de información es muy restringida; tan solo el valor de la corriente y la presencia o no de esta puede ser determinada.

5.6.2 Transmisión digital: Estas señales no cambian continuamente, si no que es transmitida en paquetes discretos. No es inmediatamente interpretada, si no que debe ser primero decodificada por el receptor.

El método de transmisión también es otro: como pulsos eléctricos que varían entre dos niveles distintos de voltaje. En lo que respecta a la ingeniería de procesos, no existe limitación en cuanto al contenido de la señal y cualquier información adicional.

5.7 Medios de transmisión industrial

Lo que se busca en la comunicación industrial, es mayor información transmitida a mayor velocidad de transmisión. Por lo que la demanda de mejores características para los medios de transmisión es mayor. Esto es particularmente cierto para las redes industriales de comunicación, en donde las condiciones distan mucho de ser ideales debido a las posibles interferencias de máquinas eléctricas y otros. Por esta razón, el mejor medio de transmisión depende mucho de la aplicación. A continuación algunos de los más importantes medios de transmisión:

- Cables trenzados (TWISTED CABLE).
- Cables coaxiales.
- Cables de fibra óptica.

Figura 17. Cable trenzado



5.8 Interfaz física industrial

Para elegir una interfaz física se toma en cuenta la confiabilidad de transmisión y los costos, por lo tanto a pesar de las altas velocidades de transmisión que se puede obtener con un interfaz paralela, es muy costosa para ser instalada. Por esta razón la interfaz estándar para el campo industrial es la serial. Los bajos costos de la instalación, líneas más largas y transmisión más segura compensan las menores velocidades de transmisión. A continuación describiremos algunas interfaces seriales encontradas en el campo industrial.

5.8.1 Interfaz RS-232C: Eléctricamente el sistema esta basado en pulsos positivos y negativos de 12 voltios, en los cuales los datos son codificados. también utilizan cable multifilar.

5.8.2 Mecánicamente este estándar tiene conectores de 9 a 25 pines, las señales principales que llevan a los datos de un terminal a otro son líneas de "Transmit Data" y "Receive Data", para ser posible la transmisión, se requiere una tercera línea que lleva el potencial común de referencia, el resto de líneas no son imprescindibles.

Figura 18. Conector RS 232C



5.8.2 Interfaz RS-485: Esta interfaz permite que actúen hasta 32 dispositivos en calidad de transmisores o receptores, los cuales pueden ser conectados a un cable de dos hilos, es decir a una verdadera operación de bus. El direccionamiento y respuesta a los comandos debe ser resuelta por el software. La máxima longitud de las líneas de transmisión para esta interfaz varía entre 1200 metros a una velocidad de 93.75 Kbps hasta 2000 metros a una velocidad de 500 Kbps. Esta interfaz usa tres estados lógicos '0', '1' y 'non-Data', esta última es usada para el control o sincronización del flujo de datos; esta interfaz es encontrada con frecuencia en el campo industrial. Al utilizar pares de cables trenzados y blindados, se asegura una comunicación confiable y económica.

Figura 19. Conector RS 485



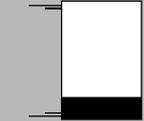
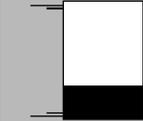
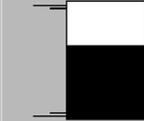
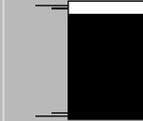
5.9 Presentación de información

Datos son los hechos que describen sucesos y entidades. "Datos" es una palabra en plural que se refiere a más de un hecho. A un hecho simple se le denomina "data-ítem" o elemento de dato. Los datos son comunicados por varios tipos de símbolos tales como las letras del alfabeto, números, movimientos de labios, puntos y rayas, señales con la mano, dibujos, etc. Estos símbolos se pueden ordenar y reordenar de forma utilizable y se les denomina información. Los datos son símbolos que describen condiciones, hechos, situaciones o valores. Los datos se caracterizan por no contener ninguna información. Un dato puede significar un número, una letra, un signo ortográfico o cualquier símbolo que represente una cantidad, una medida, una palabra o una descripción. La importancia de los datos está en su capacidad de asociarse dentro de un contexto para convertirse en información. Por si mismos los datos no tienen capacidad de comunicar un significado y por tanto no pueden afectar el comportamiento de quien los recibe. Para ser útiles, los datos deben convertirse en información para ofrecer un significado, conocimiento, ideas o conclusiones.

En el grupo de gráfico de barras de cada tanque en un grupo representado por una grafica de barras mostrando el nivel del producto de cada tanque. Para cada tanque los parámetros por default son listados asi:

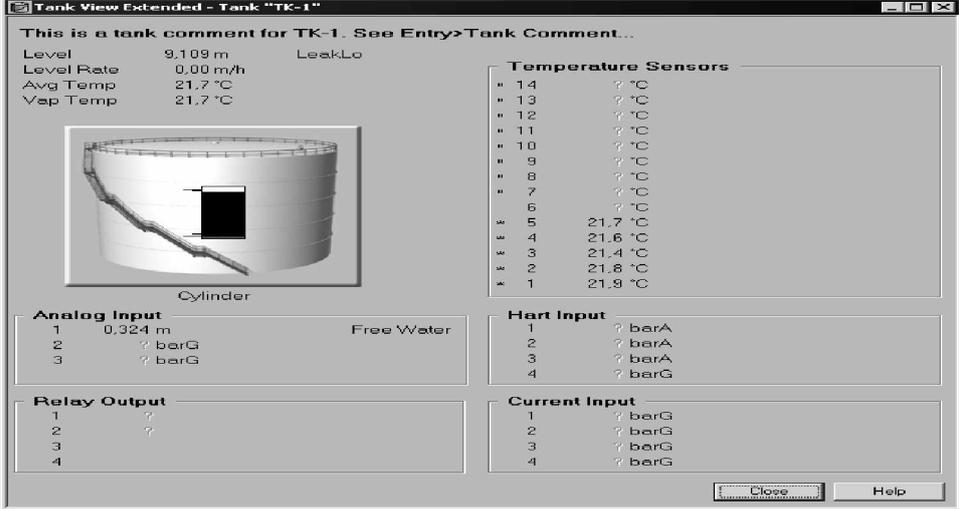
- Producto
- Nivel
- Temperatura Promedio (Avg Temp)
- Volumen total Observado (TOV)
- Volumen Neto Estándar (NSV)
- Peso en aire (WIA)

Figura 20. Grupo de tanques

	TK-1	TK-2	TK-3	TK-4	Total:
Product	Crude	Crude	Crude	Crude	
Level	 3.604 m	 5.527 m	 12.622 m	 17.866 m	
Avg Temp	26.3 °C	27.4 °C	23.2 °C	26.8 °C	
TQV	5488.774 m3	6633.499 m3	12622.905 m3	17868.721 m3	42613.900 m3
NSV	5436.082 m3	6563.184 m3	12534.544 m3	17688.247 m3	42222.058 m3
WIA	4614.038 ton(m)	5570.700 ton(m)	10639.071 ton(m)	15013.431 ton(m)	35837.239 ton(m)

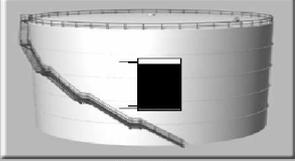
La información presentada por el software de monitoreo de tanques muestra los valores de cada tanque por los sensores de radar individualmente o aquel que se haya seleccionado, presentando un listado de variables de interés para operadores así como la administración, gerencia de la terminal.

Figura 21. Tanque individual



This is a tank comment for TK-1. See Entry>Tank Comment...

Level 9,109 m LeakLo
 Level Rate 0,00 m/h
 Avg Temp 21,7 °C
 Vep Temp 21,7 °C


Cylinder

Temperature Sensors

- # 14 ? °C
- # 13 ? °C
- # 12 ? °C
- # 11 ? °C
- # 10 ? °C
- # 9 ? °C
- # 8 ? °C
- # 7 ? °C
- # 6 ? °C
- # 5 21,7 °C
- # 4 21,6 °C
- # 3 21,4 °C
- # 2 21,6 °C
- # 1 21,9 °C

Analog Input

- 1 0,324 m Free Water
- 2 ? barG
- 3 ? barG

Hart Input

- 1 ? barA
- 2 ? barA
- 3 ? barA
- 4 ? barG

Relay Output

- 1 ?
- 2 ?
- 3 ?
- 4 ?

Current Input

- 1 ? barG
- 2 ? barG
- 3 ? barG
- 4 ? barG

Close Help

6. DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE NIVEL POR MEDIO DE RADAR

El Diseño de un sistema de nivel se hará en base a los datos proporcionados por la Terminal Piedras Negras son:

1. 8 tanques de petróleo crudo con alto grado de concentración de gas H₂S, distribuidos en un área aproximadamente de 200X200mts.
2. Instalaciones para la instalación de equipo de cómputo en oficinas.

6.1 Equipos necesarios para detección de nivel en ocho tanques:

Requerimiento de software y hardware.

6.1.1 Software

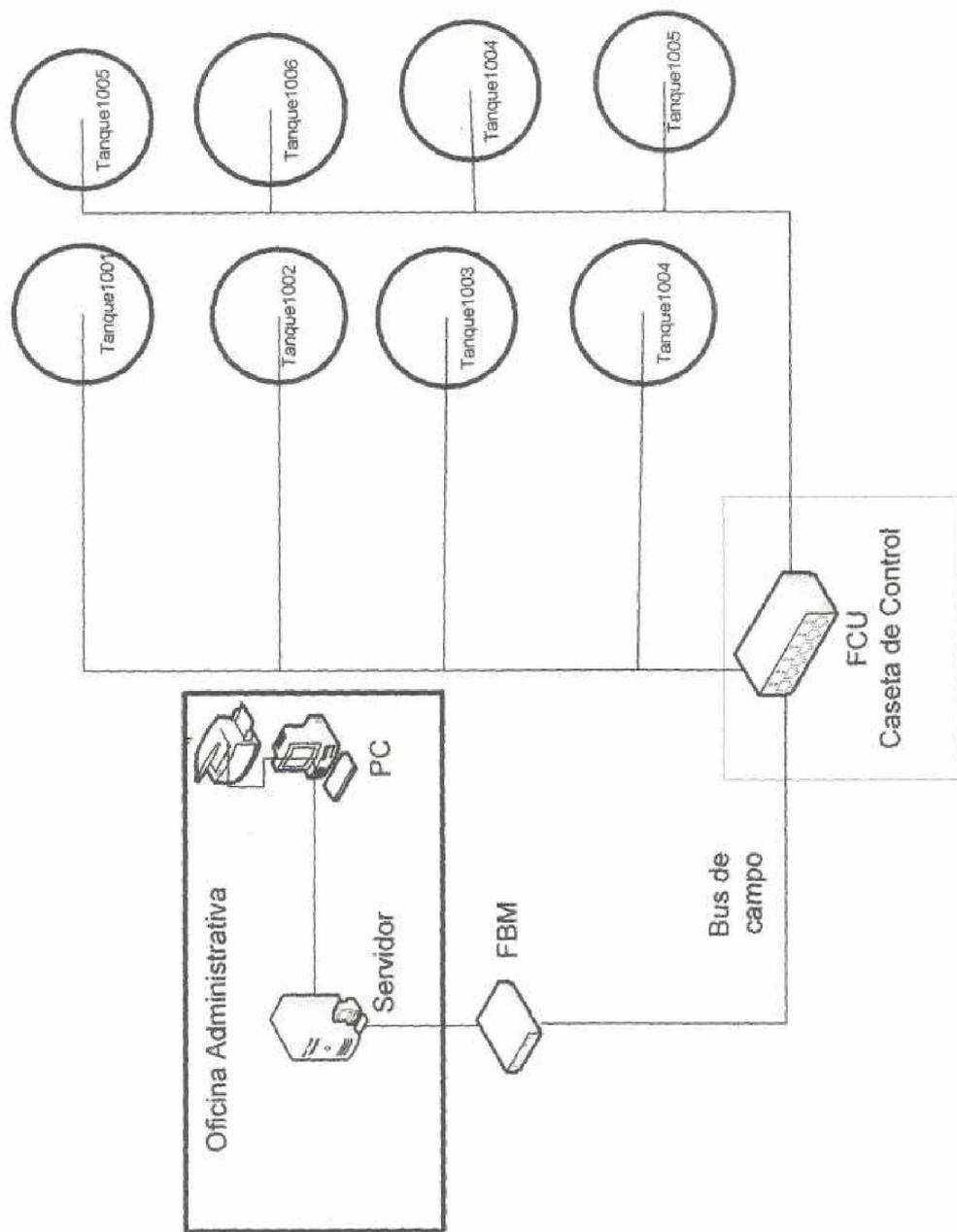
Windows XP, Windows NT 4.0 o posterior, sistema de archivos NTFS, FAT, memoria virtual 300Mb.

6.1.2 Hardware

1. Procesador Intel Pentium o procesador compatible 2Ghz.
2. Espacio de disco duro de 40Gb.
3. Cd- room player.
4. Memoria interna (RAM): 1024MB
5. Dos puertos RS-232, 2 USB.
6. Monitor de 17 pulgadas
7. Tarjeta gráfica: 65536 colores
8. Field Bus Modem (FBM 2180)
9. 1 tarjeta de red
10. Swicht mínimo 4 puertos
11. Impresora

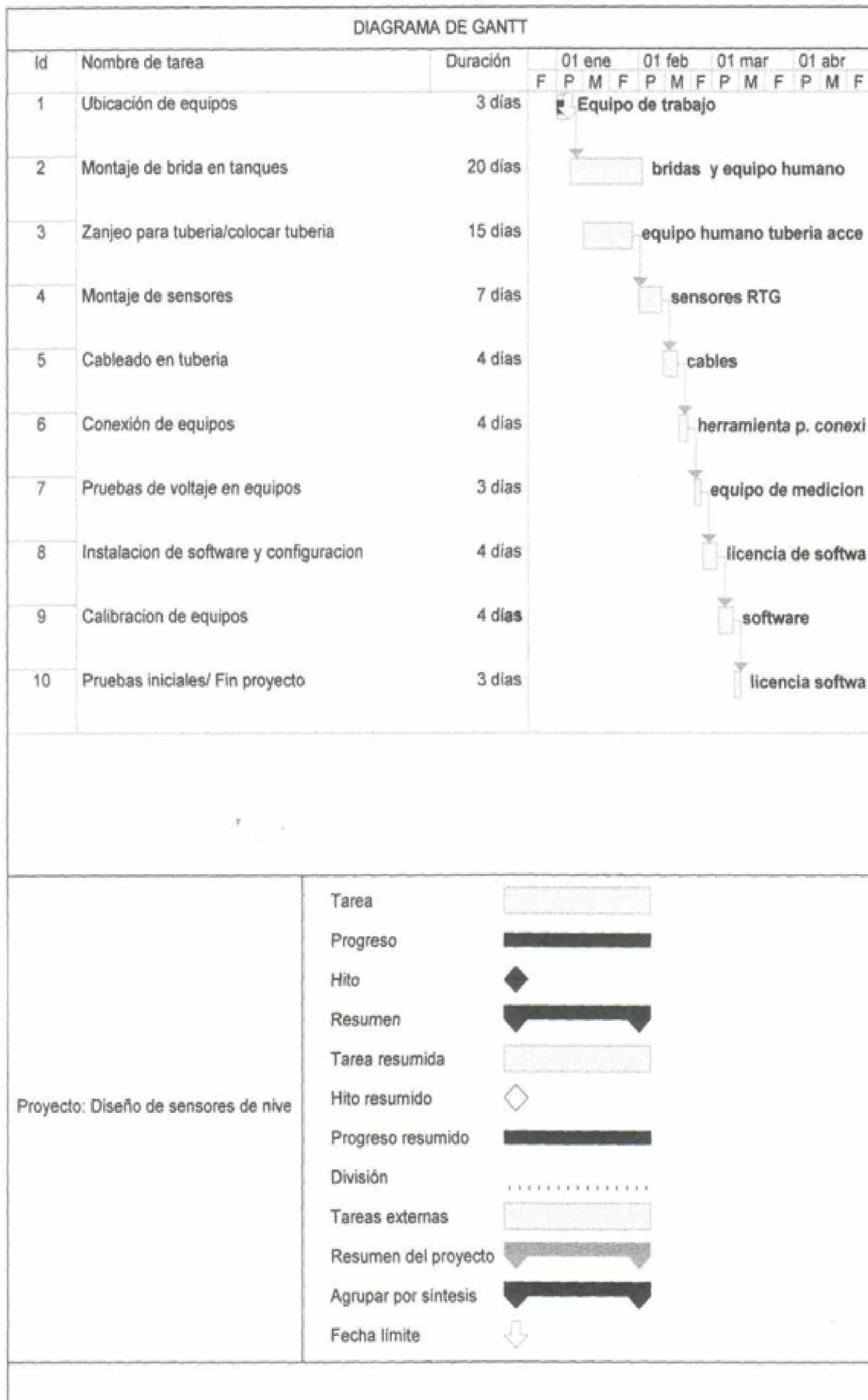
6.2 Listado de equipo & software.

- 8 sensores de nivel RTG 3930 Tank Radar Rex Saab
- 8 sensores de temperatura tipo RTD
- 1 FCU 2160 Saab
- 1 FBM 2180 Saab
- 1 Licencia de Software Tank Master HMI



Terminal Piedras Negras	
Medicion de nivel de tanques	Fecha

Esquema de Red



6.3 Costos

Tabla I. Costos

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Sensor nivel RTG 3930	8 un.	US\$ 6,500.00	US\$52,000.00
Sensor de temperatura RTD	8 un.	US\$ 1,800	US\$14,400.00
Swicth FCU 2160	1 un.	US\$2,500	US\$2,500.00
Modem FBM 2180	1 un.	US\$3,000.00	US\$3,000.00
Software Tank Master HMI	1un.	US\$4,200.00	US\$4,200.00
Computadora /Servidor	2 un.	US\$1,600.00	US\$3,200.00
Impresora Multifuncional	1un.	US\$950.00	US\$950.00
Swicth 6 puertos	1 un.	US\$400.00	US\$400.00
TOTAL.....			US\$80,250.00

CONCLUSIONES

2. Es evidente que una mejoría puede existir en la seguridad industrial, entre los empleados y áreas aledañas en lo que respecta a la modernización de las instalaciones de monitoreo de nivel , ya que se puede observarse en otras instalaciones que se ha puesto en marcha, sistemas similares ha ayudado al mejor desempeño de las actividades de los empleados, así como la mejoría respecto a la administración de los inventarios que son fundamentales en las operaciones de almacenamiento y distribución de productos del petróleo o derivados del mismo.

3. La inclusión de sistemas modernos de medición no puede ser sustituto de las medidas preventivas adoptadas por personal involucrado ante las fugas de gas H₂S, sino un complemento de este, por lo cual es necesario seguir mejorando los programas de contingencias ante cualquier evento.

4. Es imprescindible que los sistemas de medición se vayan mejorando a medida que estos operen al máximo, así podrán obtenerse resultados satisfactorios. Los conocimientos obtenidos en este diseño han permitido ampliar el horizonte en lo referente a la tecnología industrial y que este seguirá creciendo, por lo que es importante mantenerse al día con respecto a los conocimientos en esta área tan interesante.

RECOMEDACIONES

2. Debido al conocimiento que se deben tener para la puesta en marcha de equipos de medición, es conveniente que el personal involucrado tenga el suficiente conocimiento del mismo, a fin de obtener resultados satisfactorios.
3. Involucrar a todo el personal administrativo y técnico en el momento de la puesta en marcha de sistema de monitoreo de nivel.
4. Tener al alcance del personal encargado del mantenimiento los manuales técnicos de los equipos instalados en el área.
5. Llevar registros de mantenimiento al día, para mantener niveles óptimos de medición.
6. Tener en cuenta que los sistemas de medición son complementos que no sustituyen a los programas preventivos de seguridad industrial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Española de Toxicología. Secuelas Neurológicas Irreversibles causadas por una exposición al Sulfuro de Hidrógeno H₂S en un accidente laboral. (Pamplona, España; vol. 24 (número 001): pp. 45-47. 2007.
2. Carson R. Harris. Manual de toxicología para médicos. (España: Editorial Elsevier, 2008) pp 179-182.
3. Creus Sole Antonio. Instrumentación Industrial. (Editorial: Marcombo, 2005) 775pp.
4. D. Kraus John. Electromagnetismo. (Mexico: Editorial: Mcgraw Hill,1986) 829pp.
5. Long Bob, Bob Gardner. Guide to Storage Tanks and Equipment. (U.S.A. Editorial John Wiley & Sons, 2004) pp. 1-14.
6. Mortimer Charles E. Química. (México D.F: Editorial: Iberoamérica, 1983) 768pp.
7. Rodríguez Ricardo y otros. Manual del Observador de Radar. (España: Editorial Illustrated, 1996) 192 pp.
8. Rosemount, Emerson Process Management. High Precision Tank Gauging System (3o. Edición; Rev.G. 2007) 65 pp.