

**DISEÑO DE SISTEMA DE MEDICIÓN ESTÁTICA PARA TRANSFERENCIA DE
CUSTODIA EN TANQUE DE CRUDO**

YULIÉ ALEXANDRA TORRES TRIANA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C.

2.014

**DISEÑO DE SISTEMA DE MEDICIÓN ESTÁTICA PARA TRANSFERENCIA DE
CUSTODIA EN TANQUE DE CRUDO**

YULIÉ ALEXANDRA TORRES TRIANA

**Proyecto de grado para obtener el título de Especialista en Instrumentación
Electrónica**

Asesor

Ingeniero Fernando Rivera

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C.

2.014

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
1. CASO DE NEGOCIO	7
1.1. ANTECEDENTES	7
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	7
2. OBJETO DEL PROYECTO	9
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
2.2. PROBLEMA A SOLUCIONAR.....	9
3. SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA.....	10
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	10
3.2. ALCANCE DEL PROYECTO	10
4. INGENIERÍA BÁSICA	11
4.1. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.....	11
4.1.1. De funcionamiento	11
4.1.2. De montaje físico	11
4.1.3. De ambiente de operación	11
4.1.4. De gestión.....	12
4.1.5. Normativos y de calidad.....	12
4.1.6. Legales	13
4.2. ALCANCE DEL PROYECTO	13
4.2.1. En lo organizacional.....	13
4.2.2. En lo legal	14

4.2.3.	En lo financiero	14
4.2.4.	En infraestructura	14
4.2.5.	En tiempo	14
4.2.6.	Riesgos del proyecto.....	15
5.	INGENIERÍA BÁSICA	16
5.1.	DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SOLUCIÓN.....	16
5.2.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	16
5.2.1.	Requerimientos Técnicos	17
5.2.2.	ÁRBOL DE TAREAS	21
6.	INGENIERÍA DE DETALLE	22
6.1.	DOCUMENTOS DE INGENIERÍA QUE COMPONEN LA SOLUCIÓN:.....	22
6.2.	USO DE BIENES DE CAPITAL PARA LA SOLUCIÓN.....	23
6.2.1.	Uso de maquinaria y equipos	23
6.2.2.	Uso de vehículos	23
6.2.3.	Uso de software y licencias.....	23
6.2.4.	Construcciones, muebles y enseres	23
7.	FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO	24
7.1.	EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO.....	24
8.	PROCURA	25
8.1.	PROVEEDORES.....	25
8.2.	COSTO DE MATERIALES	25
8.3.	COSTO DE PERSONAL	26
9.	BIBLIOGRAFÍA	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ambiente de operación	12
Tabla 2. Aspecto organizacional.....	13
Tabla 3. Tiempos de ejecución del proyecto	15
Tabla 4. Documentos de Ingeniería	22
Tabla 5. Maquinaria y equipos	23
Tabla 6. Muebles y enseres	23
Tabla 7. Proveedores	25
Tabla 8. Costo de materiales	25
Tabla 9. Costo de personal.....	26

INTRODUCCIÓN

El proyecto realizado surge por la necesidad de optimizar el proceso de medición estática realizada sobre un tanque de crudo de un cliente independiente. El propósito es garantizar una medida exacta en procesos de transferencia en custodia de medición estática.

La planeación de este proyecto tiene como objetivo la conceptualización de la solución enfocada a la oportunidad de negocio, de acuerdo a las necesidades presentadas por un cliente independiente que comercializa crudo. En este documento se estructura la ingeniería básica y detallada, costo de la ejecución y precio de venta.

En el documento el lector encontrará la información técnica de los elementos que conforman la solución, tiempos de ejecución, aspectos económicos entre otros temas que son de vital importancia para dar solución a la necesidad planteada.

1. CASO DE NEGOCIO

1.1. ANTECEDENTES

Existe una estación distribuidora de crudo la cual realiza el transporte por medio de carrotanques para repartición regional, esta recibe crudo liviano de 20° API del oleoducto el cual transita a 400m de la estación, Por medio de un oleoducto de 30". Este entrega a la estación un aproximado de 3000 bbls/día, los cuales se almacenan en un tanque de techo cónico de 5800 bbls de capacidad (9.75 m alto x 11.58 m diámetro). Dicho tanque cuenta con válvulas manuales de 6" y bombas de trasiego para la entrada y salida de producto.

La indicación de nivel está dada por una regleta externa tipo flotador y no existe ningún control, ya que la operación es completamente manual.

El oleoducto mide el crudo entregado a la estación mediante un transmisor de flujo tipo ultrasónico de 30", mientras que la estación mide el recibo con medición estática por cinta.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La desviación entre mediciones da lugar a constantes reclamaciones las cuales están representadas en pérdida de dinero; debido a que el estándar de medición indica que en una medición de transferencia de custodia la credibilidad de la medida se le otorgará al medidor de mejores características. En este caso el Oleoducto cuenta con un sistema de medida de $\pm 0,05\%$ de precisión, mientras la estación es de $\pm 1\%$. En tal caso, cuando la diferencia es a favor de la estación este debe pagar el volumen totalizado por el oleoducto, así este sea menor. Igual pasa con las diferencias en contra; deberá pagar lo medido por el oleoducto.

Por otra parte, la instalación de interruptores de nivel disminuye el riesgo de derrames que atenten con la seguridad de la operación, integridad de las instalaciones, perjuicio al medio ambiente y la salud del personal. Además se protegerán los equipos rotativos que representan un costoso activo de la estación.

Beneficios para el cliente:

- Disminución de la incertidumbre en la medida volumétrica.
- Equidad y transparencia en la facturación volumétrica al lograr reducir la diferencia entre la medición del despacho (Oleoducto) vs. la medición del recibo (Estación).
- Mejorar la seguridad en la operación al contar con control de nivel evitando el riesgo de derrame de producto.
- Aumentar la vida útil de las bombas al disminuir el riesgo de succión en vacío.

- Disminuir la frecuencia de mantenimiento de los equipos rotativos, reflejado en ahorro de dinero, mantenimientos, contratación de especialistas y compra de repuestos.

Desventajas por la no ejecución del proyecto:

- Pérdida de dinero en la facturación de transferencia de custodia.
- Riesgo operacional y ambiental por derrames de producto.
- Gastos excesivos en manteamientos preventivos y correctivos de los equipos rotativos.

Beneficios para el proveedor de la solución:

- Buena imagen ante el cliente.
- Reconocimiento en la industria.
- Optima percepción financiera.
- Adquirir experticia en proyectos de medición.

2. OBJETO DEL PROYECTO

DISEÑO DE SISTEMA DE MEDICIÓN ESTÁTICA PARA TRANSFERENCIA DE CUSTODIA EN TANQUE DE CRUDO

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir y analizar las características técnicas de los componentes empleados para la solución propuesta sobre medición para transferencia de custodia para medición estática.
- Especificar los costos que se deben tener en cuenta para realizar la ingeniería básica y detallada del proyecto.
- Determinar cuáles son entregables correspondientes y sus tiempos respectivos.

2.2. PROBLEMA A SOLUCIONAR

La estación presenta dos problemas críticos:

- La transferencia de custodia presenta una desviación en el volumen comercializado de $\pm 10\%$ entre la medición volumétrica del Oleoducto con respecto a la de la estación. Esto se debe a la diferencia de tecnologías implementadas. Mientras el Oleoducto mide la entrega de producto mediante medición dinámica usando un medidor de flujo tipo ultrasónico de $\pm 0.05\%$; la estación mide el recibo de crudo mediante medición estática con cinta con una precisión del $\pm 1\%$. Esta desviación entre medidas, da lugar a constantes reclamaciones y genera un alto grado de incertidumbre de los volúmenes reales manejados en el proceso de transferencia de custodia.
- El tanque de almacenamiento no cuenta con un sistema de instrumentación que garantice el control de nivel y por tanto existe un riesgo potencial de derrame de crudo, conllevando a un impacto ambiental importante y aumentando el peligro en la operación. Por otra parte, existe el riesgo mecánico en el cual la bomba de salida del tanque succione en vacío por un bajo nivel en el mismo; esto conlleva a pérdidas económicas ya que los internos de la bomba podrían averiarse.

3. SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para solucionar la desviación entre la medición del oleoducto y la estación; se propone instalar un sistema de medición estática de acuerdo al estándar API MPMS Capítulo 3 - Medición en Tanques - para transferencia de custodia; instalando un medidor de nivel tipo radar con compensación por temperatura conectados a un computador de flujo.

Adicional al medidor de nivel, se pretende instalar interruptores de nivel para controlar los niveles alto y bajo del producto. Dichos interruptores tendrían enclavamiento con las bombas de recibo y entrega para parar su funcionamiento cuando sea necesario. No es alcance del proyecto el suministro y coneccionado de las nuevas señales al sistema de control de la estación.

3.2. ALCANCE DEL PROYECTO

Diseño del sistema de medición estática para transferencia de custodia en tanque de crudo

4. INGENIERÍA BÁSICA

4.1. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

4.1.1. De funcionamiento

Se propone diseñar un sistema de medición estática de acuerdo al estándar API MPMS Capítulo 3 -Medición en Tanques- para transferencia de custodia; instalando un medidor de nivel tipo radar con compensación por temperatura conectados a un computador de flujo. Adicional al medidor de nivel, se pretende instalar interruptores de nivel para controlar los niveles alto y bajo del producto. Dichos interruptores tendrían enclavamiento con las bombas de recibo y entrega para parar su funcionamiento cuando sea necesario.

4.1.2. De montaje físico

El transmisor de nivel tipo radar se ubicará en el techo del tanque en una conexión bridada de 2" y avance de 4" separado de la pared del tanque según la recomendación del fabricante (2 m aprox.). El transmisor tendrá un display remoto localizado en pie de tanque para visualización y acceso del operador a nivel de piso.

Los interruptores de nivel indicaran niveles HH (alto-alto), H (alto), L (bajo) y LL (bajo-bajo), con conexión bridada lateral de 2".

El computador de flujo se ubicara en el cuarto de control existente, el cual es una habitación refrigerada apta para la operación de equipos eléctricos de cómputo.

4.1.3. De ambiente de operación

La Estación está ubicada en el municipio de Monterrey (Casanare); las condiciones ambientales del lugar de ejecución son las siguientes:

ESTACIÓN	
Temperatura ambiente	Mínima: 25°C
	Media: 26°C
	Máxima: 27°C
Altitud	1137 m.s.n.m
Presión Barométrica	12.7 psia
Zona sísmica	2B
Humedad Relativa	Mínima: 44%
	Media: 83%
	Máxima: 97%

Tabla 1. Ambiente de operación

Los instrumentos se especificaran con protección para ambiente tropical, con cerramiento a prueba de agua y polvo y aptos para funcionamiento a la intemperie. Adicional serán a prueba de explosión considerando los criterios de falla segura y conforme a la clasificación de áreas.

4.1.4. De gestión

El sistema será supervisado por el operador que esté en turno, quien podrá verificar los datos de la comercialización del crudo con el ticket que se imprime desde el computador de flujo.

4.1.5. Normativos y de calidad

Para sistemas de transferencia de custodia aplican los siguientes estándares internacionales:

- API MPMS Capítulo 3 -Medición en Tanques.
- ISA 5.1 2009 Instrumentation Symbols and Identification.
- NFPA 70 NATIONAL ELECTRIC CODE.
- American National Standard Institute (ANSI).
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Instrument Society of American (ISA).
- International Organization of Standardization (ISO).
- LEGIS, Actualización No. 27 – Julio 2004, Régimen Legal del Medio Ambiente, Colombia.
- Normas Técnicas Colombianas (NTC).
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA).
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
- Otras normas y estándares de la Estación X aplicables a la ejecución del proyecto.

4.1.6. Legales

La implementación debe estar de acuerdo a las especificaciones legales de calidad y cantidad de crudo liviano comercializado en transferencia de custodia para sistemas de medición estática, acordadas contractualmente entre la Estación y su proveedor de hidrocarburos.

El sistema de medición será auditado según como lo acuerden las partes, y los hallazgos, evidencias de las auditorias constituyen una prueba legal para cualquier trámite de reclamación a que hubiera lugar.

4.2. ALCANCE DEL PROYECTO

Diseño del sistema de medición estática para transferencia de custodia en tanque de crudo

4.2.1. En lo organizacional

Para el desarrollo de la ingeniería de básica y detalle "DISEÑO DE SISTEMA DE MEDICIÓN ESTÁTICA PARA TRANSFERENCIA DE CUSTODIA EN TANQUE DE CRUDO", se deberá designar el siguiente personal como mínimo:

PERSONAL	REQUISITOS MÍNIMOS	CANTIDAD
Coordinador de Ingeniería	Ingeniero Electrónico, Mecánico o afines, con experiencia mínima de siete (7) años comprobable en diseño de ingeniería y dos (2) años en coordinación de proyectos.	1
Ingeniero de Procesos	Ingeniero Químico, con experiencia mínima de tres (3) años comprobable en ingeniería de procesos.	1
Ingeniero Instrumentista	Ingeniero Electricista, Electrónico o afines, con experiencia mínima de tres (3) años comprobable en diseño de ingeniería.	1
Ingeniero Electricista	Ingeniero Electricista, Electrónico o afines, con experiencia mínima de tres (3) años comprobable en diseño de ingeniería.	1
Proyectista de Instrumentación	Tecnólogo Electricista, Electrónico o afines, con experiencia mínima de dos (2) años comprobable en manejo de Autocad y diseño de planos de ingeniería.	1
Documentador	Documentador con experiencia mínima de tres (3) años comprobable en manejo y revisión de calidad de documentación de ingeniería.	1

Tabla 2. Aspecto organizacional

4.2.2. En lo legal

Se requiere cumplir con la normatividad del Ministerio del Medio Ambiente y del Ministerio de Minas y Energía, para transferencia de custodia en sistemas de medición estática en tanques de crudo.

4.2.3. En lo financiero

Para el desarrollo de la ingeniería básica y detallada se calcula en 3,5 meses aproximadamente 2500 horas. La tarifa de hora-hombre de ingeniería es de \$75.000, es decir que la ingeniería tendría un costo de \$185.400.000. La empresa actualmente cuenta con el capital de trabajo requerido para desarrollar este proyecto.

4.2.4. En infraestructura

Para el diseño y ejecución del proyecto se requiere uso de oficinas en la ciudad de Bogotá, la cual se encuentra ubicada en la Carrera 7 con Calle 34-28. La cual cuenta con 10 puestos de trabajo equipados, dos baños uno para hombres y otro para mujeres y dos salas de reuniones.

4.2.5. En tiempo

La ejecución de la ingeniería está proyectada para 3,5 meses tal como lo indica el siguiente cronograma:

DISEÑO DE SISTEMA DE MEDICIÓN ESTÁTICA PARA TRANSFERENCIA DE CUSTODIA EN TANQUE DE CRUDO	Días
Preliminares	
Levantamiento de información en campo	3 Días
Revisión de planos as-built de la estación X (arquitectura de control, hoja de datos de tanque de almacenamiento, hoja de datos de bombas, etc.)	5 Días
Documentos de Ingeniería	
Filosofía de operación	5 Días
Filosofía de control	5 Días
Listado de instrumentos	2 Días
Listado de cables	2 Días
Hoja de datos de instrumentos	8 Días
Especificaciones técnicas de instrumentos	10 Días
Requisición de instrumentos	8 Días
Listado de cantidades de obra	6 Días
Presupuesto	6 Días
Arquitectura de control	6 Días
Diagramas de bloques	4 Días
Típicos de montaje de instrumentos	7 Días
Típicos de conexiónado eléctrico	6 Días
Diagramas de conexiónado	4 Días
Lazos de control	4 Días

Lógicas de control	3 Días
Análisis HAZOP	4 Días
Estudio de constructibilidad	5 Días
Implementación	
Suministro de equipos	10 Días
Adecuación de la zona de trabajo	5 Días
Montaje de equipos	8 Días
Arranque y pruebas	8 Días
Puesta en servicio	3 Días
Entrega al cliente	1 Día
Operación	
Soporte al cliente	3 Días
Garantía	
Capacitación al operador	1 Día
Documentación	1 Día

Tabla 3. Tiempos de ejecución del proyecto

4.2.6. Riesgos del proyecto

Se debe contar con una contingencia en caso de fallas de suministro de energía eléctrica y para casos de emergencia como incendios. Además se debe considerar posibles conflictos de orden social presentes en la estación donde se implementará el proyecto.

5. INGENIERÍA BÁSICA

5.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SOLUCIÓN

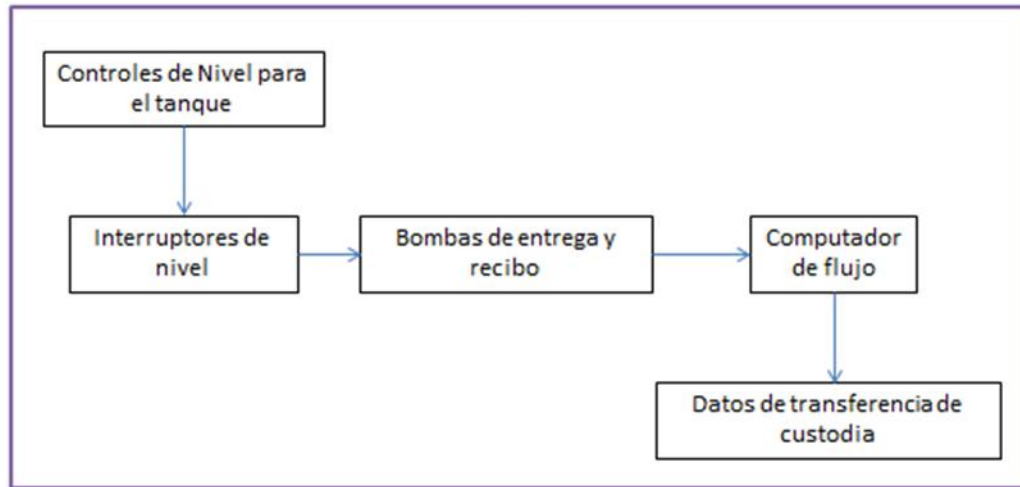


Figura 1. Diagrama de bloques de la solución

5.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La estación distribuidora de crudo a carrotanques para repartición regional, recibe crudo liviano de 20° API del oleoducto el cual transita a 400m de la estación.

La línea del oleoducto entrega a la estación un aproximado de 3000 bbls/día, los cuales se almacenan en un tanque de techo cónico de 5800 bbls de capacidad. Dicho tanque cuenta con válvulas manuales y bombas para la entrada y salida de producto. La indicación de nivel está dada por una regleta externa tipo flotador y no existe ningún tipo de control, ya que la operación es completamente manual. El oleoducto mide el crudo entregado a la estación mediante un transmisor de flujo, mientras que la estación mide el recibo con medición estática por cinta lo cual genera una gran desviación al momento de contrastar dichas medidas generando pérdidas de dinero para las partes.

Se propone instalar un sistema de medición estática para transferencia de custodia; instalando un medidor de nivel conectado a un computador de flujo. Adicional al medidor de nivel, se pretende instalar interruptores de nivel para controlar los niveles alto y bajo del producto. Dichos interruptores tendrían enclavamiento con las bombas de recibo y entrega para parar su funcionamiento cuando sea necesario.

5.2.1. Requerimientos Técnicos

En el diseño se contempla implementar un computador de flujo para la medición de crudo, el cual deberá cumplir con los requerimientos de áreas clasificadas de la estación, además de cumplir con las siguientes características:

- El computador deberá contar con los algoritmos AGA 9.(transferencia en custodia)
- El computador de flujo deberá tener funciones de auditoría (audit trail). Deberá ser
- Capaz de almacenar los datos durante 30 días como mínimo.
- El computador de flujo deberá estar basado en microprocesadores y deberá contar con una pantalla LCD. La electrónica del computador de flujo debe ser protegido contra las interferencias industriales, a prueba de choques y vibraciones y debe tener un bajo consumo de energía.
- El computador de flujo se vinculará al HMI para proporcionar datos de medición de flujo y variables de procesos relacionadas, como la presión, temperatura.
- El computador de flujo deberá calcular y mostrar el caudal instantáneo y totalizado corregido por variaciones de presión y temperatura.

El computador de flujo a construir, como mínimo deberá contar con las siguientes características:

Capacidad de señales de entrada:

- Entrada RTD.
- Entrada wet end, es para conectar el transmisor de presión se deberá incluir con equipo.
- Entradas de pulsos de alta velocidad.

Comunicaciones:

- Puerto de comunicaciones Ethernet
- Puertos RS 232 Y 485

Justificación de los componentes que se deben implementar en la tarjeta del computador de flujo.

Pantalla LCD:

Pantalla digital, gráfica y alfanumérica de plasma tipo industrial, esta permite la manipulación del operario con el fin de realizar consultas en el computador.

Alimentación:

La tarjeta deberá contar con un circuito electrónico que permita suministrar alimentación en un amplio rango este se deberá establecer entre 7 a 28 VDC, el consumo deberá estar en

0.3 Watt, deberá estar protegido por polaridad inversa y picos de corriente, se deberá implementar protecciones como fusibles de estado sólido autoreseeteables.

Opcionalmente: El computador se puede suministrar con un panel solar de 5 Watts, un controlador de carga y baterías de Litio de 11 Amp Hr.

Procesador:

Procesador Motorola deberá contar con una resolución de 32 bit a 16.7 MHz; con coprocesador matemático incluido, deberá incluir memoria Flash ROM de 4 Megabytes como mínimo; 2Megabytes en memoria RAM; para almacenamiento de datos y computo como es lo requerido. Como sistema de respaldo se deberá contar con una batería de litio, reemplazable y recargable.

Transmisor multivariable:

Incluye un módulo multivariable DOS en uno; con rango de presión diferencial de 0-250"wc (opcional 0 a 1000"wc), rango de presión estática de 0 – 3626 PSI; exactitud de $\pm 0.075\%$ de la escala total para presión estática y diferencial; rangeabilidad de 100: 1; estabilidad de los sensores del 0.1% del URL. El transmisor multivariable integrado a nuestro computador es fabricado Por Rosemount para Dynamic Fluid, cuerpo de acero inoxidable 316, conexiones de 1/4" NPT, diafragma de Hastelloy C - 276, aprobado para áreas de riesgo clase I, Div. I y 2 Grupos C y D. El sensor multivariable utilice tecnología de celda de capacitancia para medir la presión diferencial; y piezoresistiva, con silicón como fluido de relleno, para medir la presión estática. Este transmisor multivariable 2 en 1 es muestreado NUEVE veces por segundo a través de un puerto digital de alta velocidad, conectado directamente al computador.

Comunicación:

Deberá contar con dos puertos de comunicación; UN puerto de comunicación dual y Configurable en RS232 y RS485 Y OTRO puerto de comunicación Ethernet. El protocolo de comunicación es MODBUS TCP-IP y ASCII.

Entrada de RTD:

El circuito deberá contar con una entrada de RTD de 4 hilos, Pt 100, resolución de 24 bits; exactitud $\pm 0.1^\circ\text{C}$; rango de temperatura de proceso según el rango del elemento sensor.

Almacenamiento de datos:

El circuito tendrá la capacidad para almacenar 1536 (MIL QUINIENTAS TREINTA Y SEIS) HORAS de información de operación, SESENTA Y CUATRO días de reportes y SEIS meses de totales acumulados; CIEN EVENTOS POR AUDITORIA; CIEN CONDICIONES ULTIMAS DE ALARMA, VEINTE ULTIMAS CALIBRACIONES DE CINCO PUNTOS.

INTERRUPTORES DE NIVEL

El diseño contempla un sistema de control de nivel con el fin de reducir el riesgo de derrame de crudo, evitando posibles impactos ambientales y peligros en la operación dicho control se logra implementando 2 interruptores de nivel, uno por alto y otro por bajo.

Con el fin de evitar el riesgo mecánico en la bomba de salida del tanque puesto que podría succionar en vacío por un bajo nivel en el tanque, por este motivo se implementarán dos interruptores de nivel uno por bajo y otro por alto.

Los interruptores de nivel deberán contar con las siguientes características:

- Deberán cumplir con el tipo de clasificación de área donde se deben implementar.
- Ser de tipo SPDT.
- Cerramiento: Nema 4X
- Accionamiento mecánico tipo flotador.
- Conexión a proceso Bridado.
- Salida digital de 24 VDC.

MEDIDOR DE NIVEL TIPO RADAR

El diseño contempla la implementación de un medidor de nivel tipo radar dado a sus características físicas y técnicas que se requieren para dar solución al problema presentado por el cliente.

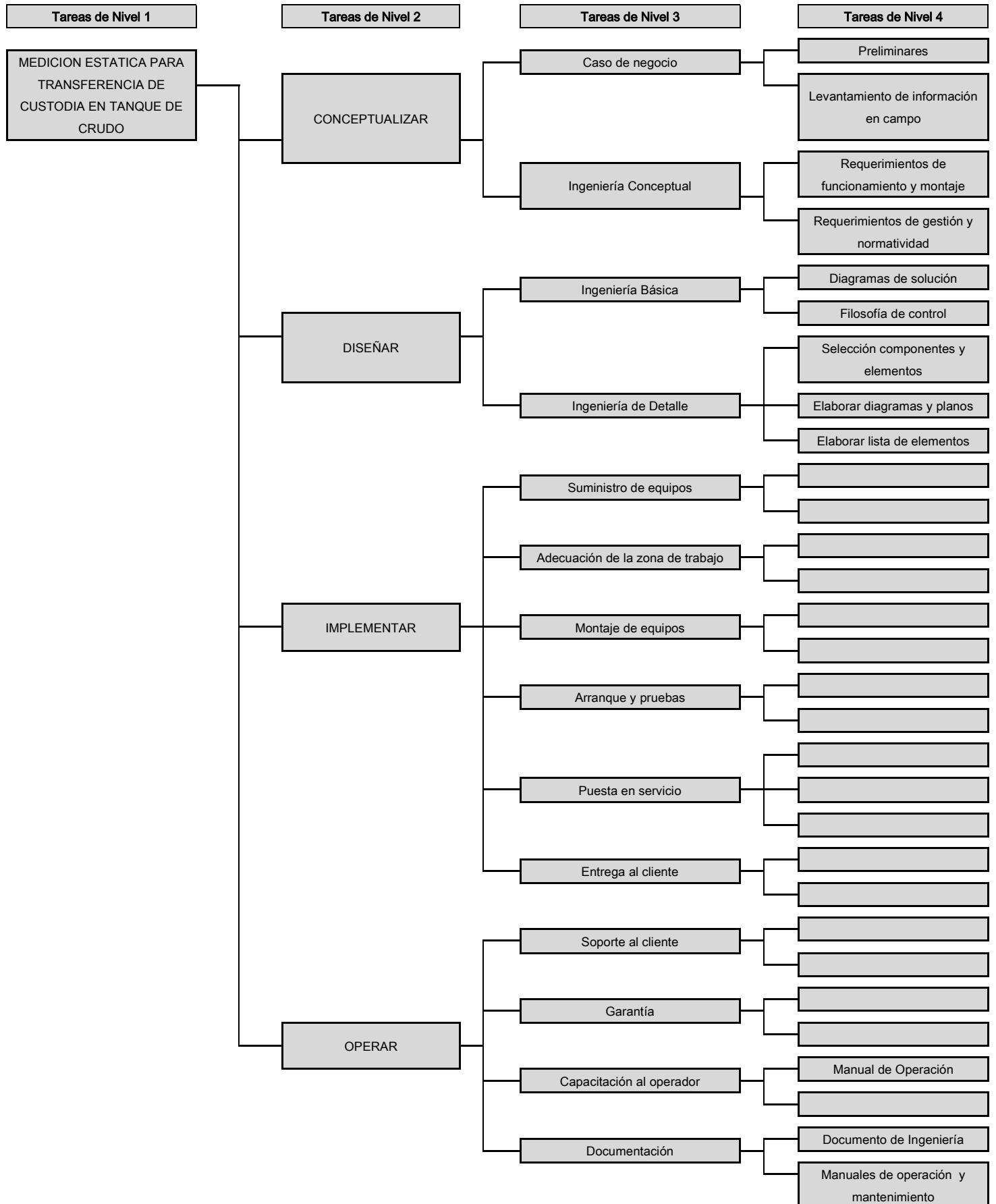
Principio de medición

El nivel del líquido se mide mediante señales de radar transmitidas desde la antena en la parte superior del tanque, una vez que la señal de radar se refleja en la superficie líquida, el eco es captado por la antena. Dado que la señal varía en frecuencia, el eco tiene una frecuencia ligeramente diferente a la de la señal transmitida en ese momento. La diferencia de frecuencia es proporcional a la distancia al líquido, y se puede calcular con precisión. Este método se denomina de Onda Continua de Frecuencia Modulada (FMCW, por sus siglas en inglés), y se utiliza en todos los medidores por radar de alto rendimiento. El tipo de medidor de nivel deberá emplear una banda de frecuencia de 10 GHz para conseguir la relación óptima entre la amplitud del haz y la sensibilidad a la contaminación de la antena. A continuación se relacionan las características mínimas que deberá contar el medidor a implementar.

- Aplicaciones: industriales químicas y petroquímicas
- Alimentación eléctrica: 24VDC
- Resolución: 0,003%
- Linealidad 0,01%
- Pantalla gráfica: cristal líquido de 6 dígitos
- Protección contra la interferencia : Nema 4X
- Unidad de visualización local

- Caja de conexiones EX(i)
- Conexion a tanque: tipo Birdado
- Salidas analogicas: 4 a 20mA+ HART
- Potencia de salida de microondas: maximo 1,0mW
- Antena tipo conica de 4 Pulgadas
- Material: Acero inoxidable
- Presicion de 3mm
- Bridas: acero al carbon galvanizado en caliente.
- Tipo de cable recomendado: Par trenzado apantallado 20AWG

5.2.2. ÁRBOL DE TAREAS



6. INGENIERÍA DE DETALLE

6.1. DOCUMENTOS DE INGENIERÍA QUE COMPONEN LA SOLUCIÓN:

ÍTEM	DOCUMENTO
1	Informe de levantamiento en campo
2	Revisión de planos as-built de la estación X (arquitectura de control, hoja de datos de tanque de almacenamiento, hoja de datos de bombas, etc.)
3	Filosofía de operación
4	Filosofía de control
5	Listado de instrumentos
6	Listado de cables
7	Hoja de datos de instrumentos
8	Especificaciones técnicas de instrumentos
9	Requisición de instrumentos
10	Listado de cantidades de obra
11	Presupuesto
12	Arquitectura de control
13	Diagramas de bloques
14	Típicos de montaje de instrumentos
15	Típicos de conexiónado eléctrico
16	Diagramas de conexiónado
17	Lazos de control
18	Lógicas de control
19	Análisis HAZOP
20	Estudio de constructibilidad
21	Implementación
22	Suministro de equipos
23	Adecuación de la zona de trabajo
24	Montaje de equipos
25	Arranque y pruebas
26	Puesta en servicio
27	Entrega al cliente
28	Operación
29	Soporte al cliente
30	Garantía
31	Capacitación al operador
32	Documentación

Tabla 4. Documentos de Ingeniería

6.2. USO DE BIENES DE CAPITAL PARA LA SOLUCIÓN

6.2.1. Uso de maquinaria y equipos

Ítem	Componente
5	Computadores portátiles
2	Impresoras
3	Elementos de papelería de oficina
1	Plotter

Tabla 5. Maquinaria y equipos

6.2.2. Uso de vehículos

Se requiere 1 camioneta 4x4 para traslado de personal y algunos equipos al lugar de ubicación del tanque de almacenamiento en Monterrey – Casanare.

6.2.3. Uso de software y licencias

Se requiere Office 2013 (3 licencias), Project (1 licencia), software para dimensionamiento de válvulas (1 licencia), y computadores con Sistema operativo Windows 7 (5 licencias).

6.2.4. Construcciones, muebles y enseres

Ítem	Cantidad	Elemento	Precio	Total
1	10	Sillas para oficina	\$ 40.000	\$ 400.000
2	5	Escritorios de trabajo	\$ 50.000	\$ 250.000
3	1	Mesa de reuniones 10 puestos	\$ 100.000	\$ 100.000
4	1	Archivador	\$ 200.000	\$ 200.000
5	10	Puntos de red y voz	\$ 10.000	\$ 100.000
6	1	Switch 3COM de 48 puertos	\$1.000.000	\$ 1.000.000
7	10	Teléfono fijo	\$ 20.000	\$ 200.000
8	2	Líneas celulares	\$ 100.000	\$ 200.000
TOTAL				\$ 2.450.000

Tabla 6. Muebles y enseres

7. FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

7.1. EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

Desde el punto de vista técnico y operativo, realizar el proyecto es factible ya que la empresa cuenta con el personal adecuado para el desarrollo de la ingeniería básica y detallada para llevar a buen término las labores planteadas al cliente, con el fin de dar solución y exactitud en sus mediciones para el proceso medición de crudo y de transferencia de custodia.

8. PROCURA

8.1. PROVEEDORES

Se presenta el listado de proveedores para realizar el proyecto:

Ítem	Descripción
1	Empresa de suministro de personal SERDAN
2	Espacio digital: entrega de planos
3	Intermática PC: suministro de computadores
4	Claro telecomunicaciones: suministro de lineas celulares
5	Papelería Panamericana: suministro utiles de oficina
6	Century 21: Alquiler de oficinas

Tabla 7. Proveedores

8.2. COSTO DE MATERIALES

ÍTEM	PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Resma de papel tamaño carta	5	\$ 10.000	\$ 50.000
2	Micropuntas	10	\$ 1.000	\$ 10.000
3	Bisturi	4	\$ 2.000	\$ 8.000
4	Borradores	10	\$ 200	\$ 2.000
5	Cinta	10	\$ 2.000	\$ 20.000
6	Portaminas	10	\$ 3.000	\$ 30.000
7	Esferos	20	\$ 2.000	\$ 40.000
8	Reglas	3	\$ 1.000	\$ 3.000
9	Tijeras	3	\$ 3.000	\$ 9.000
10	Caja de clips	7	\$ 1.000	\$ 7.000
11	Hueller	2	\$ 500	\$ 1.000
12	Folder A Z	10	\$ 3.000	\$ 30.000
13	Resaltadores	10	\$ 1.000	\$ 10.000
14	CD	20	\$ 500	\$ 10.000
15	DVD	20	\$ 1.500	\$ 30.000
16	Folder tamaño carta	15	\$ 600	\$ 9.000
17	Sobres de manila	30	\$ 200	\$ 6.000
18	Pega stick	5	\$ 1.000	\$ 5.000
19	Cosedora	3	\$ 3.000	\$ 9.000
20	Juego Geométrico	2	\$ 15.000	\$ 30.000
				\$ 319.000

Tabla 8. Costo de materiales

8.3. COSTO DE PERSONAL

A continuación se muestran los costos del personal del proyecto:

Descripción	Cantidad	Costo	Días estimados	Total
Gerente de proyecto	1	\$ 300.000	90	\$ 27.000.000
Asistente Administrativa	1	\$ 60.000	90	\$ 5.400.000
Supervisor de Ingeniería	1	\$ 150.000	70	\$ 10.500.000
Supervisor de Calidad	1	\$ 150.000	80	\$ 12.000.000
Ingeniero Electrónico	1	\$ 130.000	80	\$ 10.400.000
Dibujante	1	\$ 70.000	40	\$ 2.800.000
TOTAL				\$ 68.100.000

Tabla 9. Costo de personal

9. BIBLIOGRAFÍA

1. http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Tank%20Gauging%20Documents/Pro_Tech_n_Ed3_Rev%20E_501026_Sp_web.pdf