



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SKID DE PRUEBA DE POZOS
PARA LOS CAMPOS DE PETRÓLEO EXTRAPESADO BARE Y
ARECUNA PDVSA EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN**

Tutor Académico: Prof. Lara Alí
Tutor Industrial: Ing. Oswaldo Arrioja

Realizado por:
Br. Gabriela Rondón

Caracas, 2009



FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

BASES TEÓRICAS

METODOLOGÍA

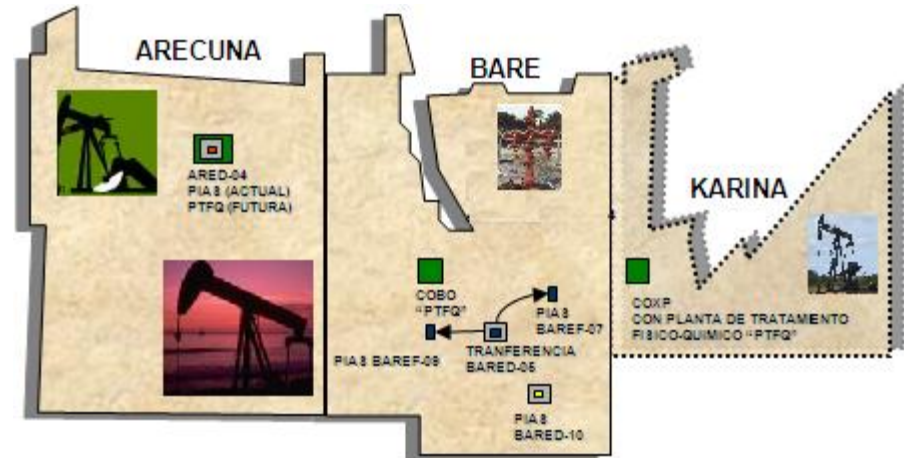
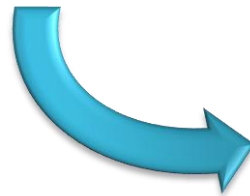
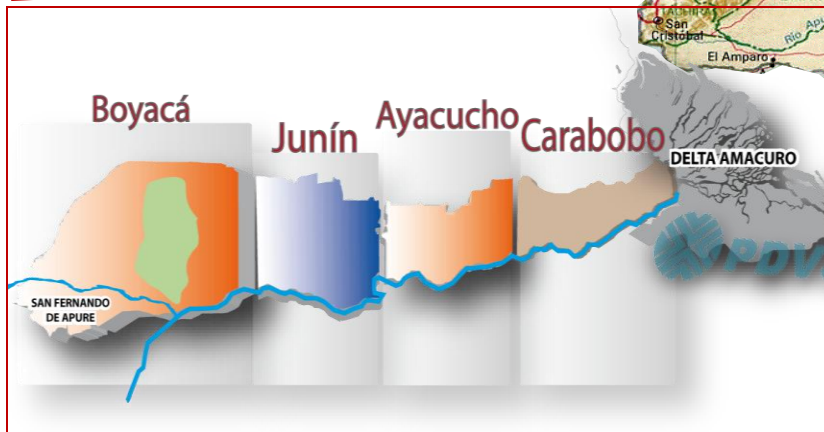
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA





PRODUCCIÓN DE LIQUIDO
(Planes de Acondicionamiento)



PRUEBAS DE
POTENCIALES

MINISTERIO DE
(Balance de)







OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el diseño conceptual de un skid de pruebas de pozos a partir del uso de recipientes desincorporados para la optimización del proceso de evaluación de los pozos.

1.- Describir el proceso de funcionamiento de las pruebas de pozos en la industria petrolera.

sistema.

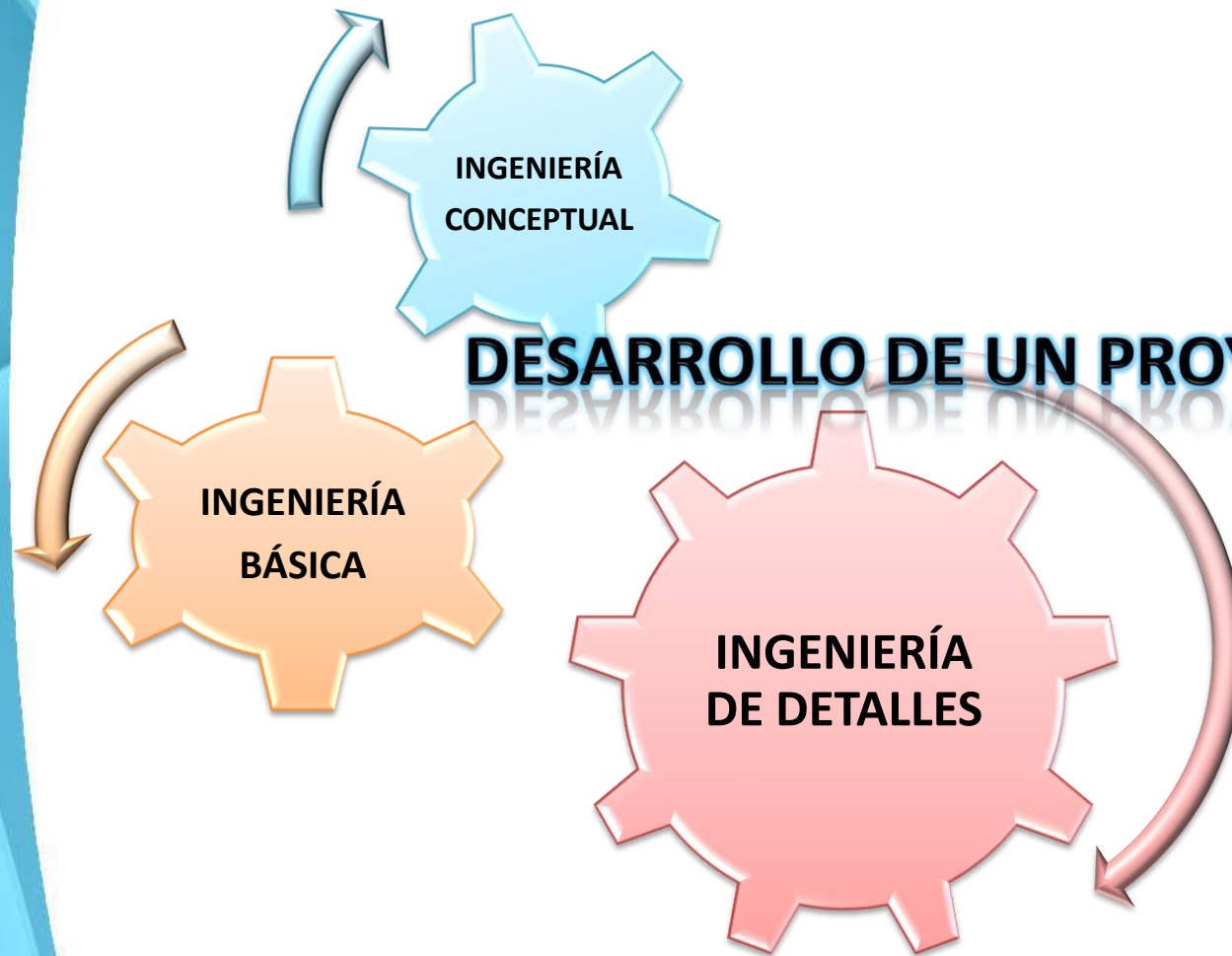
2.- Seleccionar el recipiente adecuado para el diseño del skid de pruebas de pozos.

pruebas de pozos, elaborar diagrama de flujo de

3.- Elaborar una hoja de cálculo con diferentes metodologías para determinar las capacidades de flujo de los separadores bifásicos.

4.- Establecer las bases y criterios de diseño.

BASES TEÓRICAS



DESARROLLO DE UN PROYECTO



ISA - The Instrumentation Systems,
and Automation Society
IPN - ZA





DESARROLLO DE UN PROYECTO

1= Más importante
0= Menos importante

MDMB

Muy importante	Importante	Importancia Relativa	Poca Importancia
4	3	2	1

MATRIZ DE EVALUACIÓN

BENEFICIOS/COSTOS

ANÁLISIS COSTO

BENEFICIO

MARCO METODOLÓGICO



MARCO METODOLÓGICO

Ingeniería Conceptual

Descripción del Proceso
Pruebas de Pozos

Selección del recipiente más
adecuado para el diseño

Determinación de las
capacidades de flujo

✓ Revisión Bibliográfica.
✓ Visitas a Campo: inducción
Definición de las Bases
y Criterios utilizados en
el Diseño.
pruebas de pozos.

✓ Bases de dis
requerimiento
para el desarro
✓ Criterios par
equipos según
normas.

✓ Definición de varial
✓ Medidores de flujo
✓ Definición de requi
evaluables para la
instrumentación mer

✓ Inspección visual externa y con
ultrasonido.
Selección de equipos e
instrumentos de
medición del skid
Evaluación Integridad Mecánica
Matriz de evaluación

✓ Representación g
sistema de prueba
✓ Condiciones de O
control básico.
✓ Detalles mecánic
tuberías y válvulas.

Office Excel 2007®.
hoja de cálculo
Evaluación de la
rentabilidad del
sistema
XON.
de desviación

✓ Análisis Costo Beneficio.
✓ Lista de materiales.
✓ Estimado de costos.
✓ Beneficio: diferencia entre
costo con equipo portátil y
compañías externas.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del Proceso de Funcionamiento de las Pruebas de Pozos en la Industria Petrolera



➔ Conexión en Válvulas Multipuerto

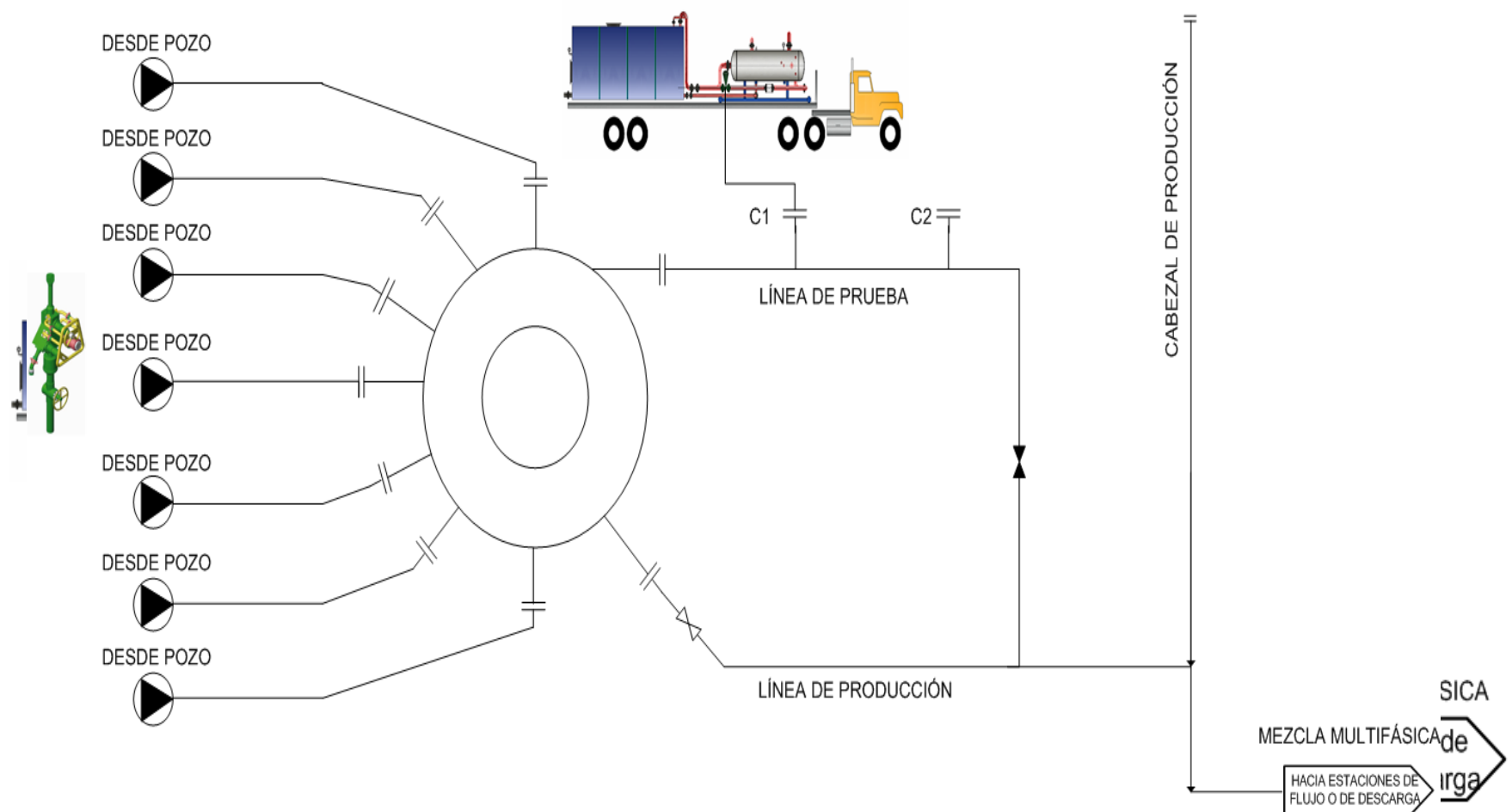


Figura N° 1. Conexión Realizada desde Cabeza de Pozo.
 Figura N° 2. Prueba de Pozo Realizada desde Válvula Multipuerto.



CARACTERIZACIÓN DEL CRUDO

Porcentaje de Agua y Sedimento

Norma ASTM D-4007-81

“Agua y Sedimento por Centrifugación”

Gravedad API

(ASTM D 287)

“Método del termómetro-hidrómetro”

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección del Recipiente Adecuado para el Diseño del

Tabla N°1: Inventario de Recipientes Disponibles para el Diseño del Skid de Prueba.
Skid de Pruebas de Pozos.

Serial	Tipo	Dimensiones (Plg x Pies)	Presión Diseño (libras/plg ²)	Espesores Nominales	Espesor Mínimo	Porcentaje de Perdida	Presión Máxima (libras/plg ²)
2BC506	Vertical	Ø 60" x 19' h	135	Cuerpo: 0,406" Cap H: 0,750"	Cuerpo: 0,346"	10,34%	132,4
3144	Vertical	Ø 36" x 12' h	125	Cuerpo: 0,250" Cap H: 0,250"	Cuerpo: 0,247"	1,20%	181,6
E-532	Horizontal	Ø 48" x 15' h	250	Cuerpo: 0,562" Cap H: 0,625"	Cap H: 0,416"	33,44%	217,3
E-589	Vertical	Ø 48" x 15' h	106	Cuerpo: 0,250" Cap H: 0,625"	Cuerpo: 0,247"	1,20%	101,9
E-633	Vertical	Ø 48" x 12' h	125	Cuerpo: 0,250" Cap H: 0,375"	Cuerpo: 0,247"	0,40%	139
E-342	Horizontal	Ø 36" x 10' h	125	Cuerpo: 0,187" Cap H: 0,312"	Cuerpo: 0,168"	10,61%	108,8
E-326	Horizontal	Ø 36" x 10' h	200	Cuerpo: 0,187" Cap H: 0,312"	Cuerpo: 0,170"	9,09%	110
E-342	Horizontal	Ø 36" x 10' h	125	Cuerpo: 0,187" Cap H: 0,312"	Cuerpo: 0,066"	64,71%	42,7
E-310	Horizontal	Ø 36" x 10' h	250	Cuerpo: 0,500" Cap H: 0,625"	Cuerpo: 0,499"	0,2%	250
M80505	Horizontal	Ø 36" x 10' h	900	Cuerpo: 0,100" Cap H: 0,100"	Cuerpo: 0,870"	13%	740

 **Integridad Mecánica**



SELECCIÓN DEL RECIPIENTE

INTEGRIDAD MECÁNICA

ASME Sección VIII
División 1
(Parágrafo UG-27 y UG-32)

- ✓ Eficiencia de la Junta.
- ✓ Esfuerzo máximo permitido.
- ✓ Radio.

Datos de Fabricación

- ✓ Espesor mínimo medido.
- ✓ Porcentaje de pérdida.

Medición Ultrasonido



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla N°1: Inventario de Recipientes Disponibles para el Diseño del Skid de Prueba.

Serial	Tipo	Dimensiones (Plg x Pies)	Presión Diseño (libras/plg ²)	Espesores Nominales	Espesor Mínimo	Porcentaje de Pérdida	Presión Máxima (libras/plg ²)
2BC506	Vertical	Ø 60" x 19' h	135	Cuerpo: 0,406" Cap H: 0,750"	Cuerpo: 0,346"	10,34%	132,4
E-368	Horizontal	Ø 36" x 10' h	200	Cuerpo: 0,187" Cap H: 0,312"	Cuerpo: 0,170"	9,09%	110
E-532	Horizontal	Ø 48" x 15' h	250	Cuerpo: 0,562" Cap H: 0,625"	Cap H: 0,416"	33,44%	217,3
E-326	Horizontal	Ø 36" x 10' h	125	Cuerpo: 0,187" Cap H: 0,312"	Cuerpo: 0,168"	10,61%	108,8
E-633	Vertical	Ø 48" x 12' h	125	Cuerpo: 0,250" Cap H: 0,375"	Cuerpo: 0,247"	0,40%	113
E-310	Horizontal	Ø 36" x 10' h	250	Cuerpo: 0,500" Cap H: 0,625"	Cuerpo: 0,499"	0,2%	250
E-589	Vertical	Ø 48" x 15' h	106	Cuerpo: 0,250" Cap H: 0,625"	Cuerpo: 0,247"	1,20%	101,9
M80505	Horizontal	Ø 36" x 10' h	900	Cuerpo: 0,100" Cap H: 0,100"	Cuerpo: 0,870"	13%	740
E-342	Horizontal	Ø 36" x 10' h	125	Cuerpo: 0,187" Cap H: 0,312"	Cuerpo: 0,066"	64,71%	42,7
3144	Vertical	Ø 36" x 12' h	125	Cuerpo: 0,250" Cap H: 0,250"	Cuerpo: 0,247"	1,20%	118,6

 Integridad Mecánica



SELECCIÓN DEL RECIPIENTE

A Área requerida

B Presión máxima permisible

C Temperatura máxima

D Boquillas y accesorios

E Soporte del separador

F Sistemas de seguridad

G Sistemas de medición

A.- Área Requerida		2B							
B.- Presión Máxima Permisible		2B	3A						
C.- Temperatura Máxima Permisible		2B	4A						
D.-Condición de boquillas y Accesorios		2C	4B	3A					
E.- Soporte del Separador		2C	3B	1A	2B	2A			
F.- Sistemas de Seguridad		3D	3C	1C	2B	2B			
G.- Sistema de Medición		4F	2F	2G					
		4G	3G						
		2G							
FACTORES EVALUADOS		A	B	C	D	E	F	G	
MATRIZ DE OPCIONES	Resultados de La Ponderación	13	15	6	3	0	6	11	TOTAL
	Peso (0-100)%:	24	28	11	6	0	11	20	100
Separador E-326		5	3	3	3	-	1	1	286
Separador E-368		5	3	3	1	-	1	1	274
Separador E-310		5	5	3	4	-	3	1	370
Separador M-805052		5	5	3	3	-	1	1	342

Figura N° 3. Matriz de Evaluación Técnica.





Hoja de Cálculo con Diferentes Metodologías para la Determinación de las Capacidades de Flujo de los Separadores Bifásicos.

Separador	E-310		
Método	Normas Pdvsa	Ken Arnold	Exxon
LÍQUIDO			
Altura Máxima (Pies)	1,25	1,25	1,25
Altura Mínima (Pies)	0,2	0,2	0,2
Volumen Máximo (bbl)	6,36	6,36	6,36
Tasa de Flujo Volumétrico (bbl/h)	76,34	-	76,34
Tasa de Flujo Volumétrico (bbl/d)	1832,18	-	1832,18
Tasa de Flujo Volumétrico Condiciones Estandar (bbl/d)	1785,32	1734,88	1785,32
VAPOR			
Tasa de Flujo Volumétrico (Pies ³ /seg)	10,64	-	10,54
Tasa de Flujo Volumétrico Condiciones Estandar (MMpc/d)	15,53	15,44	14,08

Ken Arnold
2,83 % líquido
0,57% Vapor

EXXON
9,40% Vapor

Figura Nº 4. Pantalla de los Resultados Obtenidos en la Hoja de Cálculo.

Bases y Criterios de Diseño.

BASES DE DISEÑO

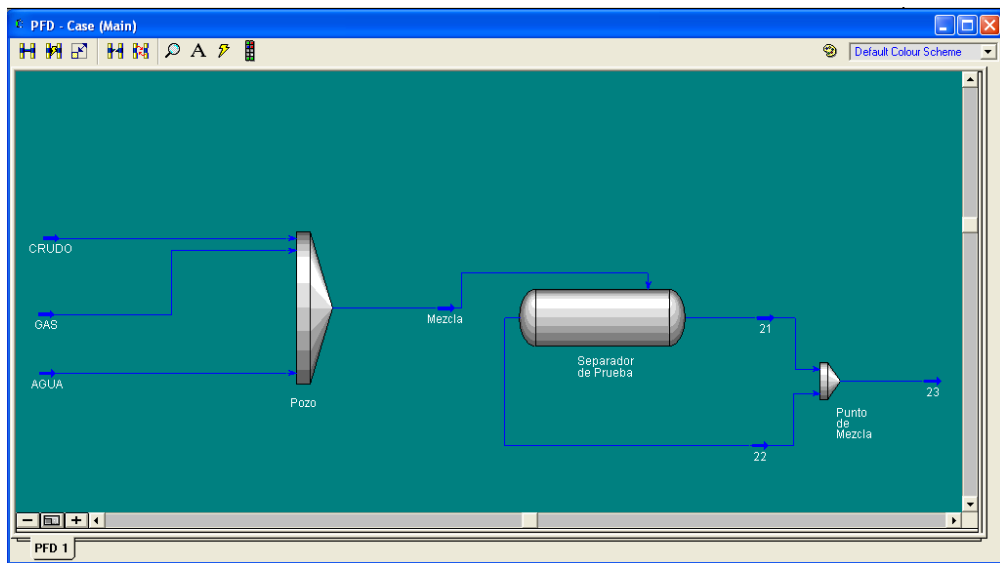
✓ Capacidad del Separador



CRUDO: 1800 bbl/d

GAS: 3,5 MMpc/d

✓ Presión y Temperatura de Operación



✓ Características y condiciones de operación



Simulación básica del proceso
HYSYS Versión 3.2, de Hyprotech®



Bases y Criterios de Diseño.

CRITERIOS DE DISEÑO

✓ Diseño de tuberías



- ✓ Temperatura de diseño.
- ✓ Presión de diseño.
- ✓ Flujo en las tuberías.
- ✓ Material de la tubería.

✓ Servicios requeridos



- ✓ Energía Eléctrica:
Rectificadores con banco de baterías.

✓ Selección de válvulas



- ✓ Válvulas de compuerta.
- ✓ Válvulas de retención.
- ✓ Válvulas de globo.



Selección de los Equipos Óptimos para la Medición de las Diferentes Variables del Proceso.

A) Precisión.
B) Costo del Equipo.
C) Experiencia de la empresa.

Selección de Parámetros

✓ Precisión 40%.
✓ Costo del Equipo 20%.
✓ Experiencia de la empresa 40%.

Comparación uno a uno

	A	B	C	SP	Peso (%)
A	-	1	1	2	40
B	0	-	1	1	20
C	1	1	-	2	40
			ST	5	100



Medidor de Flujo Coriolis



Líquido:

Precisión $\pm 0,10\%$

BsF 186.933,51

Gas:

Precisión $\pm 0,10\%$

BsF 218.224,52

Densidad:

Precisión $\pm 0,35\text{kg/m}^3$

Temperatura:

Precisión $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$



Líquido:

Precisión $\pm 0,20\%$

BsF 142.211,59

Gas:

Precisión $\pm 0,70\%$

BsF 169.200,87

Densidad:

Precisión $\pm 2,0\text{ kg/m}^3$

Temperatura:

Precisión $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$



Líquido:

Precisión $\pm 0,5\%$

BsF 108.323,61

Gas:

Precisión $\pm 0,5\%$

BsF 129.402,03

Temperatura:

Precisión $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$



Líquido:

Precisión $\pm 0,15\%$

BsF 168.786,64

Densidad:

Precisión $\pm 2,0\text{ kg/m}^3$

Temperatura:

Precisión $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$



Transmisor de Presión

- ✓ Temperatura 0 a 200 °F.
- ✓ Precisión $\pm 0,05 \%$
- ✓ Repetibilidad mejor a $\pm 0,04\%$



0 a 300 libras/plg²
Precisión $\pm 0,05 \%$
Repetibilidad mejor a $\pm 0,04\%$

capaz de soportar la máxima temperatura del proceso.

- ✓ Sobrepresión igual a dos veces la presión de operación.
- ✓ Precisión $\pm 0,05 \%$
- ✓ Repetibilidad mejor a $\pm 0,02\%$



Depurador de Gases de Agua

- ✓ Rango 0-100% .
- ✓ Montaje en línea de 4"
- ✓ Densidad de 10 a 20 g/cm³
- ✓ Repetibilidad 0,01%.



Equipo		Requerimiento de Gas (pies ³ /min)	
Tipo		Por Instrumento	Subtotal
Separador de Prueba	Válvula controlada	0,78	1,56
		Gas Requerido	11,2
		Factor de Diseño	25 %
Consumo de		Instrumentos (Total)	14



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONFIGURACIÓN OPTIMA DEL SKID DE PRUEBAS DE POZOS.



- ✓ Medición del corte de agua de la mezcla y densidad del crudo en línea.
- ✓ Medición del crudo en línea.
- ✓ Sin ventear gas a la atmósfera.
- ✓ Tecnología fácil de entender y usar

por el tiempo real.

- ✓ Tecnología simple.
- ✓ Poco Mantenimiento.
- ✓ De bajo costo.
- ✓ Menor incertidumbre.
- ✓ Probada para altas relaciones gas-liquido.
- ✓ Espacio físico reducido.
- ✓ Costosos.
- ✓ No se ventea gas a la atmósfera.
- ✓ Poca experiencia.
- ✓ Medición del corte de agua y densidad del crudo en línea.

- ✓ Máximo espacio físico.
- ✓ Seguridad a la atmósfera.
- ✓ Precisión.
- ✓ Fácil de reparar.
- ✓ Económicos.
- ✓ Fácil de construir.



DIAGRAMAS DEL PROCESO

Diagrama de Flujo del Proceso

DFP

Diagrama de Tubería e
Instrumentación

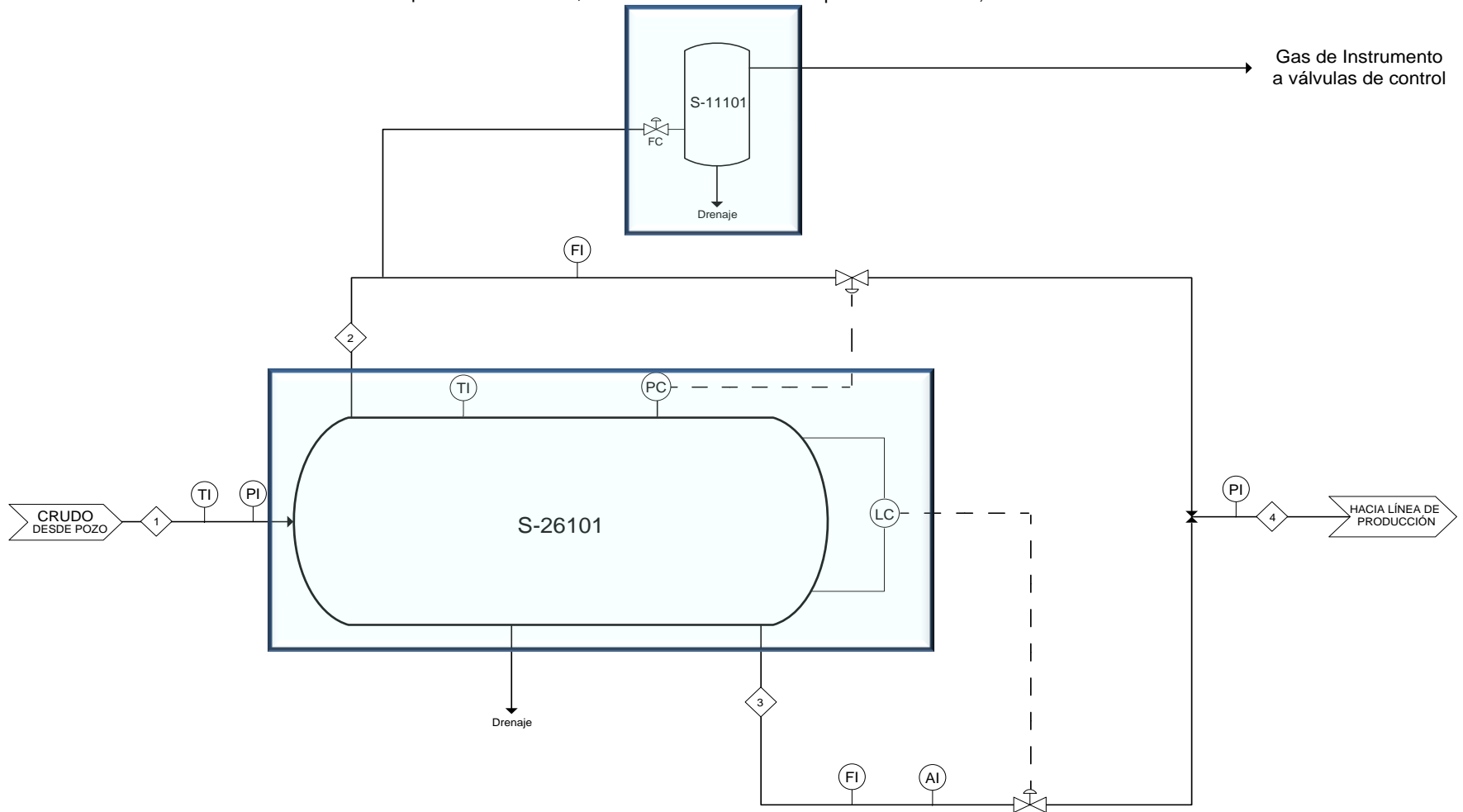
DTI


Plano Mecánico

ESQUEMATICO

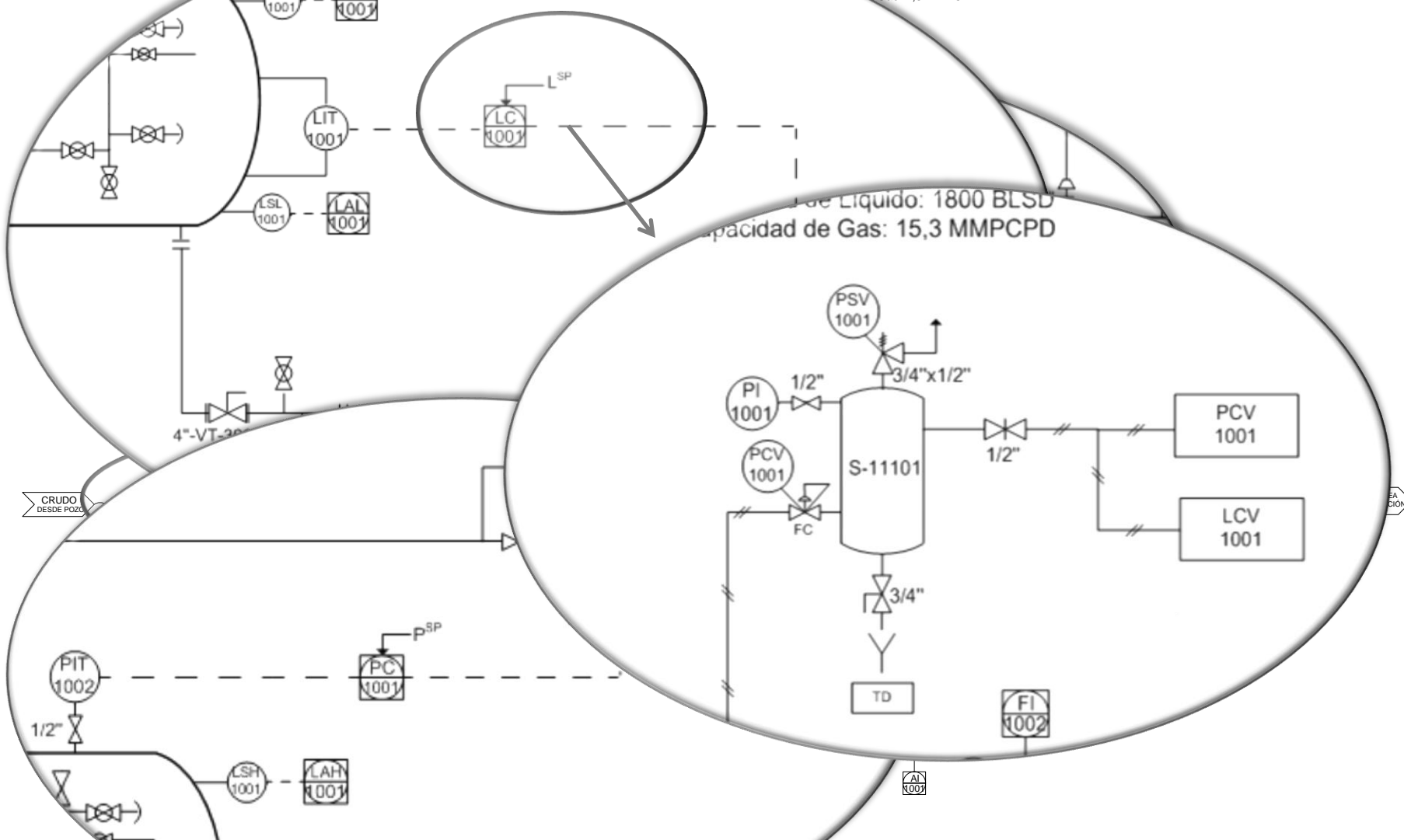
S-26101
 Separador de Prueba Horizontal
 Diámetro x Altura 36"x10'
 Capacidad de Líquido: 1800 BLS
 Capacidad de Gas: 15,3 MMPCPD

S-11101
 Depurador de Gas Instrumento
 Diámetro x Altura 8"x4'
 Capacidad de Líquido: 4,8 BLS
 Capacidad de Gas: 1,8 MMPCPD



NOTAS:	DIBUJADO: Gabriela Rondón	FECHA: Mayo 2009	TITULO: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (DFP)			PROYECTO: DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SKID DE PRUEBAS DE POZOS PARA LOS CAMPOS DE PETROLÉO DEL DISTRITO SAN TOMÉ
	REVISADO: Alí Lara	FECHA: Mayo 2009	ESCALA: S/E	PROYECTO No.:	ARCHIVO No.:	 UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
	APROBADO: Oswaldo Arrijoa	FECHA: Mayo 2009	HOJA No.: I/I	PLANO No.: I	REV.	

S-11101
 Depurador de Gas Instrumento
 Diámetro x Altura 8"x4"
 Capacidad de Líquido: 4,8 BLS/D
 Capacidad de Gas: 1,8 MMPCPD



NOTAS:

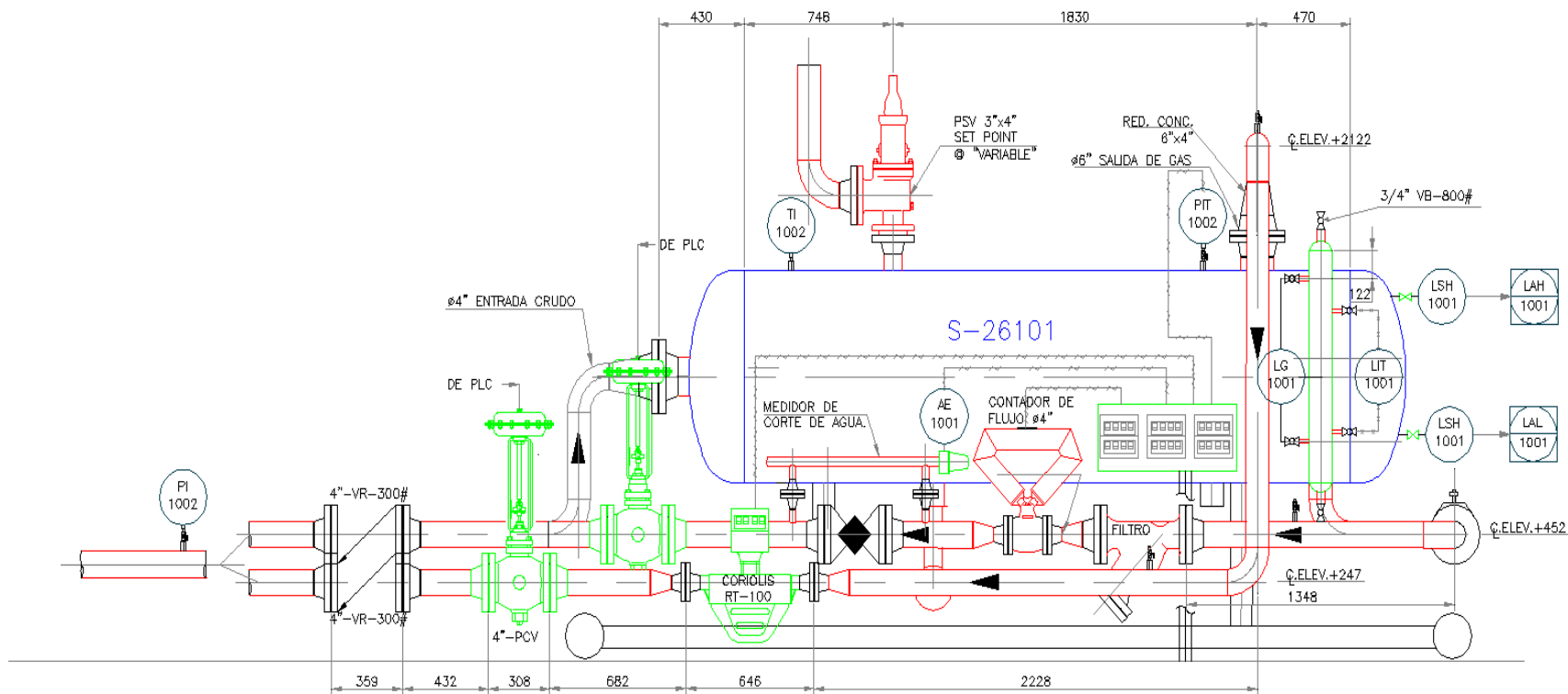
- 1.- La identificación de los instrumentos asociados al separador va precedida del número 110.
- 2.- La identificación de los instrumentos asociados al depurador va precedida del número 110.

APROBADO:	HOJA No.:	PLANO No.:	REV.
Oswaldo Arrijo	1/1	2	

PROYECTO: **DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SKID DE PRUEBAS DE POZOS PARA LOS CAMPOS DE PETROLÉO DEL DISTRITO SAN TOMÉ**

TUBERÍA	E
PROYECTO No.:	ARCHIVO No.:
REV.	

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



- NOTAS:
- 1.- Todas las medidas están dadas en milímetros, a Menos que se indique lo contrario
 - 2.- Todas las medidas serán ajustadas en campo Por la contratista.

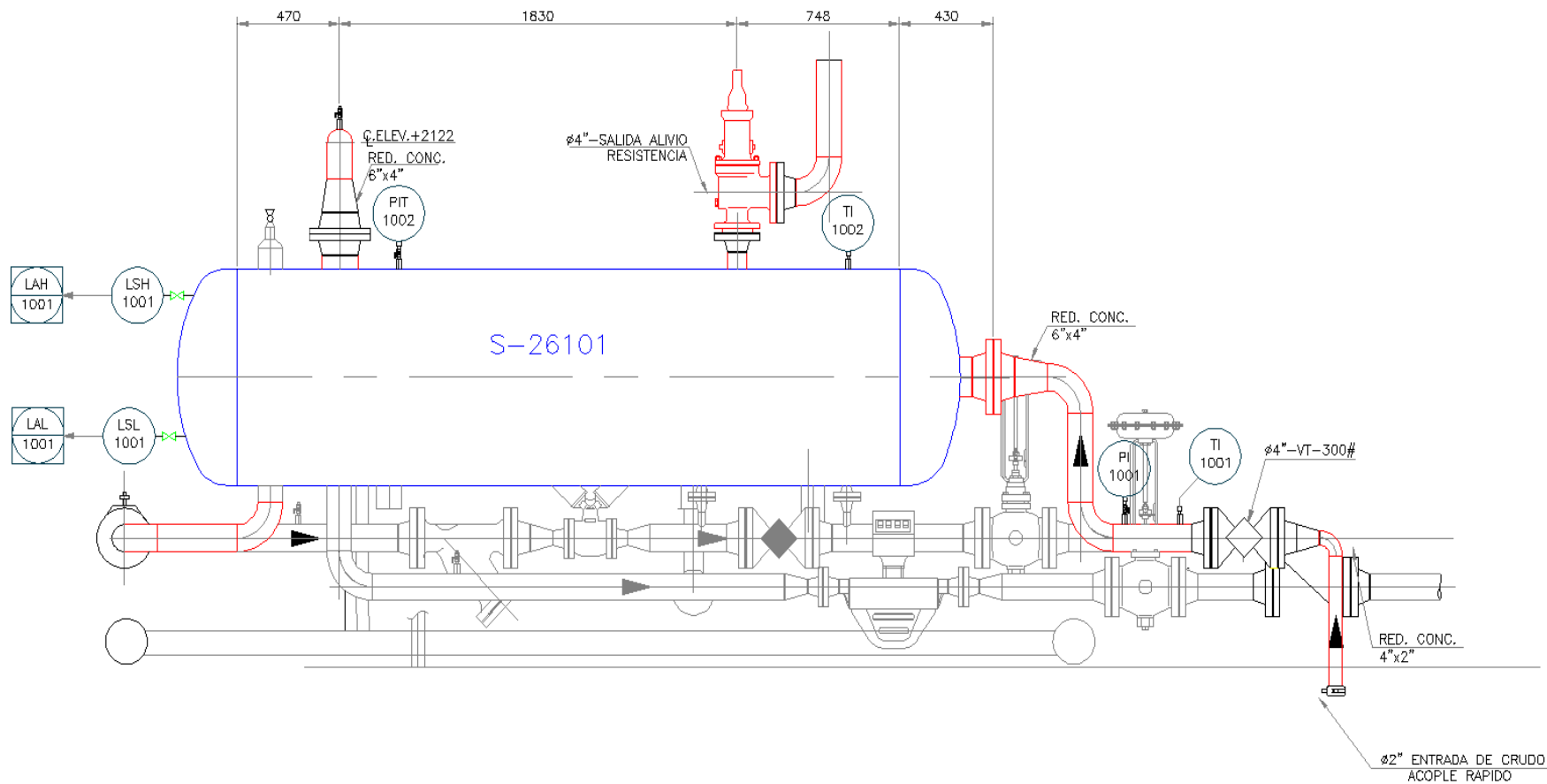
DIBUJADO: Gabriela Rondón	FECHA: Mayo 2009	TÍTULO: PLANO DE DETALLES MECÁNICOS: Elevación Lateral Derecha		
REVISADO: Alí Lara	FECHA: Mayo 2009	ESCALA: 1:20	PROYECTO No.:	ARCHIVO No.:
APROBADO: Oswaldo Arrijoa	FECHA: Mayo 2009	HOJA No.:	PLANO No.:	REV.
		1/4		

PROYECTO:
DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SKID DE PRUEBAS DE POZOS PARA LOS CAMPOS DE PETRÓLEO DEL DISTRITO SAN TOMÉ



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA





NOTAS:
 1.- Todas las medidas están dadas en milímetros, a Menos que se indique lo contrario
 2.- Todas las medidas serán ajustadas en campo Por la contratista.

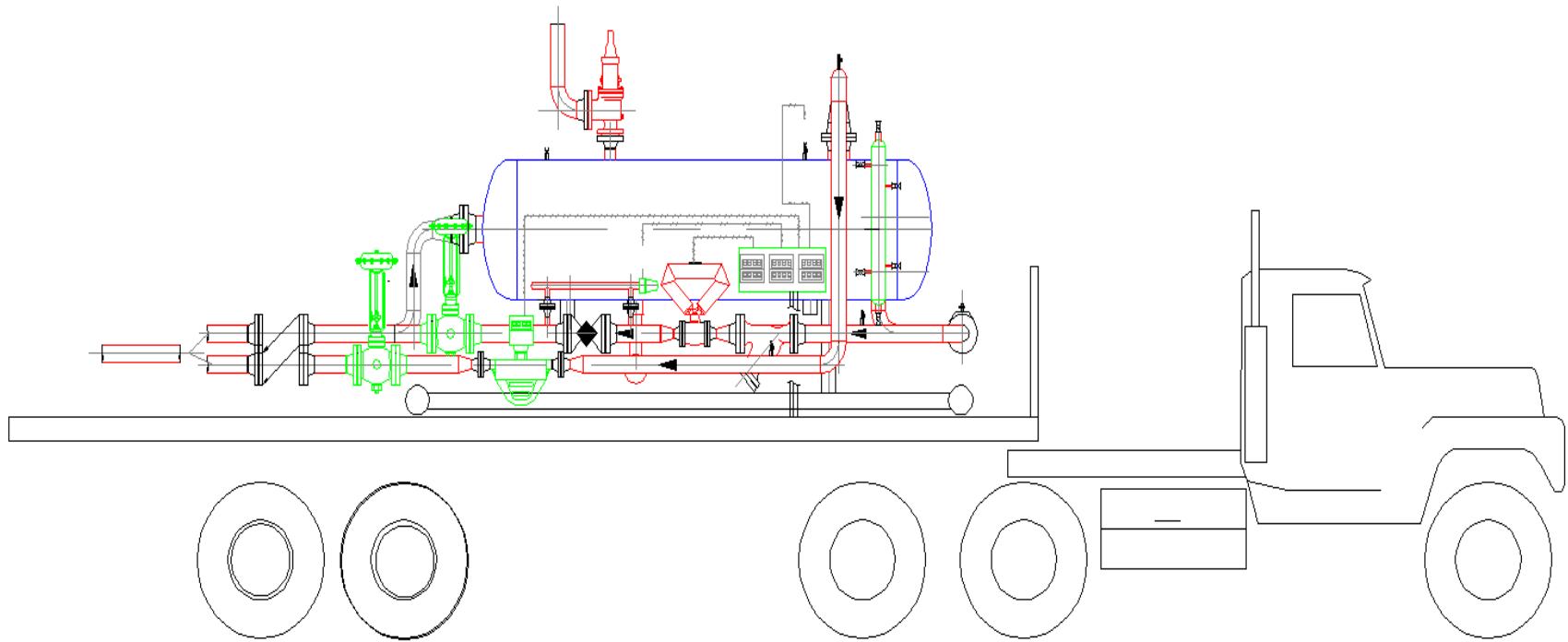
DIBUJADO: Gabriela Rondón	FECHA: Mayo 2009	TÍTULO: PLANO DE DETALLES MECÁNICOS: Elevación Lateral Izquierda		
REVISADO: Alí Lara	FECHA: Mayo 2009	ESCALA: 1:20	PROYECTO No.:	ARCHIVO No.:
APROBADO: Oswaldo Arrijoa	FECHA: Mayo 2009	HOJA No.:	PLANO No.:	REV.:
		2/4		

PROYECTO:
DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SKID DE PRUEBAS DE POZOS PARA LOS CAMPOS DE PETRÓLEO DEL DISTRITO SAN TOMÉ



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA





NOTAS:

- 1.- Todas las medidas están dadas en milímetros, a Menos que se indique lo contrario
- 2.- Todas las medidas serán ajustadas en campo Por la contratista.

DIBUJADO: Gabriela Rondón	FECHA: Mayo 2009	TÍTULO: PLANO DE DETALLES MECÁNICOS: Separador de Prueba Portátil en Camión			
REVISADO: Alí Lara	FECHA: Mayo 2009	ESCALA: 1:50	PROYECTO No.:	ARCHIVO No.:	
APROBADO: Oswaldo Arrijoja	FECHA: Mayo 2009	HOJA No.: 4/4	PLANO No.:	REV.	

PROYECTO:
DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SKID DE PRUEBAS DE POZOS PARA LOS CAMPOS DE PETRÓLEO DEL DISTRITO SAN TOMÉ



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



PDVSA



Análisis Costo Beneficio

➔ Costo de Inversión por Equipo

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo BsF	%
INGENIERÍA				
Ingeniería Básica	H-H	337	28.657,90	40,00
Ingeniería de Detalles	H-H	506	42.986,86	60,00
Costo Total Ingeniería			71644,76	100,00
PROCURA DE EQUIPOS MAYORES				
Accesorios Mecánicos	Unid	15	207.200,10	13,90
Procura de Instrumentación	Unid	22	750.000,00	50,32
Acondicionamiento Separador	Unid	1	400.000,00	26,84
Procura de la Plataforma	Unid	1	133.169,00	8,00
Sub Total			1.490.369,10	100
Contingencia (10%)			149.036,91	
Costo Total Procura			1.639.406,01	
CONSTRUCCIÓN				
Obras de Instrumentación	-	-	15.000,00	23,12
Obras Mecánicas	-	-	32.000,00	49,32
Obras Eléctricas	-	-	2.886,00	4,45
Prueba Hidrostática	-	-	15.000,00	23,12
Sub Total			64.886,00	100
Contingencia (10%)			6.488,00	
Costo Total de Construcción			71.473,60	
Costo Total del Proyecto			1.782.425,37	



Análisis Costo Beneficio

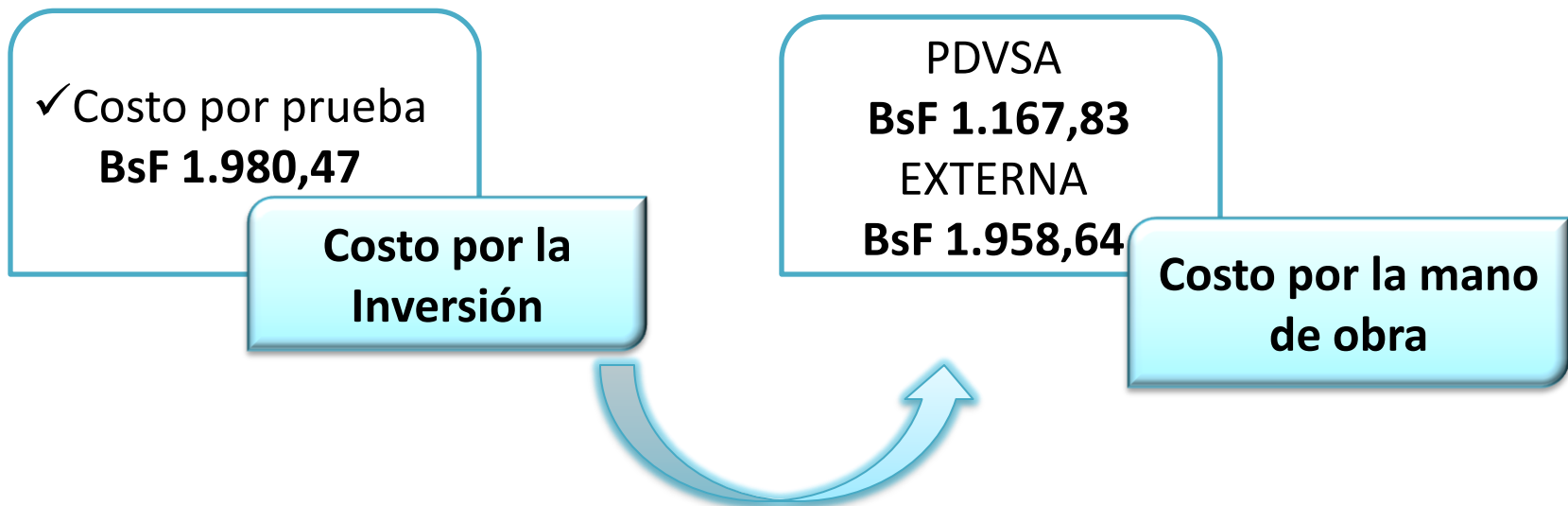
➤ Costo por Prueba con Compañías externas.

Nº	Posición/Partida	Unidad	Precio Unitario	Cantidad por Prueba	Total por Prueba (BsF)
1	Prueba de Pozos	Horas	888,90 (BsF/h)	4	3.555,60
2	Tiempo de Traslado en Campo operacional	Horas	618,75 (BsF/h)	1	618,75
3	Conexión de facilidades mecánicas	Horas	505,85 (BsF/h)	1	505,85
4	Desconexión de facilidades mecánicas	Horas	505,85 (BsF/h)	1	505,85
5	Tiempo de espera y estabilización	Horas	888,90 (BsF/h)	1	888,90
6	Camión Vacum	Prueba	1000,00	1	1000,00
7	Mano de obra	Día laboral	1958,64	1	1958,64
Costo por Prueba					9033,59
IVA (12%)					1.084,03
Costo Total por Prueba					10.117,62



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

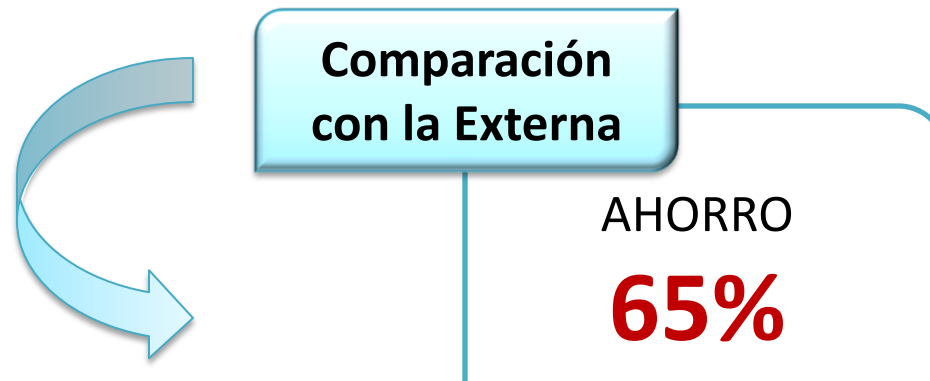
➔ Estimación del costo por prueba con el equipo propio.



Descripción	Cant.	Propio PDVSA			Externo		
		BsF/Mes	BsF/Día	Bs/Hr	BsF/Mes	BsF/Día	Bs/Hr
Chofer	1	4.410,00	147,00	18,38	7.790,10	259,67	32,46
Obrero	1	4.200,00	140,00	17,50	7.770,90	259,03	32,38
Ingeniero en Campo	1	10.150,00	338,33	42,29	18.402,90	613,43	76,68
Técnico de Ensayo	1	8.050,00	268,33	33,54	14.886,00	496,20	62,03
Inspector SHA	1	8.225,00	247,17	34,27	9.909,30	330,31	41,29
TOTAL		35.035,00	1.167,83	145,98	58.759,20	1.958,64	244,83

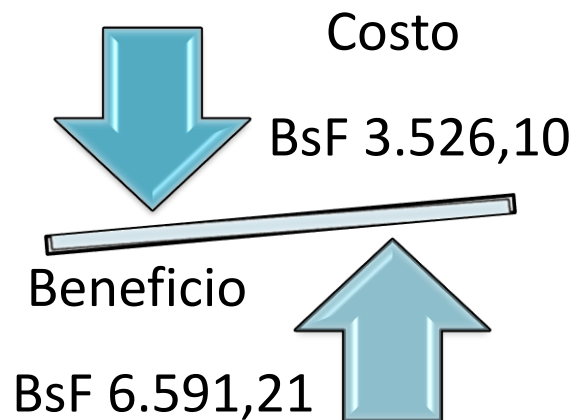
Estimación del costo por prueba con el equipo propio.

Nº	Posición/Partida	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
1	Prueba de Pozos	Horas	888,90 (BsF/h)	4	1980,47
2	Tiempo de Traslado	Horas	618,75 (BsF/h)	1	618,75
3	Conexión de facilidades mecánicas	Horas	505,85 (BsF/h)	1	505,85
4	Desconexión	Horas	505,85 (BsF/h)	1	505,85
5	Espera y estabilización	Horas	888,90 (BsF/h)	1	888,90
6	Camión Vacum	Prueba	1000,00	1	1000,00
7	Mano de obra	Diaria	1.167,83	1	1.167,83
Costo por Prueba					3.148,3
IVA (12%)					377,89
Costo Total por Prueba					3.526,10



➤ Análisis Costo Beneficio.

Empresa	Costo Prueba	Pruebas por día	Pruebas por mes	Costo por mes BsF	Costo Anual BsF/Año
Externa	10.117,62	3	90	910.585,87	10.970.030,46
PDVSA	3.526,10	3	90	284.076,97	3.408.923,58
Diferencia	6.591,21			626.508,90	7.518.106,88



Relación Beneficio / Costo

B/C: 1,86 = Factible



Análisis de Riesgos y Operabilidad: HAZOP

Definición de nodos

Nodo	Sección	Parámetro
1	Tubería de entrada al separador 4"-P-310-01-BA4	Corriente de flujo multifásica
2	Separador S -26101 (Salida de Crudo) (Salida de Gas)	Corriente del separador
3	Depurador S-11101	Gas de Instrumentos
4	Tubería de salida del separador desde las válvulas 4"-VR-300#-01/02 hasta la tubería 4"-P-310-04-BA4	Corriente de flujo multifásica

Palabras claves **MAS MENOS NO**

Definición de las desviaciones

Variable	Palabra guía	Desviación
Flujo	Mas	Alto Flujo
	Menos	Bajo Flujo
	No	Cero Flujo
Presión	Mas	Alta Presión
	Menos	Baja Presión
	No	Cero Presión
Nivel	Mas	Alto Flujo
	Menos	Bajo Flujo
	No	Cero Nivel

Nodo N°1 Tubería de entrada al separador 4"-P-310-01-BA4

Desviación	Causas	Consecuencia	Protección	Matriz Riesgo			Acción Requerida	Recomendaciones
				S	P	Riesgo		
FLUJO								
Más	No aplica							
Menos	Cierre parcial de válvula en la línea de alimentación 4"-VT-300#-01	Paralización temporal de la prueba / disminución de flujo en separador	PI-2601001	1	C	Bajo		Elaborar Plan de mantenimiento preventivo e inspección de válvulas, Tuberías y Equipos.
	Falla mecánica de la válvula de retención 4"-VR-300#-01		PI-2601001	1	C	Bajo		
	Obstrucción de tubería (objetos externos: guantes, trapos, etc.)		PI-2601001	1	C	Bajo		
	Rotura parcial de tubería por defectos asociados a la fabricación del material	Perdida de Producción	No hay	1	C	Bajo	prueba hidrostática de tubería	Elaborar Procedimientos de Trabajo (Inspección rutinaria por parte del operador)
Paralización temporal de pruebas de pozos								
Afectación al ambiente								
No	Cierre total de válvulas en la línea de alimentación del separador	Explosión de línea / Posible Incendio	No hay	6	B	Medio		Elaborar procedimientos de Inspección rutinaria, Seguridad Prearranque, Plan de Control de emergencia
		Afectación al ambiente Paralización temporal de la pruebas y no hay entrada de flujo al separador	No hay	1	C	Bajo		
		Sobrepresión aguas arriba de la línea (cabezal del pozo)	PI-2601001	6	B	Medio		

Severidad
Potencial

Frecuencia
Potencial

MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL “GESTIÓN Y CONTROL DE DESVIACIONES”.

➔ Matriz cualitativa para calificar el riesgo de la Desviación.

SEVERIDAD POTENCIAL					FRECUENCIA POTENCIAL ANUAL				
	Personas	Activos Costo total en USD	Ambiente	Imagen	A Posible 1/100 años -1/1000 años	B Poco probable 1/10 años -1/100 años	C Probable 1/1 año -1/10 años	D Muy probable > 1/ año	E Cierto > 10/ año
1	Sin lesión o efecto a la salud	Sin interrupción a la operación. ≤ \$10M	Sin afectación	Público no llega a conocerlo					
2	Primeros Auxilios o tratamiento médico puntual	Breve interrupción a la operación. ≤ \$500 M	Afectación Leve sin amenaza ambiental	Cobertura mediática local		Riesgo			
3	Lesión o efecto a la salud serio, hospitalización o discapacidad temporal	Parada parcial operación \$500 M ≤ \$1MM	Afectación Leve con amenaza ambiental	Campaña mediática regional adversa		Bajo		E4	
4	Múltiples lesiones serias, discapacidad temporal o parcial permanente	Parada de planta hasta 2 semanas \$1 MM ≤ \$5 MM	Afectación fuera de los límites de planta	Campaña mediática nacional adversa			E1 Riesgo Medio	E2	
5	Al menos 1 (una) fatalidad, discapacidad total permanente o absoluta permanente	Parada total operación \$5 MM ≤ \$50 MM	Fuga o derrame masivo, daño a largo plazo	Campaña mediática internacional adversa				Riesgo	
6	Múltiples fatalidades o gran discapacidad	Cierre definitivo instalación ≥ \$50 MM	Daño ambiental a gran escala, irreversible	Privación libertad, demandas múltiples de terceros			E3	Alto	

34 Causas de desviaciones
15 Recomendaciones
20 Acciones requeridas



Cantidad de Acciones	Cantidad de Recomendaciones	Jerarquización del Riesgo
1	5	(Riesgo Alto) El trabajo o actividad no debe comenzar o continuar hasta tanto la desviación no sea corregida.
1	5	(Riesgo Medio) Es necesario corregir la desviación en un tiempo perentorio. Existe la obligación de buscar las formas posibles de llevar el riesgo potencial a un nivel bajo. Puede ser necesaria una evaluación adicional para establecer con mayor precisión que no se trata de un “riesgo alto”.
18	5	(Riesgo Bajo) La desviación debe ser corregida mediante un plan de acción, según las prioridades y disponibilidad de recursos de la instalación. Señalizando la desviación encontrada.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- ✓ Las variables de mayor peso para la selección del separador son la máxima presión permisible y el área requerida con un 24% y 28% respectivamente.
- ✓ Los recipientes aptos para ser reutilizados y adaptados a los requerimientos del nuevo uso asegurando su operabilidad de manera segura y confiable son los separadores M-805052 y el E-310.
- ✓ El recipiente seleccionado para el diseño es el E-310 debido a que obtuvo la mayor ponderación (370%) en la matriz de evaluación técnica.



- ✓ Los resultados de las capacidades de los separadores varían dependiendo de la metodología de cálculo y los criterios de diseño utilizados aproximándose considerablemente con porcentajes de desviaciones menores al 10%.
- ✓ La capacidad del sistema se determinó en 1800 bbl/d de crudo, y 3,5 MMpc/d la cual permite evaluar pozos que no sobrepasen dicha capacidad de producción.
- ✓ La precisión y la experiencia de la empresa fueron los parámetros más importantes para la selección del medidor de flujo apropiado, obteniendo una ponderación de 40% con el método de decisión múltiple binario.
- ✓ El instrumento seleccionado para la cuantificación de los flujos son los medidores por efecto coriolis, por ser los que más satisfacen las necesidades del proceso.



- ✓ El diseño reúne los atributos y restricciones de las mejores prácticas utilizadas en la industria petrolera, mitigando el impacto al medio ambiente por la emisión de gas a la atmósfera y obteniendo una medición precisa de la tasa de producción del pozo.
- ✓ El diseño permite que las actividades de retorno del fluido sean llevadas a cabo de una manera más confiable, aumentando la seguridad, reduciendo la intervención manual, y proporcionando operaciones sin interrupción.
- ✓ Los métodos actuales de evaluación de los pozos representan un alto costo anual a la empresa (BsF 10.970.030,46) y un impacto al medio ambiente por el venteo del gas a la atmósfera.



- ✓ La inversión inicial requerida para llevar a cabo la construcción del sistema es de BsF 1.782.425,37 .
- ✓ La evaluación económica resultó en un ahorro de 7.518.106,88 BsF/año, siendo un beneficio en cuanto a la reducción de un 65% del gasto por las pruebas de pozos.
- ✓ Se realizó un análisis de riesgo y operabilidad HAZOP, determinándose cuatro nodos y sus respectivas desviaciones y recomendaciones.



- ✓ Realizar una hoja de cálculo para verificar las dimensiones del depurador requerido para el sistema de aire de instrumentos.
- ✓ Seleccionar instrumentos de calidad similar o superior a los utilizados actualmente por la empresa. dando preferencia a los existentes en los almacenes, y los que no se tengan en inventario, adquirirlos en lo posible en el mercado venezolano, con el fin de agilizar las compras y reposiciones.
- ✓ Elaborar un Estimado de Costos Clase II según lo establecido en los Lineamientos para la Evaluación Económica de Proyectos de Inversión Capital (LEEPIC) para garantizar la sustentabilidad económica del sistema y determinar el tiempo de recuperación de la inversión.



- ✓ **Elaborar plan de mantenimiento preventivo e inspección de válvulas, tuberías y equipos.**
- ✓ **Elaborar procedimientos de trabajo (inspección rutinaria por parte del operador).**
- ✓ **Elaborar plan de respuesta y control de emergencia.**
- ✓ **Elaborar plan de formación y concienciación al operar el equipo.**
- ✓ **Asegurar el cumplimiento de los programas de calibración de válvulas e instrumentación asociada al nodo.**



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SKID DE PRUEBA DE POZOS
PARA LOS CAMPOS DE PETRÓLEO EXTRAPESADO BARE Y
ARECUNA PDVSA EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN**

Tutor Académico: Prof. Alí Lara
Tutor Industrial: Ing. Oswaldo Arrioja

Realizado por:
Br. Gabriela Rondón

Caracas, 2009